UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA FUSIÓN DE MÉTODOS DE LANDFARMING Y MICROORGANISMOS EFICIENTES PARA LA BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON DIÉSEL EN LA PROVINCIA DE ILO 2021"

TESIS

PRESENTADA POR:

EVELYN AIME AGREDA MONTALICO

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

MOQUEGUA – PERÚ

2022

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Folio **Nº 036**

ACTA DE SUSTENTACIÓN

I. Modalidad:

Tesis : [X]
Trabajo de Suficiencia Profesional : [ ]
Otro: ..... : [ ]

II. Documento de aprobación para la sustentación:

RESOLUCIÓN DE FACULTAD N°070-2023-FACIA-UNAM

Fecha: 30 MAYO 2023

III. El jurado ha dictaminado la (el) TESIS, TITULADO:

"EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA FUSION DE METODOS DE LANDFARMING Y MICROORGANISMOS EFICIENTES PARA LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON DIESEL EN LA PROVINCIA DE ILO 2021"

Bachiller: EVELYN AIME AGREDA MONTALICO

Asesor Principal: DR. FRANZ ZIRENA VILCA

Co-Asesor: .....

IV. Se dictamina:

Como: APROBADO por: UNANIMIDAD la sustentación de manera:

Presencial [X] Virtual [ ]

Con nota: QUINCE (15) por lo que; Sí [X] No [ ]

Opta el Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL.

Siendo las 12:15 horas, del 30 de MAYO del año 2023 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

Presidente
Dr. René Germán Soza Vilca

MSC. Rodolfo Sánchez Valencia
Primer Miembro

Dr. Teodoro Delfino Olazo Rojas
Segundo Miembro

DEJAR ESPACIO PARA ACTA DE SUSTENTACIÓN

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mis hijas Amira, Raissa y Dalia quienes me enseñaron que no existen límites ni obstáculos para conseguir una meta gracias por ser mi motor y motivo e impulsarme a ser mejor persona día a día, a mi madre y hermana quienes siempre estuvieron incondicionalmente para apoyarme, aconsejarme y comprenderme guiando cada uno de mis pasos durante toda mi vida y finalmente a mi esposo, mi alma gemela quien siempre ha estado, esta y estará ahí para cuando lo necesite brindándome su amor y apoyo incondicional, gracias por ser mi amigo, mi cómplice y mi soporte emocional siempre.

AGRADECIMIENTO

Agradezco ante todo a Dios por permitirme haber cumplido con cada uno de mis objetivos, por haberme puesto a las personas correctas en el momento correcto, por la salud y la hermosa familia que me permitió formar.

Quiero agradecer especialmente a mi alma mater la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA por las enseñanzas que me permitieron tener una educación profesional, así mismo agradezco a cada uno de los docentes que ayudaron a formar mi carrera profesional, gracias por todas y cada una de sus enseñanzas y experiencias.

A mi asesor el Dr. Franz Zirena quien siempre estuvo ahí para guiarme y ayudarme, le agradezco todo el tiempo que me dedico, las enseñanzas que compartió conmigo y sobre todo por su maravillosa amistad.

A mi estimado jurado el Dr. Rene Sosa, el Mgr. Rodolfo Sánchez Valencia y al Dr. Teodoro Olarte quienes me guiaron y ayudaron a perfeccionar y detallar de mejor manera mi trabajo de investigación, quedo muy agradecida por todo el tiempo que se tomaron para lograr terminar con esta investigación.

Al personal de laboratorio que estuvo siempre presto para brindarme su apoyo y ponerse a mi disposición.

Y finalmente agradezco a todas las personas y amigos quienes me ayudaron y aconsejaron cuando las necesite.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la provincia de Ilo, el propósito del estudio es la aplicación de una propuesta metodológica para mejorar la eficiencia en la biorremediación de suelos contaminados con diésel, para lo cual se planteó como objetivo principal evaluar el nivel de eficiencia de la fusión de dos métodos, los métodos fusionados fueron el landfarming y el segundo método son los microorganismos eficientes. En el diseño se consideraron siete tratamientos con tres repeticiones y tres unidades de control, en total se consideraron 24 unidades experimentales, en cada unidad se consideró diez kilogramos de suelo, para todos los casos, la concentración inicial de diésel fue de 40000 mg/Kg de suelo. Para determinar la efectividad de la fusión de los métodos, se evaluó el porcentaje de hidrocarburos totales de petróleo, mediante el método de cromatografía de gases EPA 8015, para evaluar la toxicidad del suelo se empleó el método de germinación de semillas, de igual modo se evaluó el contenido de materia orgánica del suelo tratado mediante el Método de Calcinación a 550 °C y el pH se determinó con el uso de un potenciómetro. Los resultados obtenidos de los tratamientos, mostraron que el T1 redujo en un 26% los hidrocarburos totales de petróleo presentes, los T2 redujo en un 77.56%, el T3 redujo en un 77.77%, T4 y T5 redujo en un 78%, en T6 redujo en 81%; el T7 mostro una reducción del 83% por último el T8 mostró una reducción de 89%, con lo que se concluye que el tratamiento combinado del método de Landfarming y la aplicación de los microorganismos fue el más eficiente para realizar la biorremediación de suelos contaminados con diésel.

Palabras claves: Biorremediación, Contaminación y Diésel.

ABTRACT

The present investigation was carried out in the province of Ilo, the purpose of the study is the application of a methodological proposal to improve the efficiency in the remediation of soils contaminated with diesel, for which the main objective was to evaluate the level of efficiency of the Fusion of two methods, the merged methods were landfarming and the second method is efficient microorganisms. In the design, seven treatments with three repetitions and three control units were considered, a total of 24 experimental units were tested, in each unit ten kilograms of soil were considered, for all cases, the initial concentration of diesel was 40,000 parts per million per kilogram of soil. To determine the effectiveness of the fusion of the methods, the percentage of total petroleum hydrocarbons was evaluated, by means of the EPA 8015 gas chromatography method, to evaluate the toxicity of the soil, the seed germination method was used, in the same way The organic matter content of the soil treated by the Calcination Method at 550 °C was evaluated and the pH was determined with the use of a potentiometer. The results obtained from the treatments showed that T1 reduced the total petroleum hydrocarbons present by 26%; T2 reduced by 77.56%; T3 reduced by 77.77%; T4 and T5 reduced by 78%; in T6 it reduced by 81%; T7 showed a reduction of 83%; finally, T8 showed a reduction of 89%, concluding that the combined treatment of the Landfarming method and the application of microorganisms was the most efficient for bioremediation of soils contaminated with diesel.

Keywords: Bioremediation, Pollution and Diesel.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN ---------- 11
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ---------- 13
1.1. Descripción de la Realidad Problemática. ---------- 13
1.2. Formulación del Problema ---------- 15
1.3. Justificación ---------- 15
1.4. Formulación de los Objetivos ---------- 16
1.4.1. Objetivo General. ---------- 16
1.4.2. Objetivos Específicos. ---------- 16
1.5. Formulación de Hipótesis. ---------- 17
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO ---------- 18
2.1. Antecedentes del Estudio. ---------- 18
2.1.1. Antecedentes Internacionales. ---------- 18
2.1.2. Antecedentes Nacionales. ---------- 20
2.2. Bases Teóricas. ---------- 22
2.2.1. Normativa Sobre el Recurso Suelo en el Perú. ---------- 22
2.2.11. Tratamiento del terreno o Landfarming. ---------- 28
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO. ---------- 30
3.1. Tipo de Investigación. ---------- 30
3.2. Ámbito Temporal y Espacial ---------- 31
3.3. Población y Muestra ---------- 32
3.4. Instrumentos ---------- 32
3.5. Procedimientos ---------- 33
3.6. Análisis de datos ---------- 36
CAPITULO IV: PRESENTACION DE RESULTADOS Y DISCUSION ---------- 37
4.1. Resultados ---------- 37
4.1.1. Variación de la Concentración de Hidrocarburos Totales de Petróleo -------- 37
4.1.2. Variación de la Concentración de Materia Orgánica ---------- 38

4.1.3. Variación de la Toxicidad del Suelo en la Germinación de Semillas de Tomate Y Rábano. ---------- 39
4.1.4. Variación del pH del suelo en el tiempo---------- 40
4.2. Pruebas de Normalidad para Variables de Estudio. ---------- 41
4.3. *Prueba de Homocedasticidad Para Las Variables De Estudio.*---------- 45
4.4. Resultado de Análisis Paramétrico de los Datos---------- 46
4.4.1. Determinación de la Prueba Kruskal Wallis para variables de estudio. ------- 47
4.5. Prueba Post Hoc---------- 48
4.6. Discusión De Los Resultados---------- 51
CAPITULO V: CONCLUSIONES---------- 54
CAPITULO VI: RECOMENDACIONES---------- 56
CAPITULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ---------- 57
CAPITULO VIII: ANEXOS ---------- 67
A**nexo** A: Resultados de Laboratorio ------- ----------73
Anexo B: Toma de muestras para análisis de laboratorio ----------81
A**nexo** C: Activación de microorganismos eficientes ---------- 82
A**nexo** D: Instalación de las Unidades Experiméntales ---------- 82
A**nexo** E: Monitoreo y control de unidades experimentales---------- 83
A**nexo** F: Prueba de germinación de semillas ---------- 84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estandares de Calidad 24
Tabla 2: Materiales e Instrumentos 32
Tabla 3: Tratamientos a Aplicarse 33
Tabla 4: Prueba de Normalidad HTP 42
Tabla 5: Prueba de Normalidad Materia Orgánica 43
Tabla 6: Prueba de Normalidad Bioindicador Semillas de Tomate 43
Tabla 7: Prueba de Normalidad Bioindicador Semillas de Rábano 44
Tabla 8: Prueba de Normalidad pH 45
Tabla 9: Prueba de Homogeneidad de Varianzas 46
Tabla 10: Prueba de Kruskall Wallis 47
Tabla 11: Prueba de Tukey para HTP 48
Tabla 12: Prueba de Tukey para Materia Orgánica 49
Tabla 13: Prueba de Tukey para Bioindicador Semillas de Tomate 49
Tabla 14: Prueba de Tukey para Bioindicador Semillas de Rábano 50
Tabla 15: Prueba de Tukey para pH 50
Tabla 16: Porcentaje de Germinación de Semillas de Tomate 68
Tabla 17: Porcentaje de Germinación de Semillas de Rábano 69
Tabla 18: Porcentaje de Germinación de Semillas de Materia Orgánica 70
Tabla 19: Control de pH 71
Tabla 20: Porcentaje de Degradación de HTP 71
Tabla 21: Estadística Descriptiva para Variable HTP 72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de Biorremediación 27

Figura 2: Plano de Ubicación 31

Figura 3: Variación de concentración de HTP 37

Figura 4: Comportamiento de la Materia Orgánica 38

Figura 5: Prueba de Toxicidad de Semillas de Tomate 39

Figura 7: Toma de muestras para análisis de laboratorio 81

Figura 7: Toma de muestras para análisis de laboratorio 81

Figura 8: Activación de Microorganismos Eficientes 82

Figura 9: Instalación de las Unidades Experiméntales 82

Figura 10*:* Monitoreo y control de unidades experimentales……..83

Figura 11: Prueba de germinación de semillas……84

Figura 12: Semillas empleadas para la realización de las pruebas……..85

INTRODUCCIÓN

El avance de la tecnología, la continua expansión urbana y la búsqueda de una mejor calidad de vida han provocado a lo largo de los años un incremento en la demanda de energía, la que se utiliza principalmente para el funcionamiento de los automóviles, maquinarias y otros aparatos, siendo los hidrocarburos productos muy importantes para el desarrollo de las actividades cotidianas del ser humano y el desarrollo de la economía mundial, siendo los más valorados económicamente el petróleo y sus derivados (Okonofua et. al., 2021; Vargas, 2020).

Según Guirado et al., (2021) los hidrocarburos de petróleo constituyen el mayor grupo de contaminantes a nivel mundial, mientras Ambaye et al., (2022) advierte que, a nivel mundial hasta 8,8 millones de toneladas métricas de petróleo son derramados anualmente a diversos ecosistemas y el 90% de estos está directamente relacionado con las actividades humanas.

Los hidrocarburos de petróleo pueden penetrar a través de las capas del suelo y del subsuelo, llegando hasta las aguas subterráneas, causando impactos nocivos en las enzimas del suelo (Jagaba, et al., 2022), provocando consecuencias letales en la composición del suelo, afectando sus propiedades, llegando a causar la muerte de la macro y microbiota del lugar contaminado (Ambaye, et al., 2022).

La Biorremediación en los últimos años ha sido considerada como una alternativa efectiva en la remediación de suelos contaminados en comparación a alternativas más costosa y de menor aceptación (Lin, et al, 2021). Para Jagaba, *et al.*, (2022) el proceso de la biorremediación consiste en acelerar de manera natural la degradación del contaminante que se encuentra afectando al suelo, pudiendo realizar combinaciones del suelo contaminado con abonos orgánicos o con microrganismos especializados que ayuden en el proceso de aceleración de la degradación del contaminante.

Según Yaman, (2020), la biorremediación es reconocida como una tecnología de tratamiento rentable para suelos contaminados con petróleo, estos métodos de biorremediación han sido ampliamente estudiados, mostrando una eficiencia más que satisfactoria, los procesos de biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos pueden desarrollarse mediante un gran abanico de estrategias,

estudios más recientes se han centrado en la combinación de técnicas, obteniéndose resultados más alentadores.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el nivel de efectividad de la fusión del método landfarming y microorganismos eficientes en el tratamiento de suelos contaminados por diésel, así mismo se evaluaron, el efecto de la fusión del método landfarming y microorganismos eficientes en la degradación de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) en el suelo tratado, el efecto de la fusión del método landfarming y microorganismos eficientes en el contenido de materia orgánica del suelo, el efecto de la fusión del método landfarming y microorganismos eficientes en el nivel de toxicidad del suelo contaminado por diésel y el efecto de la fusión del método landfarming y microorganismos eficientes en el pH del suelo tratado.

El presente informe, está estructurado en ocho capítulos, el primer capítulo se refiere al planteamiento del problema, donde se desarrollan la formulación del problema, la justificación, los objetivos y se formula la hipótesis; el segundo capítulo, se expone el marco teórico, el cual se divide en antecedentes investigativos y las bases teórica, todo está referido a las variables de estudio y a la normatividad pertinente en el país; en el tercer capítulo, se expone el marco metodológico, donde se desarrolla la estrategia y el diseño del estudio; en el capítulo cuatro, se incluyen la presentación de resultados y la discusión, este capítulo está estructurado en dos partes, primero se exponen los procedimiento estadísticos empleados para los datos encontrados en el diseño experimental y en la segunda parte se realiza el análisis de los resultados obtenidos de los procedimientos empleados; en el capítulo cinco, se presentan las conclusiones y discusiones, donde este estudio concluyó que si existe una diferencia significativa entre los tratamientos aplicados, teniendo mejores resultados en los tratamientos donde se fusionan los métodos de landfarming y microorganismos eficientes, en el sexto capitulo se presentan las recomendaciones, en el séptimo capitulo se muestran las referencias bibliográficas empleadas para la presente investigación y por último en el octavo capitulo se muestran los anexos, en los cuales se presenta los informes de laboratorio y panel fotográfico.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática.

En los últimos años, la contaminación del suelo con petróleo y sus derivados, en particular el diésel, se ha convertido en una de las principales preocupaciones a nivel mundial (Abdollahinejad, *et al.*, 2020), dado que gran parte de las actividades económicas que se realizan emplean derivados de petróleo como fuente de energía (Chang et al., 2022,) las fuentes de hidrocarburos de petroleo que ingresan al medio ambiente son numerosas, siendo la liberación antropogenica una fuente incontrolable de contaminación (Chukwunonso, *et al*, 2020), algunas de estas fuentes de contaminación son, las refinerías y los tanques subterráneos de almacenamiento del petróleo crudo (Yaman, 2020), los cuales se liberan al medio ambiente por fugas en tanques y tuberías de almacenamiento subterráneo y por derrames accidentales durante el transporte, (Vilca, 2020), los cuales generan impactos negativos no solo en la salud de la población, sino también en medio ambiente, debido a que algunos componentes permanecen por largo tiempo en el subsuelo (Dhiraj *et al*., 2021) Por su parte, (Machuca, 2021), afirma que, para el caso de los suelos, las principales consecuencias ambientales que se presentan después de un evento de contaminación por hidrocarburos son: cambios en la dinámica poblacional de la fauna, de la biota microbiana, destrucción de la estructura del suelo, lo que impide el intercambio gaseoso con la atmosfera, la inhibición del desarrollo de la cobertura vegetal en el lugar del derramé y la contaminación por infiltración a cuerpos de agua subterráneos.

En Latinoamérica, los casos de contaminación de suelos por derrames de hidrocarburos son recurrentes y en la mayoría de los casos estos tuvieron efectos

nocivos en los ecosistemas donde ocurrieron estos sucesos, según Arellano, (2022) en los últimos años, países como Ecuador, México, Colombia, Venezuela y Chile, han sufrido los estragos de los derrames de miles de barriles de petróleo, los cuales provocaron la muerte de cientos de especies tanto animal como vegetal y la destrucción de ecosistemas que son reservas naturales importantes en sus respectivos países.

En el caso del Perú, existen siete refinerías que producen compuestos derivados de petróleo que son producidos y transportados para su uso en diferentes actividades industriales, que a pesar del cuidado que puede tenerse en su manejo y almacenamiento, contaminan el suelo producto de algun derrame. A la fecha, en el Perú se realiza una intensiva actividad en el sector hidrocarburo, sin embargo, actualmente no existe un inventario detallado de suelos contaminados por petróleo, por lo cual no se conoce la verdadera magnitud de la contaminación (Terán, 2020), no obstante el Perú ha sufrido los efectos de la contaminación de los derrames de hidrocarburos afectando el agua, suelo y aire (León & Zuñiga, 2020), desde 1997 hasta el primer trimestrede 2021, se han derramado aproximadamente 87 370,82 barrilesde productos asociados a la extracción de hidrocarburos, a los que se le suman 10 020 796 823,73 pies cúbicos de gas fugado en el Perú, siendo la causa principal el desgaste y las fallas en las estructuras del traslado de los hidrocarburos (León & Zúñiga, 2022)

Mientras que la mayor cantidad de derrames se dan en el oloeducto Nor peruano (58%), asimismo, en otras regiones como Arequipa, ocurrio un derrame de combustibles líquidos durante su transporte, esto ocurrio a la altura del Km 865 de la carretera Panamericana Sur, sector Quebrada del Toro, distrito y provincia de Camaná, la cual afecto 1,226.15 m2 de suelo impactado por derrame de Hidrocarburo Diesel (D2), otro caso ocurrido en el distrito de Chaclacayo, provincia y Departamento de Lima, donde durante el almacenamiento de los combustibles de una estación de servicios, los tanques presentaron fugas de los combustibles que se expenden en el servicentro, lo cual ocasiono la contaminación del sub suelo y fuentes de agua subterráneas aledañas al servicentro, el tercer caso ocurrió en la provincia de Ilo, departamento de Moquegua, Durante la supervisión realizada del 20 al 22 de enero del 2016, la Dirección de Supervisión observó: (i) tres (3) perforaciones por corrosión en el trozo de la plancha N° 5 recortada del fondo del tanque No 13; y, (ii) presencia de hidrocarburo en las aguas subterráneas a una profundidad del nivel freático,

presentando en la actualidad afloraciones en la Asociación de vivienda 7 de mayo. (OEFA, 2018).

Es por eso que la búsqueda de nuevos tratamientos de biorremediación se han incrementado en los últimos años, por la necesidad de realizar trabajos de descontaminación más rápidos y menos costoso (Vizuete et al., 2020), los tratamientos convencionales, emplean métodos que resultan más costos y menos amigables con el medio ambiente ya que en estos se emplea gran cantidad de recursos y mayor gasto de energía (Ambaye, y otros, 2022) motivo por el cual, la biorremediación se perfila como una alternativa viable las cuales no generan un un impacto ambinetal negativo durante el manejo de suelos contaminados (Terán, 2020), se evidenció que los métodos más empleados y con mayor evidencia científica de su eficiencia son el uso de microorganismos eficientes, los cuales son capaces de degradar los hidrocarburos (Shubhangi et al., 2022) otro metodo es el landfarming, el cual ayuda a reducir la concentración de los constituyentes de los hidrocarburos del petróleo mediada por bacterias autóctonas (Brown et al., 2017) motivo por el cual esta investigación, fusiono ambos métodos para conseguir una mayor efectividad en la degradación de diésel.

1.2. Formulación del Problema

¿Cuál es el nivel de efectividad de la fusión del método landfarming y microorganismos eficientes en el tratamiento de suelos contaminados por diésel?

1.3. Justificación

Los suelos son una fuente de innumerables servicios y bienes esenciales, funcionan como un ecosistema vital para sostener la vida de los seres humanos, animales y plantas, incluyendo la provisión de alimentos y hábitat (Zabaloy, 2021). El suelo influye en la salud humana de diversas formas, y la salud humana está vinculada a la salud del suelo, se ha puesto énfasis en los impactos negativos que los suelos tienen sobre la salud humana, incluida la exposición a toxinas y organismos patógenos. (Brevik *et al.*, 2020)

Los derrames de hidrocarburos son un problema que se agudiza sobre todo en zonas de extracción y refinamiento (Chang *et al.*, 2022) durante la carga, descarga y transporte, los cuales no son controlados o fiscalizados de manera correcta, por

ello comienza la búsqueda de soluciones; que contribuyan a la remediación de los suelos contaminados.

La biorremediación, se ha convertido en una alternativa atractiva y prometedora a las tradicionales técnicas físico-químicas para la remediación de los compuestos que contaminan el ambiente (Garzón et al., 2017) .Los sistemas de biorremediación con la aplicación de diversos métodos como el landfarming y la aplicación de microorganismos han sido objeto de estudios en los últimos años por lo importante que resultan ser en la disminución en la contaminación ambiental, debido a la aceleración en los procesos de degradación natural de algún contaminante (Quispe, 2020) .

Landfarming es una técnica de biorremediación aplicados con mayor frecuencia para suelos contaminados con hidrocarburos, debido a su simplicidad técnica, rentabilidad y alta eficacia de remediación (Sang *et al.*, 2022), mientras que por su lado la biorremediación biológica consiste en el uso del microbiota del suelo para lograr la descontaminación o degradación de un contaminante, esto se logra a través de la proliferación natural de la microbiota autóctona mediante la administración de algunos nutrientes o a través de la inoculación de consorcios microbianos (Shubhangi *et al.*, 2022). La biorremediación con el método de landfarming o con microorganismos no solo resultan ser efectivos en los tratamientos, sino que también son ambientalmente positivos ya que no generan algún daño colateral como ocurre con los tratamientos tradicionales, que emplean mayor requerimiento del recurso hídrico, generando un problema posterior al tratamiento.

El optar por la investigación de fusión de métodos de tratamiento para remediar suelos contaminados con diésel, es una necesidad que se debe asumir debido a que diariamente hacemos uso de los hidrocarburos para diversas actividades.

1.4. Formulación de los Objetivos

1.4.1. Objetivo General.

Evaluar el nivel de efectividad de la fusión del método landfarming y microorganismos eficientes en el tratamiento de suelos contaminados por diésel.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Evaluar el efecto de la fusión del método landfarming y microorganismos eficientes en la degradación de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) en el suelo tratado.

- Evaluar el efecto de la fusión del método landfarming y microorganismos eficientes en el contenido de materia orgánica del suelo tratado.
- Evaluar el efecto de la fusión del método landfarming y microorganismos eficientes en el nivel de toxicidad del suelo.
- Evaluar el efecto de la fusión del método landfarming y microorganismos eficientes en el pH del suelo.

1.5. Formulación de Hipótesis.

El nivel de efectividad de la fusión del método landfarming y microorganismos eficientes en el tratamiento de suelos contaminados por diésel, es efectivo para ser aplicado como técnicas para los procesos de biorremediación.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Estudio.

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

Effendi *et al.,* (2022), en su investigación demostró que combinando los metodos de landfarming y el proceso secuencial de lavado electrocinetico del suelo, se eliminan los hidrocarburos presentes, durante el proceso de decontaminación, se añadieron surfactantes como solucion de lavado, el proceso de remediación se llevó a cabo en 2 etapas; la primera etapa comprendía un reactor electrocinético de vidrio acrílico equipado con 3 cámaras, es decir, cámara de rebose, electrolito y suelo. En la segunda se utilizó Landfarming como post-tratamiento después del tratamiento electrocinético, Se demostró que el valor promedio de reducción de la concentración de TPH en todos los tratamientos es estadísticamente diferente. El resultado mostró que el tratamiento de landfarming con el pretratamiento EKSF da como resultado una mayor eficiencia de remediación de la eliminación de TPH que la atenuación natural, Además, este estudio también demostró que los TPH se pueden transformar en compuestos más simples predichos por los fenómenos de oxidación electroquímica.

Por otro lado, Kim *et al.,* (2022), en su investigación identifico la causas de la eficacia del metodo de landfarming para diseñar estrategias de remediación optimas para sitios contaminados con petroleo, la remediación se simuló en el laboratorio mediante la aplicación de prácticas comparables (ladfarming y bioaumentación) y se examinó el mecanismo relevante. Luego examinaron sistemáticamente los factores potenciales que afectan la eficacia de la remoción de petróleo, incluido el contenido de partículas finas del suelo, la concentración inicial y la composición de los contaminantes del petróleo y el grado de interacción suelo-contaminante. El rango de distribución de los hidrocarburos totales de petróleo (TPH) y el tamaño de la mezcla

compleja no resuelta (UCM) encontrados en los datos de cromatografía de gases mostraron que el petróleo compuesto de TPH con un número de carbono más bajo y con un tamaño más pequeño de UCM podría tratarse de manera más efectiva mediante el metodo de Landfarming. Los resultados demostraron que la eficacia del landfarming varió con las características del suelo contaminado, las propiedades del suelo y/o las interacciones del suelo con los contaminantes.

Según Okonofua *et al.,* (2021) quien determinó las condiciones optimas para el procedimineto de remediación de suelos contaminados con petroleo mediante la tecnica de landfarming, las muestras de suelo fueron caracterizadas y clasificadas, luego añadieron estiércol de vaca y fertilizante NPK como aditivos para complementar los nutrientes de las muestras de suelo antes de la cuantificación del hidrocarburo total de petróleo (TPH) y los procedimientos de remediación. Se aplicó un diseño factorial para variar los parámetros de entrada, como el pH, la masa del sustrato, el contenido de humedad y los tiempos de giro de los cultivos de la tierra. Los resultados revelaron que el valor de TPH in situ era de 5000 mg/kg y que, tras 90 días de tratamiento, el TPH se redujo a 646 mg/kg, para el proceso de degradación mediante el tratamiento de landfarming, con lo que los resultados muestran que el metodo de landfarming si es efectivo para la remediación de suelos.

Por otro lado Yaman, (2020), evaluó el impacto de la Atenuación natural, bioaumentación y la bioestimulación en la eficiencia de degradación de hidrocarburos de petroleo, para ello, se probaron cuatro tanques que contenían suelos contaminados con petróleo. El tanque 1 se realizo el proceso de atenuación natural. Mientras que en el tanque 2 se agregaron un inóculo microbiano y nutrientes para promover la bioaumentación (B.A.)y la bioestimulación (B.S.), el el tanque 3 se adopto el proceso de B.A. y el tamque cuatro se realizo el proceso de B.S.. Después de 63 días de realizado el proceso de B.S. operación, el total de hidrocarburos de petróleo (TPH) en el tanque 2 se redujo de 1674 a 430 mg/kg, con una reducción del 74%. Tanque 1, tanque 3, y el tanque 4 indicaron reducciones de TPH de 35%, 41% y 66%, respectivamente. El análisis microbiológico del inóculo indicó que Alcanivoraxera la bacteria dominante. La población de bacterias degradadoras de TPH en el suelo del tanque 2 fue dos órdenes de magnitud mayor que en el tanque de control. Los datos de velocidad de reacción se ajustaron con un modelo de velocidad de reacción de primer orden. Las constantes cinéticas de Monod, tasa máxima de crecimiento específico (μmáximo), y la concentración de sustrato a la mitad de la constante de velocidad (Ks) también fueron estimados. Este estudio

mostró que la eficiencia de eliminación de TPH en el proceso combinado de BA y BS fue mayor que en otros procesos probados. Los resultados que obtuvo, mostraron que los microorganismos pueden biodergrdar con éxito el THP, principlamente cuando se emplean metodos combinados.

Guarino *et al.,* (2017), quienes verificaron la factibilidad de un proceso de remediación totalmente basado en la degradación biologica aplicada a los suelos contaminados con hidrocarburos de petroleo, Este estudio evaluó tres estrategias de biorremediación: a) Atenuación Natural (NA), b) Landfarming (L), c) Bioaumentación asistida con Landfarming (LB) para el tratamiento de un suelo contaminado con hidrocarburos de petróleo. Después de una prueba de 90 días, Bioagumentation asistida con Landfarming produjo los mejores resultados y el mayor efecto evidente se muestran con las muestras más contaminadas alcanzando una reducción de aproximadamente el 86% de hidrocarburos totales de petróleo (TPH), seguido por Landfarming (70%) , y la atenuación natural (57%). Los resultados de este estudio demostraron que el uso combinado de las estrategias de biorremediación era la opción más ventajosa para el tratamiento de tierra contaminada con hidrocarburos de petróleo, en comparación con la atenuación natural, bioaumentación o landfarming se aplica solo. Los resultados obtenidos indican que la incubación con un consorcio bacteriano autóctona puede ser un método prometedor para la biorremediación de suelos contaminados.

2.1.2. Antecedentes Nacionales.

En la investigación realizada por Machuca (2021), donde determino la influencia del vermicompost como fuente alterna de nutrientes en las tecnologías biológicas de landfarming (a1), remediación con Vicia faba L.(a2) y remediación con Hordeum vulgare L., (a3) para la recuperación de suelo urbano contaminados con hidrocarburos. El experimento se realizó en invernadero con un diseño factorial; se evaluó 2 factores, 3 niveles para cada uno y tres repeticiones por tratamiento, Los resultados mostraron reducciones de (HTP) en 87.63% para Landfarming; 82.88% para tratamiento con la especie Vicia faba y 74.4% para la especie Hordeum vulgare L La dosis de 50% vermicompost fue responsable del 69.59% de las reducciones de HTP, mientras que la dosis de 30% del 44.38%, disminuyendo tambien la densidad aparente del suelo, por otro lado la porosidad se incrementó. Las características morfológicas de las especies fitorremediadoras se intensificaron debido a la

aplicación de vermicompost. Concluyendo asi que el vermicompost contribuyó en la degradación de HTP, mejorando las propiedades físicas y morfológicas de las especies empleadas.

Por otro lado Vargas (2020), sistematizo y evaluó la eficacia de la aplicación de microorganismos aerobios para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos y sus derivados a través de la revisión sistemática, donde se detalla el procesamiento de la información apoyándose en el uso de 4 instrumentos (fichas) para la recolección de datos para luego según los criterios de inclusión de la escala Newcastle – Ottawa modificada selecciono a los 22 estudios usados en la presente investigación, destacando 14 estudios de los 22 existentes debido a que pasaron el 70% de remoción de hidrocarburos, concluyendo así que las condiciones ambientales adecuadas juegan un papel importante en el desarrollo de los microrganismos aerobios y que el tipo de método de biorremediación es variable debido a que esto dependerá de otros factores como el tipo y textura del suelo, identificación del contaminante y los tipos de microorganismos.

Según Terán (2020), quien evaluó la capacidad degradativa y emulsificante de cepas bacterianas y la formulación de un consorcio para el tratamiento de suelos contaminados con petróleo, aisló 30 cepas de mioorganismos, los cuales fueron identificados en el lugar contaminado, para realizar la preselección de las cepas estas debian cumplir con tres criterios; primero que tuviesen una alta actividad degradativa de hidrocarburos; segundo que tuviesen un buen crecimiento en las diferentes fracciones de los hidrocarburos; y la tercera que tuviesen alta actividad emulsificante,posteriormente, los cultivos que crecieron se estriaron en placa Petri con agar nutritivo (AN) para su purificación. Finalmente se separaron las cepas obtenidas (44 cepas) y se prepararon ceparios a partir de colonias aisladas, los resultados muestran que el porcentaje de reducción atribuible al consorcio microbiano formulado es del 25,25%, ademas muestran que cepas aisladas con capacidad hidrocarbonoclástica pueden servir para la formulación de un consorcio aplicable a una situación particular.

Hermoza *et al.,* (2019), quien caracterizo de manera fisicoquímica el suelo contaminado con diesel, para luego aislar cepas bacterianas capaces de lograr la descontaminación del suelo, las cepas aisladas fueron *Kocurea Rosea y Burkholderia pseudomallei,* las cuales crecieron en un medio enriquecido con glucosa y diesel como sustrato, para determinar la capacidad degradativa de las cepas aisladas y compararlas con un consorcio bacteriano nativo mixto, se inicio con una

concentración del 1% de diesel, 0.2% de glucosa y 3x108 cel/ml de concentración microbiana, luego se evaluaron los parametros; concentración de glucosa, concentración de hidrocarburos y variación de pH, el pH inicial fue de 5, reduciendo hasta 3.63 durante todo el proceso de biorremediación. Las sistemas propuestos mostraron resultados favorables durante el proceso, cepas aisladas lograron porcentajes de degradación de diesel de hasta un 51.27% para la cepa *Kocurea Rosea* y un 32.84% para la cepa *Burkholderia pseudomallei*, mientras que el consorcio nativo mixto degradó el 48.78% del contaminante presente.

Por su parte en la investigación realizada por Loroña, et al. (2018), evaluaron la eficiencia de la biorremediación mediante la aplicación de los microorganismos eficaces (EM) en cuatro tipos de suelo (agricola, costero, urbano y ribereño) contaminados con Diésel B5, se aplico por aspersión un litro de microrganismos activados sobre el área afectada, el proceso se realizó una (1) vez por semana durante cuatro (4) semanas de tratamiento, siendo en total cuatro (4) dosis de microorganismo EM. Los resultados indican que la eficiencia de remoción de Diésel B5 es mayor en el suelo de uso urbano que logro degradar hasta un 41.06% del contaminante, seguido por el agrícola (40.06%), ribereño (35.05%) y por último, el suelo costero (15.3%), con lo que se concluye que los microorganismos son eficientes para la degradación de suelos contaminados con diesel.

2.2. Bases Teóricas.

2.2.1. Normativa Sobre el Recurso Suelo en el Perú.

De acuerdo con la constitución política del Perú (Art 2° inciso 22). Toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

Y según la Ley N° 28611, (2005), toda persona tiene derecho a vivir en un ambiente saludable y equilibrado para el pleno desaarrollo de su vida y tiene el deber de contribuir de manera efectiva con el cuidado y conservación del ambiente y sus componentes, asegurando el aprovechamiento de los recursos naturales de modo sostenible para el país.

2.2.2. *Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Suelo. D.S. N° 002 2013 MINAM y D.S. N° 002-2014-MINAM*

En donde se establecen los niveles o el grado de concentración de elementos, sustancias físicas, químicas y biológicas, presentes en el suelo en su condición de cuerpo receptor, el cual no debe representar un riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente (D.S.N°002-2013, 2013).

Tabla 1
Estándares de calidad para suelo (D.S. N° 002-2013- MINAM)

Parámetros en mg/kg PS (2)	Usos del Suelo (1) Suelo Agrícola (3)	Suelo Residencial/ Parques (4)	Suelo Comercial (5) / Industrial/ Extractivo (6)	Método de ensayo
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260(9) EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos (10)	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
Hidrocarburos policromáticos				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
Hidrocarburos de Petróleo				
Fracción de hidrocarburos	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 **(12)** (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 **(13)**	3000	3000	6000	EPA 8015
Compuestos Organoclorados				
Bifenilos policlorados - PCB (14)	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 / EPA 3051
Bario total (15)	750	500	2 000	EPA 3050 / EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 / EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 / EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192**(16)**
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 / EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050/ EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/ó

Nota: En la tabla se muestran los Estándares de calidad para cada tipo de suelo y su respectivo método de análisis. Tomado de D.S. N° 002-2013- MINAM

2.2.3. Diésel.

El diésel es un combustible compuesto de destilados obtenidos en la operación de refinado de petróleo o mezclas de tales destilados con aceite residual utilizados en vehículos automóviles. (Tamaño, *et. al*., 2015)

Llamado también gasóleo, gasoil es un hidrocarburo líquido, derivado del petróleo, está compuesto en un 75% de hidrocarburos saturados y 25% de hidrocarburos aromáticos, es obtenido mediante la destilación fraccionada del petróleo, cuya fórmula general del diésel común es de $C_{12}H_{23}$ (Moliterni, 2015).

2.2.4. Fuentes de Contaminación.

Las fuentes de contaminación son aquellas instalaciones, procesos o actividades que provocan contaminación ambiental y contaminación del suelo debido a la presencia de los hidrocarburos (Cando, 2011), como consecuencia del desarrollo urbanístico de las ciudades y en centros asociados a diversas actividades industriales, los problemas generados en estos emplazamientos están estrechamente relacionados con el desarrollo industrial orientada al consumo, también se ha descubierto que muchos incidentes de contaminación se deben a la inadecuada disposición de los desechos industriales (Moliterni, 2015).

Según Zhou y Blunt, (1997) como se citó en Rangel, (2020), los derrames y fugas de hidrocarburos en las unidades menores (Estaciones de servicio, planta de ventas, otros) constituyen los mayores problemas de contaminación. En particular, los hidrocarburos líquidos en fase no acuosa (NAPL) presentan una baja solubilidad en agua, se infiltran en el subsuelo y pueden alcanzar el agua subterránea.

2.2.5. Suelo.

Denominamos suelo a la parte externa de la corteza terrestre, la cual es el producto de la meteorización de las rocas subyacentes (Arboleda & Bravo, 2008). Desde el punto de vista científico el suelo se define como "ente natural organizado e independiente, cuya génesis son el resultado de la actuación de una serie de factores activos (clima, organismos, relieve y tiempo) sobre un material pasivo (la roca madre)" (Jordán, 2006), en términos generales, está formado por un 50 % de espacio libre (la mitad del espacio poroso ocupada por gases y la otra mitad por líquidos); un

40-50 % de sólidos minerales (meteorización de las rocas) y un 0,5-5% de materia orgánica (humus y derivados, biomasa viva y muerta) (Dias, 2011).

2.2.6. Microorganismos del Suelo.

El suelo es el mayor albergue de microorganismos, en este habitan millones de estos microorganismos beneficiosos para el suelo, los microorganismos más comunes son las bacterias, actinomicetos, hongos y protozoarios.

En el suelo se desarrollan tanto microorganismo Eucariotas (algas hongos y protozoos) y Procariotas (bacterias y arqueas), los cuales dependen de la estructura, el volumen de poros y la permeabilidad del suelo, además la comunidad microbiana favorece al suelo en su fertilidad, ciclos biogeoquímicos y así como también el uso potencial de microorganismos específicos para aplicaciones ambientales (Cando, 2011).

2.2.7. Microorganismos Eficientes.

Los microorganismos hacen parte fundamental de los procesos de biorremediación y en gran parte, las bacterias casi siempre son los degradadores primarios, desempeñan el papel de mayor importancia en la biodegradación de contaminantes orgánicos en suelos (Ponce, 2014).

Los microorganismos eficientes EM es una combinación de tres grupos de microorganismos beneficios de origen natural que se encuentran comúnmente en los suelos y en los alimentos, estos organismos no son nocivos, ni tóxicos, ni genéticamente modificados por el hombre, esta combinación permite que conseguir un efecto sinérgico. (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2009).

2.2.8. Suelos Contaminados con Hidrocarburos.

Según el Ministerio del Ambiente del Perú podemos definirlo como suelo cuyas características químicas, han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias contaminantes depositadas por la actividad humana. (D.S. N°-002-2013, 2013)

La contaminación de suelo por hidrocarburos es dinámica, algunos de los componentes individuales pueden separarse de la mezcla original, como por ejemplo, los compuestos orgánicos volátiles pueden evaporarse en un determinado tiempo, algunos se solubilizan debido a la polaridad de sus moléculas, otros se absorben en

la superficie de la fase sólida del suelo por reacciones químicas o debido a fuerzas físicas, mientras otros son degradados por microorganismos en el suelo (Ponce, 2014).

2.2.9. Biorremediación.

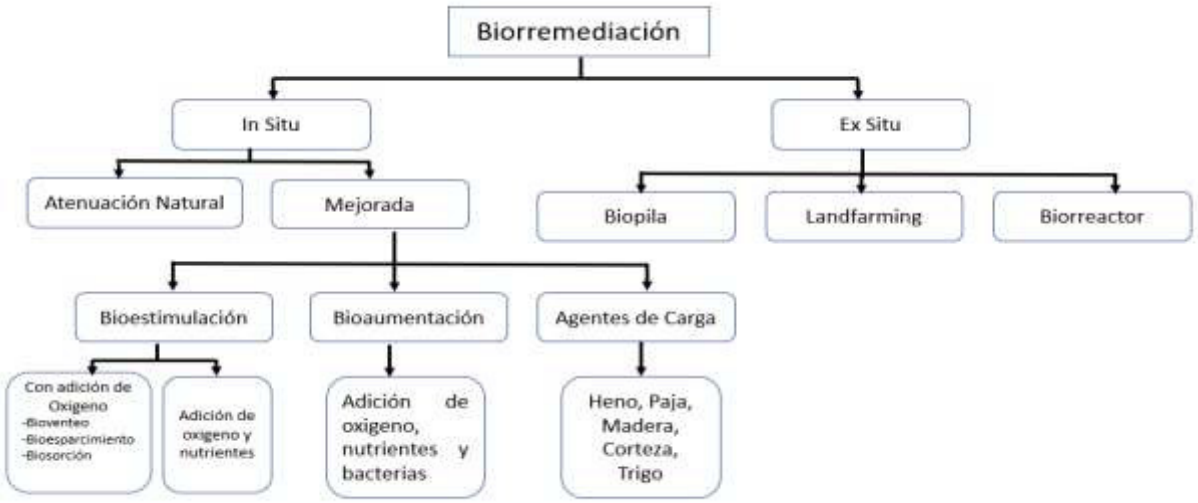
El término biorremediación se utiliza para describir una variedad de sistemas que utilizan organismos vivos (plantas, hongos, bacterias, etc.) para degradar, transformar o remover compuestos orgánicos tóxicos a productos metabólicos inocuos o menos tóxicos (Arboleda & Bravo, 2008).

La biorremediación se basa en el fundamento bioquímico que nos señala que este proceso tiene una serie de reacciones de oxido - reducción, con el único fin de obtener energía, el cual se produce en la cadena respiratoria (Suarez, 2013), esta estrategia biológica puede ser aplicada con microorganismos autóctonos o exógenos, mediante técnicas in situ o ex situ, en condiciones aerobias o anaerobias (Rodríguez, 2008).

2.2.10. Tipos de Biorremediación.

Para Velasco y Volke (2002) citado por Ponce (2014). La Biorremediación puede dividirse y subdividirse en varias metodologías, las cuales varían de acuerdo a las necesidades y características del problema, así como se detalla en la fig. 1.

Figura 1
Tipos de Biorremediación, in situ y ex situ.



Nota. La figura muestra todos los tipos de biorremediación que se aplican en la descontaminación de suelos contaminados por hidrocarburos. Tomado de Jagaba, et al., 2022.

2.2.11. *Tratamiento* del terreno o Landfarming.

Es una técnica de remediación que se realiza en condiciones aerobias, es una tecnología de biorremediación a gran escala que se aplica sobre zonas superficiales del suelo o en celdas de biotratamiento requiere excavación para ubicar suelos, sedimentos o lodos contaminados. (Ariza & Mejia, 2017).

Esta técnica se basa en la oxigenación del suelo mediante el arado del suelo (cuando la contaminación es superficial) o removiéndolos y depositándolos en la superficie del sitio o en sus inmediaciones, en una capa delgada, y la aplicación de productos especialmente destinados a acelerar el ciclo de vida de los microrganismos aeróbicos dentro de los suelos. (Ariza & Mejia, 2017). La frecuencia de remoción se ajusta dependiendo a cada situación en particular de modo tal que permita obtener una adecuada aireación del terreno afectado.

2.2.12. Tratamiento Biológico o por Microorganismos

La remediación biológica es una tecnología empleada en la descontaminación de suelos y basada en la metabolización de los contaminantes por microorganismos; es decir, requiere una cepa o consorcio microbiano eficiente que degrade la mayor cantidad de contaminante hasta un nivel mínimo (Moliterni, 2015).

El tratamiento biológico de suelos contaminados involucra el uso de microorganismos para la degradación de los contaminantes orgánicos, esta degradación producida por los microrganismos altera la estructura molecular del contaminante y el grado de alteración determina si se ha producido biotransformación o mineralización. Si la descomposición se transforma en un compuesto orgánico o en otro similar no contaminante o menos tóxico, se considera que hubo una biotransformación, mientras que si la descomposición se redujo a dióxido de carbono, agua y compuestos celulares se considera que hubo una mineralización del contaminante (Plaza & Lopez, 2006).

2.2.13. Evaluación de toxicidad

Para Pla, Hernández, & Gil (2000), la evaluación de la toxicidad tiene como objeto determinar el grado o tipo de toxicidad (aguda, crónica, acción irritante) de una determinada sustancia siguiendo unos protocolos estandarizados, según el concepto

actual, un toxico es una sustancia que puede producir algún efecto nocivo sobre un ser vivo, y como la vida tanto animal como vegetal. (Repetto, 2000).

2.2.14. Materia Orgánica

La materia orgánica procede de la actividad de los distintos organismos vivos del suelo y su composición y cantidad es variable (Arboleda & Bravo, 2008), el porcentaje de materia orgánica es proveniente de los residuos de vegetales y animales, células microbianas y productos del metabolismo microbiano (humus). (Cando, 2011)

Considerando lo anteriormente dicho podemos decir que se considera a la materia orgánica del suelo como un conjunto de compuestos heterogéneos con base de carbono, que están formados por la acumulación de materiales de origen animal y vegetal que están parcial o completamente descompuestos y se encuentran en un estado continuo de descomposición, de sustancias sintetizadas biológica y/o químicamente (Meléndez & Gabriela, 2003).

2.2.15. Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)

Se usa para describir a la gran variedad de componentes químicos, que se encuentran en la extracción del crudo natural, también es usada para le evaluación de sitios contaminados por hidrocarburos. La concentración total de hidrocarburos, es medida a través de HTP, estos son una mezcla de productos químicos compuestos principalmente de hidrogeno y carbono.

2.2.16. pH

El término pH es definido como el logaritmo negativo de base 10 de la concentración del ion hidrógeno. Posteriores avances en el conocimiento y cuantificación de este parámetro permitieron conocer más y simplificar su medida, la estimación de este parámetro no solo nos permite estimar el grado de acides o alcalinidad, sino también nos permite relacionar la disponibilidad de los nutrientes o la toxicidad que pueden producir otros elementos (Bazan, 2017).

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.

3.1. Tipo de Investigación.

El tipo de investigación del presente trabajo, “Evaluación de la efectividad de la fusión de métodos de landfarming y microorganismos eficientes para la remediación de suelos contaminados con diésel en la Provincia de Ilo 2020”, se clasifica:

- Según su finalidad: Es aplicativa, debido a que una vez analizada la eficiencia de la fusión de métodos landfarming y microorganismos eficientes empleados para la remediación de suelos contaminados, este nuevo método podrá emplearse para la descontaminación de suelos contaminados.
- Según sus variables: Es un estudio de enfoque cuantitativo
- Según su análisis: Es analítica-deductiva, debido a que parte de teorías y se aplica el análisis en todo el proceso.
- Según su Alcance: E EXPLICATIVA – COMPARATIVA, explicativa porque busca una relación de causa efecto, es decir busca la causalidad para encontrar la proporcionalidad de las dosis de las variables independientes y conocer la efectividad a partir de la comparación de sus resultados por eso utilizaste el estadístico de prueba de H KRUSKAL -WALLIS (pruebas no paramétricas), que se emplea para estudios transversales y muestras independientes.

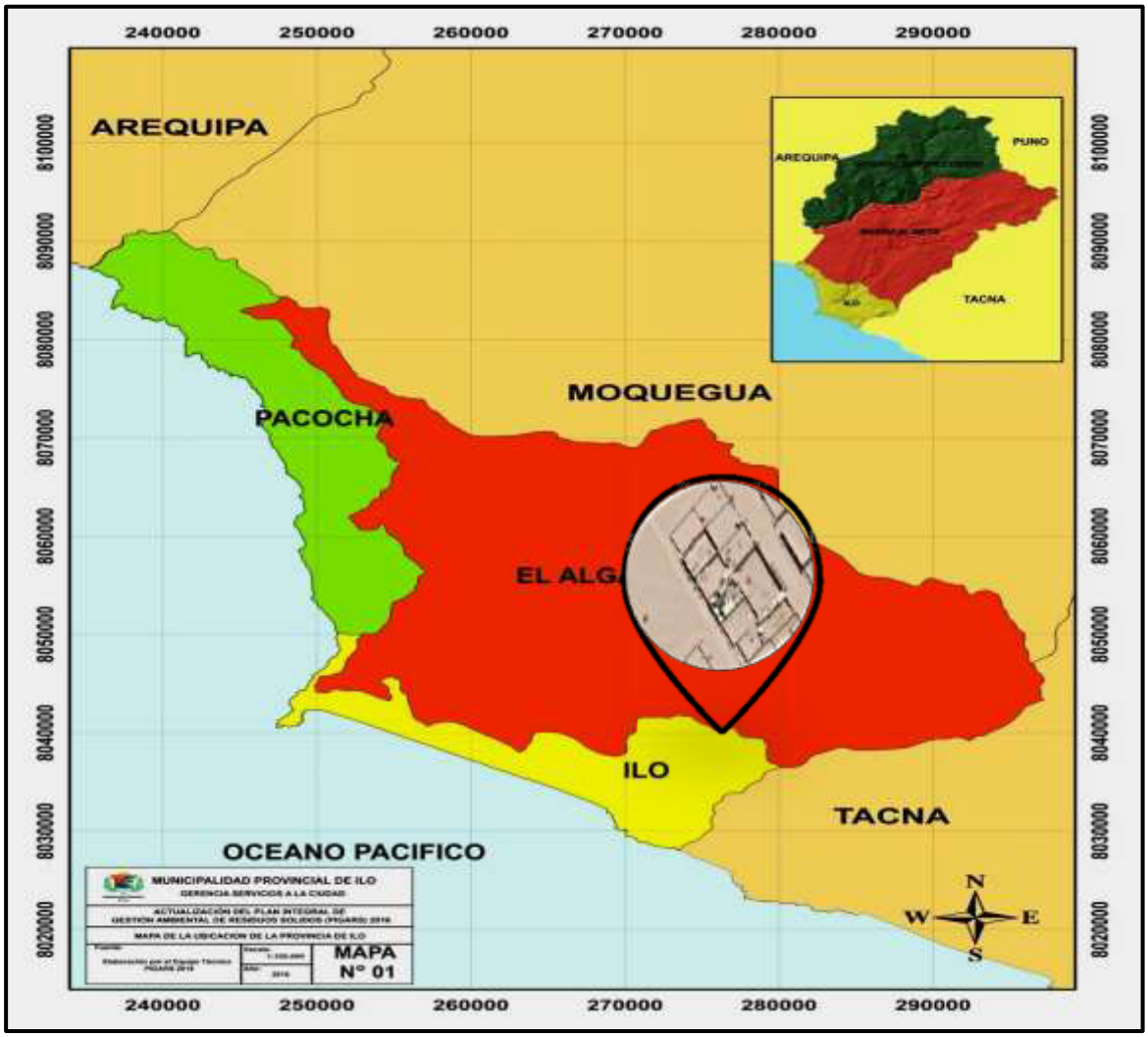
El diseño para el presente trabajo de investigación es experimental, con manipulación de las variables independientes, para establecer la relación de causa - efecto del fenómeno de estudio, donde observaremos el efecto causado por la variable independiente sobre las variables dependiente ((Mitacc, 1996).

3.2. Ámbito Temporal y Espacial

El presente trabajo de investigación se realizó en el distrito del Algarrobal, Provincia de Ilo del Departamento de Moquegua; cuya ubicación a coordenadas UTM Este: 17.634837 y Norte: 71.302637, sobre una altitud de 100 m.s.n.m.

Figura 2

Plano de Ubicación.



Nota: Plano de la ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación, adaptado de Plan de Actualización de PIGARS, Municipalidad de Ilo, 2019.

3.3. Población y Muestra

Una población o universo es una coalición o totalidad de posibles individuos especímenes objetos o medidas de interés sobre el los que se hace un estudio. las poblaciones pueden ser finitas o infinitas. (Gutiérrez & De la Vara, 2012), en nuestro caso la población de estudio, son los suelos de las lomas ubicadas en la provincia de Ilo.

Para la recolección de la muestra, se aplicó un muestreo no probabilístico (muestras de conveniencia o de juicio) (Mitacc, 1996), según nuestro criterio, el cuál tomamos en base a las cantidades que se requerirían para todos los análisis a desarrollar y basándonos en anteriores investigaciones realizadas.

Para el presente estudio la cantidad de muestra fue de 240 kilogramos de suelo contaminado con diésel, los cuales se distribuyeron en 24 unidades experimentales (10 kilos por cada unidad experimental).

3.4. Instrumentos

Tabla 2

Materiales e instrumentos

Materiales e Instrumentos a usar	Unidades
Estufa.	1
Balanza con aproximación de 0.01 g.	1
Potenciómetro con electrodos o con electrodo de combinación.	1
Espátula	1
Matraz de Erlenmeyer	5
Placas Petri	52

En la tabla 2, se muestra la relación de los instrumentos empleados para la ejecución de la investigación, esto materiales fueron proporcionados particularmente y la calibración cumplieron con las exigencias de los estándares.

3.5. Procedimientos

3.5.1. Procedimiento para la recolección muestras y desarrollo de la investigación

A. Recolección de muestras: Se recolectó la cantidad de 240 kilogramos de suelo, el cual fue contaminado con diésel y distribuido en 24 unidades experimentales de 10 kilos cada una.

B. Aplicación de tratamientos:

Tabla 3

Matriz para el diseño experimental de los tratamientos.

Tratamiento	Código	Descripción de la concentración de las dosis empleadas en los tratamientos.
Control	T_1	Sin ningún tipo de acción.
Landfarming (LF)	T_2	Labranza de suelo con adición de nutrientes. + 0,07 gr. de fosfato por cada kilo.
Microorganismos Efi. (8ml)	T_3	Aplicación de dosis baja de microorganismos eficientes (8 ml) por cada kilo.
Microorganismos Efi. (16ml)	T_4	Aplicación de dosis media de microorganismos eficientes (16 ml) por cada kilo.
Microorganismos Efi. (40ml)	T_5	Aplicación de dosis media de microorganismos eficientes (40 ml) por cada kilo.
Microorganismos Efi. (8ml) + LF	T_6	Aplicación de dosis baja de microorganismos eficientes (8 ml) + Labranza (landfarming) por cada kilo.
Microorganismos Efi. (16ml) + LF	T_7	Aplicación de dosis baja de microorganismos eficientes (16 ml) + Labranza (landfarming) por cada kilo.
Microorganismos Efi. (40ml) + LF	T_8	Aplicación de dosis baja de microorganismos eficientes (40 ml) + Labranza (landfarming) por cada kilo.

Nota: En la siguiente tabla se muestra la concentración de las dosis empleadas en los tratamientos para la biorremediación de suelos contaminados con Diésel, se exponen los ocho tratamientos aplicados, los que fueron previamente preparados para el estudio experimental, comportándose como variables independientes.

C. **Monitoreo, control y análisis de las unidades experimentales:** Según la planificación, se consideró el control físico Inter diario de cada unidad experimental, así como la adición de 1 litro de agua a las unidades experimentales, el registro de las observaciones se anotó en el mismo periodo.

Para el análisis de las muestras, el trabajo se realizó en dos etapas, la primera etapa se realizó en el lugar de ejecución del proyecto, en esta etapa se analiza la toxicidad del suelo de manera mensual, para esto se empleó semillas de tomate y de rabanito como bioindicadores para observar el avance de la descontaminación de los suelos estudiados, así mismo se evaluó el pH. En la segunda etapa, comprende el análisis de los tratamientos evaluados en un periodo de los 7 meses, con el objetivo de determinar el porcentaje total de hidrocarburos y el porcentaje de materia orgánica oxidable presentes en las muestras.

3.5.2. *Procedimiento analítico del laboratorio CERPER S.A.*

A. **Determinación de hidrocarburos totales de petróleo:** Para llevar a cabo los análisis para la determinación de hidrocarburos totales de petróleo se contrató los servicios del laboratorio CERPER S.A. laboratorio ubicado en la ciudad de Arequipa, el cual cuenta con la acreditación ante el INACAL con registro N° L.E. 003. El cual realizará la determinación de Hidrocarburos Totales de Petróleo mediante **el método EPA 8015 D-2003,** cuyos procedimientos se basan en la extracción de la muestra con un solvente para la cuantificación de todas las señales cromatografías y que permiten compararlas con los estándares de distintas concentraciones de Hidrocarburos Totales de Petróleo.

B. **Materia orgánica oxidable:** Para llevar a cabo los análisis que permiten determinar el porcentaje de materia orgánica presente en la muestra, del igual modo estos análisis estuvieron a cargo del laboratorio CERPER S.A. laboratorio ubicado en la ciudad de Arequipa, el cual cuenta con la acreditación ante el INACAL con registro N° L.E. 003, para tal propósito se empleó el método de calcinación de las muestras a 550ºC.

Para la determinación de los otros parámetros físico-químicos, se realizaron en el lugar de la ejecución del proyecto. Los métodos que se emplearon para el análisis de los parámetros fueron los que a continuación se explican en el ítem 3.6.3

3.5.3. Procedimiento para la evaluación de los parámetros de campo.

A. Nivel de toxicidad del suelo: Para medir el nivel de toxicidad se realizó la Prueba estática de toxicidad el cual consiste en la exposición de las semillas a un sustrato contaminado, para nuestro caso se usó semillas de rabanito (*Raphanus sativus*) y tomate (*Solanum lycopersicum*) colocados en las Placas Petri durante 14 días seguidos, posteriormente se observó la inhibición de la germinación del crecimiento temprano de las plántulas. Para el bioensayo se procederá de la siguiente manera

Preparación de las semillas: Para desinfección de las semillas, se sumergió en solución de hipoclorito de sodio durante 15 minutos, luego se lavan con agua destilada y finalmente, las semillas preparadas se procedió a colocarlas en un contenedor con agua destilada durante 15 minutos para eliminar los residuos del hipoclorito.

Desarrollo de la prueba de toxicidad: En este paso se coloca papel filtro en el interior de las cajas Petri y se adiciona el suelo contaminado junto con las 50 semillas de la especie seleccionada. Este paso se repite para cada una de los tratamientos, en el caso de las unidades de análisis de control, solo se adiciono agua destilada.

En esta etapa, la evaluación consiste en medir la altura de las plántulas y la longitud de la radícula, para esto se realizó el seguimiento del desarrollo de la germinación en las unidades de control, evidenciando que el 65% de las semillas de las unidades de control han germinado y sus radículas muestran un tamaño promedio de 5mm de largo, posteriormente se evaluaron las unidades para ver la respuesta en todos los tratamientos.

B. pH: El método potenciómetro mide el pH a través de dos electrodos que se insertan dentro de la solución o suspensión de suelo, el procedimiento para la medición de pH es el siguiente**:**

Primero se procede realizar la calibración del equipo teniendo en cuenta 3 criterios fundamentales: fijación de la temperatura de calibración que

generalmente es 25 °C; segundo insertar los electrodos en el buffer 6.86, suavemente agitar en el buffer y ajustar el equipo al valor de pH cuando la lectura se ha estabilizado; tercero lavar los electrodos usando agua destilada e insertar en el buffer 4.01 y proceder como en el caso anterior.

Lavar los electrodos antes de emplearlos, luego en un vaso plástico de 400 ml. con suelo contaminado, se adicionó suficiente cantidad de agua hasta lograr una pasta de saturación, se cubrió el vaso con una luna de reloj, y dejar por una hora para obtener el equilibrio, se mide el volumen de suelo y la cantidad de agua adicionada y se calcula el porcentaje de saturación del suelo, transcurrido el tiempo de una hora y con ayuda de una espátula se mezcla el suelo con el agua, seguidamente se debe introducir el electrodo dentro de la masa. Finalmente se debe tomar la lectura cuando el potenciómetro muestre lectura estable.

Remover los electrodos del vaso, lavar con agua destilada en un vaso separado y con cuidado secar el exceso de agua usando papel secante fino. Los electrodos son almacenados en agua destilada cuando el potenciómetro no está en uso.

3.6. Análisis de datos

Para el presente estudio, se aplicaron diferentes técnicas y herramientas metodológicas y estadísticas que se exponen a continuación:

- Para determinar la hipótesis estadística de estudio, se aplicó el método del ritual de la significancia estadística que consta de cinco pasos: formulación de la hipótesis, establecer el nivel de significancia estadística, elección del estadístico de prueba, lectura del p-valor y la toma de decisiones.
- Para la determinación del procedimiento estadístico paramétrico, se aplicó los tres criterios: que la variable dependiente sea numérica, que la distribución de los datos de los resultados tenga una distribución normal y finalmente, que la variabilidad de los datos de la variable dependiente sea homogénea. Para determinar la normalidad se aplicó el estadístico de Shapiro Will (para muestras menores a 30 datos), para el caso de la homogeneidad de varianza se empleó el estadístico de Levene.
- Para todas las pruebas mencionadas se emplearon el Excel para el desarrollo de la matriz patrón, las que se exportaron a los programas estadísticos de IBM SPSS V. 25, MINITAB 19 (prueba TUKEY) y Statgraphics 17 para la prueba de hipótesis.

CAPITULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados

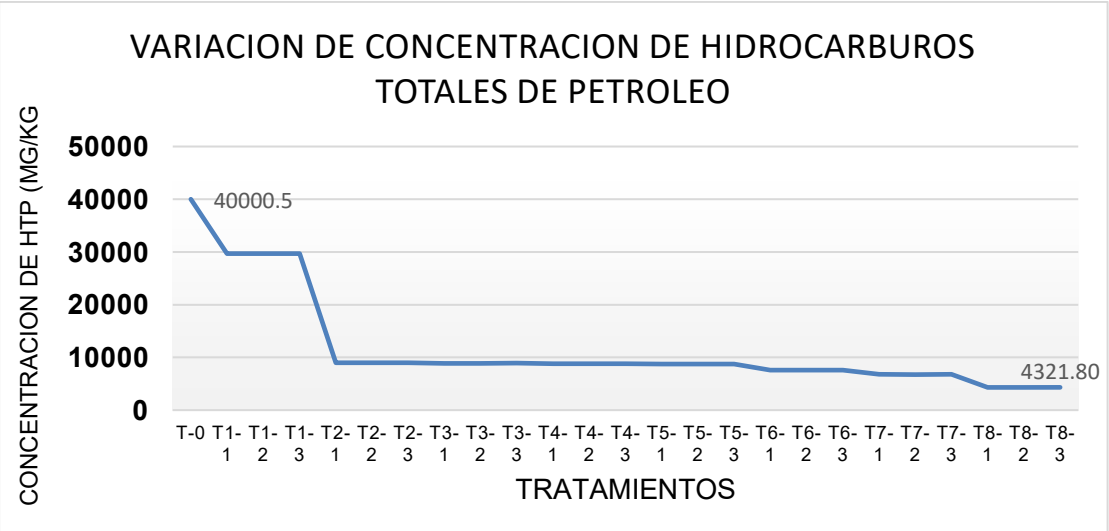
4.1.1.Variación de la Concentración de Hidrocarburos Totales de Petróleo

El análisis de la degradación de hidrocarburos se realizó al finalizar el experimento el cual duro 30 semanas y el análisis químico se realizó con el método EPA-Method 8015 D.2003 Nonhalogenated Organics Using GC/FID

A continuación, se presenta la gráfica de comportamiento de los tratamientos aplicados durante el experimento.

Figura 3

Variación de concentración de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP).



Nota: En la figura se muestra la curva de degradación del contaminante, con concentración inicial de 40000 mg/kg y la concentración final del contaminante en 4321,80 mg/kg (diésel) en el suelo tratado.

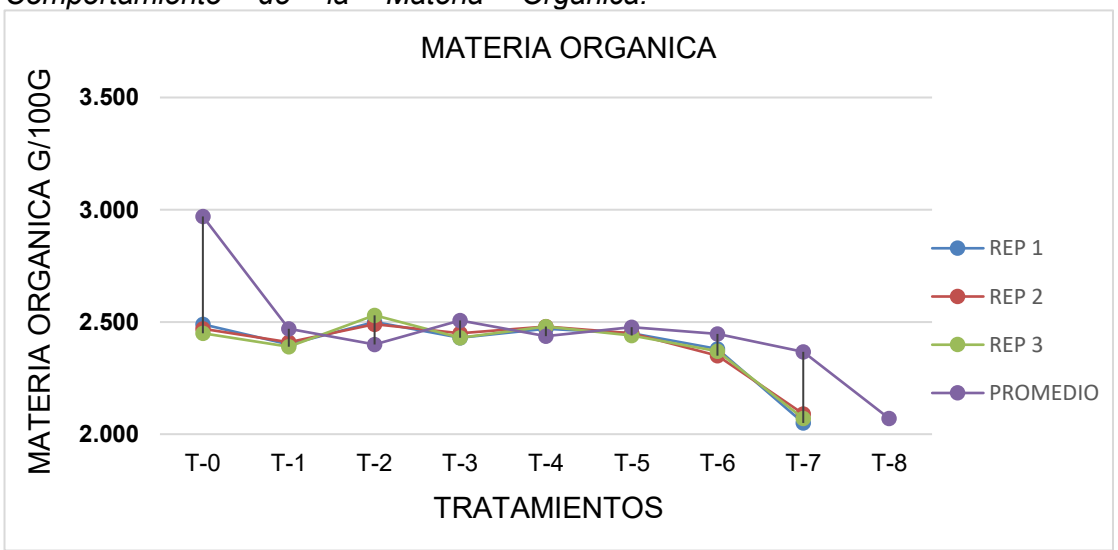
En la figura 3, podemos observar que las unidades experimentales que contienen el suelo contaminado inician con una concentración de 40000 mg/Kg del contaminante (diésel) y pasadas las semanas luego de aplicados los tratamientos se observa que la presencia del hidrocarburo empieza a disminuir, sin embargo, donde se fusionan los métodos de landfarming y los microrganismos eficientes, la concentración del hidrocarburo es menor que los tratamientos donde no se fusionan los métodos.

En la misma figura, se evidencia de que el tratamiento con el mayor porcentaje de reducción de HPT en el suelo es el L+M.O. 40 ml (T-8), con el que se logra una reducción promedio de 89,18%. Esto también se puede observar en la tabla N° 20

4.1.2. Variación de la Concentración de Materia Orgánica

La Materia orgánica es uno de los parámetros con variaciones importantes, la cual aumenta en forma proporcional a la concentración de los hidrocarburos, la composición de la Materia orgánica se encuentra un complejo número de macromoléculas en estado coloidal constituido por proteínas, azucares, ácidos orgánicos, minerales, etc., en constante estado de degradación y síntesis (Garcia, *et al*, 2011).

Figura 4
Comportamiento de la Materia Orgánica.



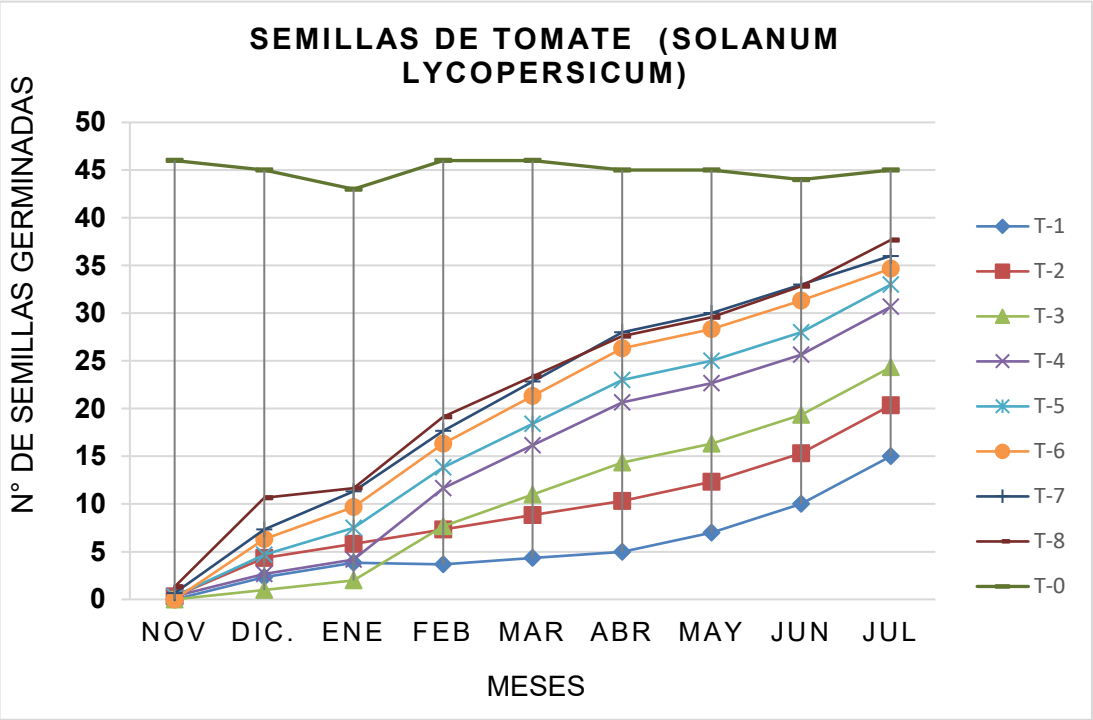
Nota: En la figura 4, podemos observar que el contenido de materia orgánica inicial es de 2.97 g/100g, cuando la muestra tiene 40000 mg/Kg de concentración de contaminante (diésel) y disminuye hasta 2.070 g/100g, al cabo de las 30 semanas de aplicado el tratamiento.

4.1.3. Variación de la Toxicidad del Suelo en la Germinación de Semillas de Tomate Y Rábano.

El bioensayo de toxicidad con semillas es una prueba estatica de toxicidad aguda, donde se evaluan los efectos toxicos del contaminate en el proceso de germinación de las semillas y el desarrollo de las plantulas, para esta prueba es necesario evaluar la inhibición en la germinación y la elongación de la radicula y del hipocotilo. (Poot & Varela, 2022)

Figura 5

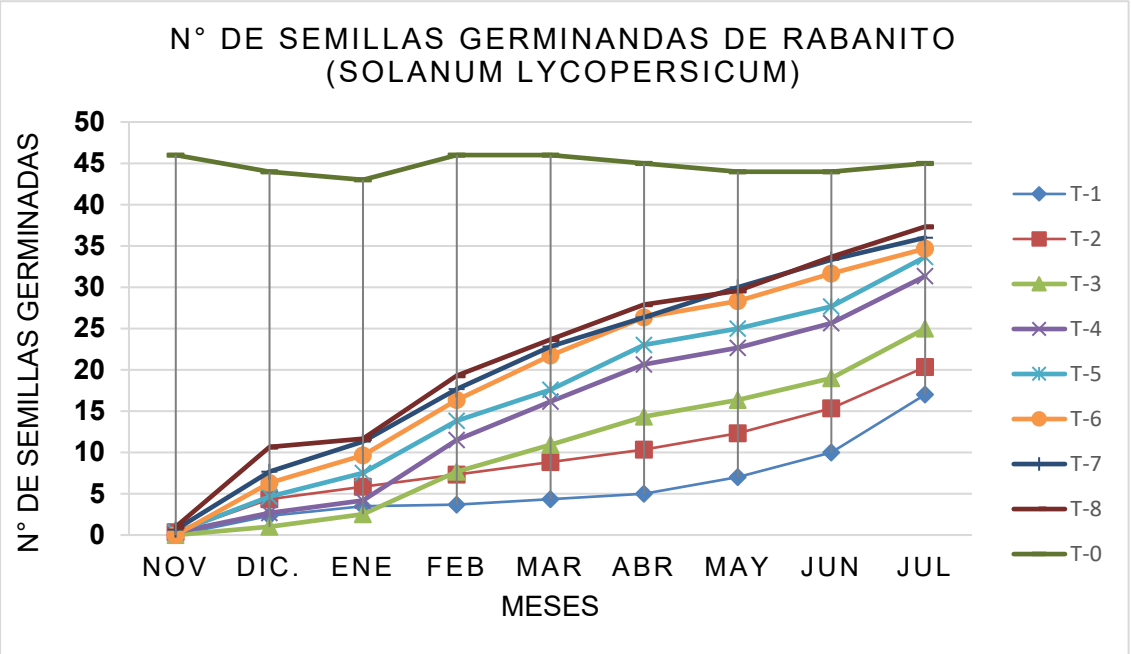
Prueba de toxicidad de semillas de tomate.



Nota: En la figura se observa que el mayor número promedio de semillas germinadas se da en el tratamiento T8, logrando hasta un 64% de la germinación de las semillas comparadas con la unidad de control, lo cual se observa detalladamente en la tabla 16

Figura 6

Prueba de toxicidad de semillas de Rabanito.



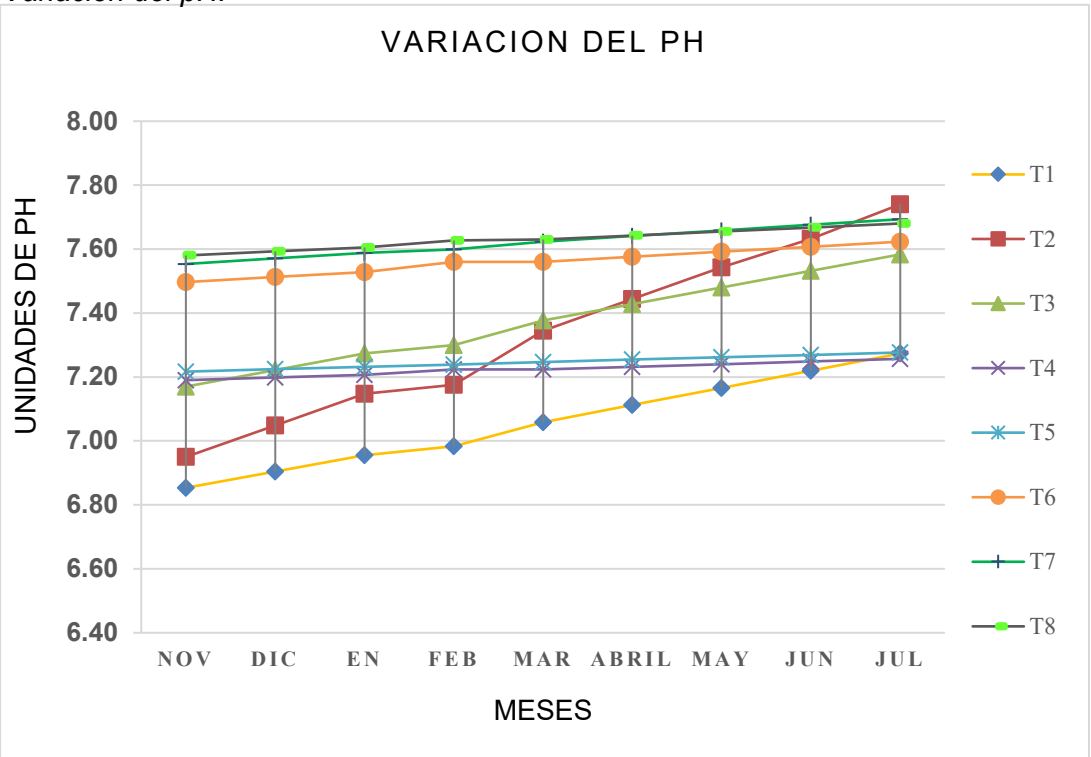
Nota: En la figura se observa que el mayor número promedio de semillas germinadas se da en el tratamiento T8, logrando hasta un 64% de la germinación de las semillas comparadas con la unidad de control, lo cual se observa detalladamente en la tabla 16.

4.1.4. Variación del pH del suelo en el tiempo.

El parámetro de pH, es importante para la actividad enzimática y para el desarrollo de los microorganismos que degradan el contaminante, el rango optimo esta entre 6 y 8 unidades, para los procesos de biorremediación, si los rangos bajan de 6 o pasan las 8 unidades esto inhibiría el crecimiento de los grupos microbianos (Ñustez, 2012).

Figura 7

Variación del pH.



Nota: En la figura podemos observar que el pH en el tratamiento ocho (T-8) es constante y manteniendo una tendencia ligeramente alcalina, por lo que podemos concluir que la variación oscila con valores menores a 1, siendo el rango optimo es de 6 a 8 unidades.

La presencia de hidrocarburos en suelo, durante largos periodos, puede producir la variación del pH original del suelo, esto posiblemente por la producción de CO_2.

4.2. Pruebas de Normalidad para Variables de Estudio.

Para las pruebas de normalidad de la distribución de datos se analizó con el método de Shapiro Will, ya que esta prueba es la más confiable debido al número de datos que se tiene en este estudio. Esta prueba permite comparar si la distribución de los datos analizados sigue una distribución normal, el método nos permite identificar que procedimiento estadístico (paramétricos o no paramétricos) es el adecuado para el análisis de los datos. El no cumplimiento del supuesto de la normalidad de los datos afecta a los test de hipótesis paramétricos y a los modelos de regresión, siendo su principal consecuencia (Flores & Flores, 2021).

Para aceptar o rechazar una hipótesis se debe cumplir que el “p” valor sea mayor a 0.05, caso contrario se aceptará la hipótesis alterna Hipótesis nula H_0: Todos los datos analizados tienen una distribución normal. Para esta prueba las hipótesis planteadas son las siguientes:

Hipótesis nula H_0: Todos los datos analizados tienen una distribución normal.

Hipótesis alterna H_1: Al menos uno de los datos no tiene una distribución normal.

Tabla 4

Prueba de normalidad para presencia de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)

		Shapiro-Wilk		
	TRATAMIENTOS	Estadístico	Gl	Sig.
Hidrocarburos Totales de Petróleo	T1	0.783	3	0.075
	T2	1.000	3	0.967
	T3	0.957	3	0.600
	T4	0.993	3	0.843
	T5	0.923	3	0.463
	T6	0.876	3	0.313
	T7	0.955	3	0.593
	T8	0.940	3	0.526

En la tabla se muestra la prueba realizada para la variable concentración de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP), todos los datos analizados tienen un “p” valor mayor a 0.05, por lo que aceptamos la hipótesis nula H0, la cual nos dice que la distribución de todos los datos presentados tiene una distribución normal.

Esta variable es muy importante en el estudio ya que nos permitirá conocer cuál de los tratamientos fue el más efectivo durante el proceso de descontaminación de los suelos.

Tabla 5

Prueba de Normalidad para porcentaje de Materia Orgánica.

	TRATAMIENTOS	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.
MATERIA ORGANICA	T1	1,000	3	1.000
	T2	1.000	3	1.000
	T3	0.923	3	0.463
	T4	0.750	3	0.000
	T5	0.750	3	0.000
	T6	0.750	3	0.000
	T7	0.964	3	0.637
	T8	1.000	3	1.000

En la tabla podemos observar que en los tratamientos 4, 5 y 6 el “p” valor o nivel de significancia en menos a 0.05, mientras que en los demás tratamientos el “p” valor es mayor, sin embargo, aceptamos la hipótesis alterna H1, ya que no todos los tratamientos cumplen con los supuestos de normalidad.

Tabla 6

Prueba de Normalidad para Toxicidad de Suelo con Bioindicador semillas de Tomate

	TRATAMIENTOS	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.
TOXICIDAD TOMATE	T1	0.750	3	0.000
	T2	0.750	3	0.000
	T3	0.750	3	0.000
	T4	1.000	3	1.000
	T5	1.000	3	1.000
	T6	0.750	3	0.000
	T7	0.750	3	0.000
	T8	0.750	3	0.000

Para la variable Toxicidad del suelo con el bioindicador semillas de tomate; **aceptamos la hipótesis alterna H_1**, la cual nos dice que la distribución de todos los datos no es normal, ya que todos los datos presentados no tienen un “p” valor mayor a 0.05, solo los tratamientos 4 y 5 presentan valores mayores al “p” valor.

Tabla 7
Prueba de Normalidad para Toxicidad del suelo con el bioindicador semillas de Rábano

		Shapiro-Wilk		
	TRATAMIENTOS	Estadístico	Gl	Sig.
TOXICIDAD RABANO	T1	0.750	3	0.000
	T2	0.750	3	0.000
	T3	0.750	3	0.000
	T4	1.000	3	1.000
	T5	1. 000	3	1.000
	T6	0.750	3	0.000
	T7	0.750	3	0.000
	T8	0.750	3	0.000

Como se muestra en la tabla 7 la prueba realizada para la variable Toxicidad del suelo con el bioindicador semillas de Rábano; **aceptamos la hipótesis alterna H_1**, la cual nos dice que la distribución de todos los datos no es normal, ya que todos los datos presentados no tienen un “p” valor mayor a 0.05, y al igual que para las semillas de tomate, solo los tratamientos 4 y 5 presentan valores mayores al “p” valor.

Tabla 8

Prueba de Normalidad para concentración de pH

	TRATAMIENTOS	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.
pH	T1	0.818	3	0.157
	T2	0.750	3	0.000
	T3	0.797	3	0.107
	T4	0.750	3	0.000
	T5	0.923	3	0.463
	T6	0.993	3	0.843
	T7	0.987	3	0.780
	T8	1.000	3	1.000

En la tabla 8 **aceptamos la Hipótesis alterna H_1**, debido a que no todos los tratamientos tienen un nivel se significancia mayor a 0.05.

4.3. *Prueba de Homocedasticidad Para Las Variables De Estudio.*

Para las pruebas de Homocedasticidad de los datos se analizó con el método de Levene para todas las variables de estudio, para aceptar o rechazar una hipótesis se debe cumplir que la significancia sea mayor a 0.05, caso contrario se aceptara la hipótesis alterna, para esta prueba las hipótesis planteadas son las siguientes:

Hipótesis nula H_0: Todas las varianzas de los datos analizados son homogéneas.

Hipótesis alterna H_1: Al menos una de las varianzas de los datos no es homogénea.

Tabla 9

Prueba de homogeneidad de varianzas para variables de estudio

Variables	Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
Hidrocarburos Totales De Petróleo	8.584	7	16	0.000
Materia Orgánica	0.994	7	16	0.470
Toxicidad Tomate	0.677	7	16	0.689
Toxicidad Rábano	0.677	7	16	0.689
pH	5.259	7	16	0.003

Como se puede observar en la tabla 9, la variable pH y concentración de hidrocarburos totales de Petróleo, no cumplen con el supuesto de homogeneidad de las varianzas, por lo que para estas variables se **acepta la hipótesis Alterna** la que nos dice que lo datos no son homogéneos puesto que el “p” valor es menor a 0.05, mientras que para las demás variables se **acepta la hipótesis nula,** puesto que sus grados de significancia son mayores a el “p” valor.

4.4. Resultado de Análisis Paramétrico de los Datos

Luego de realizadas las pruebas para determinar el tipo de prueba estadística a usar (paramétrica o no paramétrica) en esta investigación, podemos afirmar que el estadístico a emplear es de tipo no paramétrico ya que al realizar la pruebas no se cumplen con dos de los tres criterios que se tuvieron en cuenta para la elección de la prueba estadística los cuales son los siguientes:

- Que la distribución de los datos sea normal.
- Uniformidad de la Varianza.
- Independencia de los datos.

4.4.1. Determinación de la Prueba Kruskal Wallis para variables de estudio.

El test de Kruskal-Wallis, también conocido como test H, es el análogo no paramétrico del test ANOVA de una vía, detecta las diferencias en la localización de las distribuciones, nos permite probar si un grupo de datos mayores a tres muestras proviene de la misma población (IBM Corporation, 2021) (Amat, 2016).

Para esta prueba las hipótesis planteadas para cada una de las variables de estudio fueron las siguientes:

Hipótesis Nula Ho: Todos los tratamientos tienen la misma efectividad

Hipótesis Alterna H1: Al menos dos tratamientos difieren entre sí.

Para aceptar o rechazar una de las hipótesis, el nivel de significancia establecido es de 0.05, si el nivel de significancia es mayor a 0.05, entonces aceptamos la hipótesis nula y caso contrario si es menor, aceptamos la hipótesis alterna o hipótesis del investigador.

Tabla 10

Prueba Kruskal Wallis

	Estadísticos De Prueba [a,b]				
	Hidrocarburos Totales De Petróleo	Materia Orgánica	Toxicidad Tomate	Toxicidad Rábano	pH
Chi-Cuadrado	22.680	21.967	22.523	22.479	22.004
Gl	7	7	7	7	7
Sig. Asintótica	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003

Nota: *a. Prueba De Kruskal Wallis; *b. Variable De Agrupación: Tratamientos

De la tabla 10, podemos concluir que por ser el valor de **p<0.05** podemos afirmar con un 95% de confianza de que al menos dos tratamientos son diferentes por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, quedándonos con **la hipótesis alterna** que nos dice que al menos dos de los tratamientos aplicados difieren entre sí.

4.5. Prueba Post Hoc

Para la prueba Post Hoc se empleó el estadístico de Tukey para diferenciar de manera más exacta donde se encuentran las diferencias entre los tratamientos aplicados.

Tabla 11

Prueba Tukey para variable Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)

Tratamientos	N	Media	Agrupación							
Tratamiento 1	3	29680.30	A							
Tratamiento 2	3	8978.47		B						
Tratamiento 3	3	8893.10			C					
Tratamiento 4	3	8799.77				D				
Tratamiento 5	3	8737.33					E			
Tratamiento 6	3	7604.27						F		
Tratamiento 7	3	6769.40							G	
Tratamiento 8	3	4331.20								H

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. Como se observa en la tabla 11, todos los tratamientos muestran una diferencia significativa, lo que comprueba que todos los tratamientos difieren entre sí.

Tabla 12

Prueba Tukey para variable Materia Orgánica del Suelo.

Tratamientos	N	Media	Agrupación			
Tratamiento 3	3	2.5067	A			
Tratamiento 5	3	2.47667	A			
Tratamiento 1	3	2.4700	A	B		
Tratamiento 6	3	2.44667	A	B		
Tratamiento 4	3	2.43667	A	B		
Tratamiento 2	3	2.40000		B	C	
Tratamiento 7	3	2.36667			C	
Tratamiento 8	3	2.0700				D

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. Como se observa en la tabla 12, el tratamiento 3 y 8 muestran una diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos.

Tabla 13

Prueba Tukey para variable Toxicidad del Suelo con Bioindicador Semillas de Tomate.

Tratamientos	N	Media	Agrupación			
Tratamiento 8	3	21.535	A			
Tratamiento 7	3	20.759	A			
Tratamiento 6	3	19.37	A			
Tratamiento 5	3	17.083		B		
Tratamiento 4	3	14.963		B		
Tratamiento 3	3	10.6667			C	
Tratamiento 2	3	9.444			C	
Tratamiento 1	3	5.685				D

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. Como se observa en la tabla 13, los tratamientos 8 y 1 muestran una diferencia significativa, con respecto a lo demás tratamientos.

Tabla 14

Prueba Tukey para variable Toxicidad del Suelo con Bioindicador Semillas de Rábano.

Tratamientos	N	Media	Agrupación				
Tratamiento 8	3	21.646	A				
Tratamiento 7	3	20.648	A				
Tratamiento 6	3	19.454	A				
Tratamiento 5	3	17.028	A	B			
Tratamiento 4	3	15.019		B	C		
Tratamiento 3	3	10.7500			C	D	
Tratamiento 2	3	9.444				D	
Tratamiento 1	3	5.870					E

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. Como se observa en la tabla 14, los tratamientos 8 y 1 muestran una diferencia significativa, con respecto a lo demás tratamientos.

Tabla 15

Prueba Tukey para variable pH

Tratamientos	N	Media	Agrupación	
Tratamiento 8	3	7.63102	A	
Tratamiento 7	3	7.6226	A	
Tratamiento 6	3	7.5618	A	
Tratamiento 5	3	7.3739	A	B
Tratamiento 4	3	7.3362		B
Tratamiento 3	3	7.2466		B
Tratamiento 2	3	7.22426		B
Tratamiento 1	3	7.0585		B

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. Como se observa en la tabla 15, los tratamientos muestran una diferencia significativa, con respecto a lo demás tratamientos.

4.6. Discusión De Los Resultados

En este trabajo, se evaluó la efectividad de la fusión de métodos de biorremediación de un consorcio microbiano y el método de landfarming en un suelo contaminado con diésel fresco, se evaluó la efectividad de los métodos por separado y fusionados entre sí.

Con respecto a la relación que tiene la fusión del método landfarming **y microorganismos eficientes en la degradación De Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) en el suelo tratado**, se observó que la degradación del contaminante se redujo entre un 89 y 25 % del total de la concentración inicial (40000 mg/Kg) tal como se observa en la tabla 20, los mayores porcentajes de degradación de contaminante se obtuvieron en los tratamientos donde se fusionaron los métodos de biorremediación, especialmente en los tratamientos **6** (L+80ml E.M.), **7** (L+160ml E.M.) y **8** (L+ 400 ml E.M.), la reducción del contaminante se debió a que al añadir nutrientes (trifosfato de potasio), oxigenar el suelo y añadir mayor cantidad del consorcio microbiano (*Rhodopseudomonas spp, Lactobacillus spp y Saccharomyces spp)* facilitó asi la degradación del contaminante (Guirado, *et al.,* 2021; Yaman, 2020), ya que las *Rhodopseudomonas spp,* toman el CO_2 que se libera durante el proceso de bioremediación y lo toma como fuente de carbono para obtener energia celular, por su lado las *Lactobacillus spp,* esterilizan y suprimen la aparición de microorganismos dañinos y las *Saccharomyces spp,* sintetizan sustancias antimicrobiales (Loroña, *et al.,* 2018), así mismo este consorcio facilita la proliferación de microrganismos autóctonos capaces de degradar naturalmente los hidrocarburos y suprimiendo la aparición de los microrganismos dañinos, facilitando a los microorganismos a transformar y metabolizar aerobicamente los contaminantes para poder tomar el carbono como fuente de energia y/o alimento, disnimuyendo asi la cantidad del contaminante (Chukwunonso, *et al.,* 2022; Sang, *et al.,* 2022 y Brown, *et al.,* 2017).

Estadisticante según se observa en la tabla 10 y 15 el nivel de significancia fue menor al “p” valor de 0,05, por lo cual aceptamos la hipotesis alterna o del investigador que nos indica que todos los tratamientos son diferentes.

En lo que respecta con la relación de la fusión de los métodos landfarming y microorganismos eficientes en el contenido de materia orgánica del suelo tratado, la materia orgánica del suelo puede influir directamente en la biodisponibilidad de los contaminantes, debido a la adsorción de los compuestos de

petróleo, afectando así el proceso de biorremediación (Chen, *et al.,* 2020), en este estudio se observó que la materia orgánica del suelo aumento de 1.75 g/100g a 2.97 g/100g al contaminarse con el diésel, luego de aplicados los tratamientos se observó una reducción de entre 16.8% y 23.6%, tal como se observa en la tabla 18, mostrando mejores resultados los tratamientos donde se fusionaron los métodos de biorremediación, esto debido a que cuando el consorcio microbiano entran en contacto con la materia orgánica secretan substancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales y sustancias antioxidantes (Loroña, *et al.,* 2018), a medida que el contaminante se va degradando, el porcentaje de materia orgánica también disminuye, es decir está condicionado a la concentración del contaminante (Hernández *et al.,* 2022; Machuca, 2021; Pimentel, 2021).

Estadísticamente se evidencia que existe una diferencia significativa entre los **tratamientos** donde se realizó las pruebas de materia orgánica, siendo que el nivel de significancia fue menor al “p” valor de 0.05, aceptando así que el contenido de materia orgánica es diferente en cada tratamiento, mostrando que existe una diferencia de resultados entre los tratamientos 1 y 8, tal como se muestra en la tabla 13 donde se evidencia la diferencia que existe entre cada tratamiento aplicado.

En r**elació**n **a la fusión métodos landfarming y microorganismos eficientes en el nivel de toxicidad del suelo contaminado por diésel**, nos muestran que las altas dosis o concentración de un hidrocarburos limitan y alteran la germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas, siendo la toxicidad un factor determinate (Sunita *et al.,* 2020; Maimona *et al.,* 2021) la contaminanción del suelo por hidrocarburos conduce a efectos adversos sobre el crecimiento de las plantas, asi mismo el porcentaje de germinación de las semillas expuestas al contaminante (hidrocarburos) es menor debido al impacto acumulativo de la toxicidad del contaminate y la inadecuada aireación debido al bloqueo de los poros del suelo por la presencia del contaminate (Hernández *et al.,* 2022; Eze *et al.,* 2021), en la tabla 11 se observó que los tratamientos 6,7 y 8 , mostraron mayor eficiencia durante las pruebas realizadas, esto debido a que al fusionar los metodos, se generan las condiciones optimas para que el consorcio microbiano pueda sintetizar aminoacidos, acidos nucelicos y azucares, los cuales promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas (Loroña, *et al.,*2018)

Podemos concluir estadisticamente según como se muestra en la tabla 10 donde se evidencia que existe un diferencia significativa entre los tratamientos donde

se realizo las pruebas de materia organica, siendo que el nivel de significancia fue menor al “p” valor de 0.05,aceptando asi que el porcentaje de semillas empleadas como bioindicarores son diferentes en cada tratamiento, mostrando que si existe una diferencia de resultados, tal como se muetra en la tabla 11 y 12 donde se evidencia la diferencia que existe entre cada tratamiento aplicado, temiendo mejores resultados en el tratamiento 8.

En lo que respecta a la relación de la fusión de los métodos landfarming y microorganismos eficientes en el pH del suelo tratado, los valores de pH alcanzados durante el proceso de biorremediación, se mantuvo en un rango de 6 y 7, desde el inicio hasta el final del experimento, en el presente estudio se observó que donde se fusionaron los métodos, el pH se mantuvo en 7.63 en promedio, lo cual facilita el desarrollo de la microbiota del suelo (Hernandez, 2022; Callupe, 2020), el pH fue superior donde se fusionan los metodos, aún despues de haber pasado 240 dias de aplicado los tratamientos, el pH se mantuvo constante, esto debido a que al agregar el consorcio microbiano se facilitó el crecimiento bacteriano benéfico para la degradación del contaminante, (Loroña, *et al.,* 2018)

Estos resultados guardan relación y concuerdan con Maimona *et al.,* (2021) y Okonofua, *et al.,* (2021) quienes expresan que se debe mantener los rangos optimos para que se logre una correcta bioremediación, lo cual esta en concordancia con lo evidenciado en el presente informe.

Con lo que podemos concluir estadisticamente que existe una diferencia significativa entre tratamientos, lo cual se muestra en la tabla 10, donde el “p” valor es de 0,003, con lo que se concluye que, si existen diferencias entre los tratamientos, así mismo en la tabla 14 se observa que todos los tratamientos difieren entre sí.

CAPITULO V: CONCLUSIONES

- **En concordancia con el objetivo general:**

La fusión de los métodos de landfarming y microorganismos eficientes en el tratamiento de suelos contaminados con diésel es eficiente, observándose que se logró una disminución del 89% del contaminante.

Se evaluó el nivel de efectividad de la fusión del método landfarming y microorganismos eficientes en el tratamiento de suelos contaminados por diésel, los resultados de los datos analizados nos muestran que los tratamientos siete (T7) y ocho (T8) donde se realizó la fusión de métodos son los que mayor porcentaje de contaminante lograron degradar, con lo que podemos concluir que la fusión de los métodos si es efectiva para la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos tipo diésel.

- **En concordancia con los objetivos específicos:**

Durante las evaluaciones realizadas se observó que el tratamiento donde se fusionaron los métodos en el tratamiento ocho específicamente (T8) el porcentaje de reducción de hidrocarburos totales de petróleo fue del 89% del total del contaminante (diésel), con lo que podemos concluir que resulta ser el tratamiento más eficiente.

En cuanto a la materia orgánica presente en el suelo evaluado se muestra que el contenido de materia orgánica antes de la contaminación es de 1.75 g/100g de suelo y el contenido de materia orgánica presente en un suelo contaminado con los 40000 mg/Kg de diésel es de 2.97 g/100g con lo que podemos concluir que a mayor concentración de hidrocarburos mayor la concentración de materia orgánica, luego

de las 30 semanas de aplicadas los tratamientos en el tratamiento ocho (T8) se muestra una reducción del 23% de la materia orgánica, regresando a condiciones similares a las del suelo sin contaminación.

En la evaluación de la toxicidad se observa que para ambas especies de las semillas empleadas como bioindicadores, en los tratamiento siete (T7) y ocho (T8) son las que muestran mayor porcentaje de germinación en el octavo mes de aplicado el tratamiento, sin embargo, no se observa un crecimiento radicular importante, por lo que podemos concluir que el grado de toxicidad se reduce y se están dentro de los máximos permitidos por la ley para el uso de suelos tipo comercial o industrial, pero aún presentan un grado de toxicidad alto para lograr el crecimiento de las plantas.

En cuanto al pH, se observa que en los tratamientos siete (T7) y ocho (T8), su comportamiento tiende a mantenerse en un pH ligeramente alcalino, debido a la degradación de la mayor parte del contaminante.

CAPITULO VI: RECOMENDACIONES

- Para obtener resultados más óptimos se recomienda el uso de mayores dosis de microorganismos para una degradación más rápida ya que estos emplean como fuente de energía el carbono presente en el suelo contaminado con los hidrocarburos.

- Exponer los macroorganismos eficientes a diferentes tipos de temperaturas, para conocer la factibilidad de degradación en diferentes climas.

- Realizar un análisis físico-químico completo del suelo antes de iniciar cualquier tratamiento, con el fin de tener una línea base más confiable con la que se pueda realizar las comparaciones de los resultados obtenidos.

- Realizar la adición de nutrientes por lo menos de dos a tres veces durante la ejecución del experimento para mejorar el método de landfarming.

- Realizar un estudio de la cantidad de la población microbiana nativa en el suelo o sedimento a estudiar, para decidir de manera más precisa la dosificación de estos microrganismos eficientes.

CAPITULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdollahinejad, B., Hasan, P., Ahmad, J. J., Esrafili, A., & Mahdi, F. (2020). Bioremediation of diesel and gasoline-contaminated soil by co-vermicomposting amended with activated sludge: Diesel and gasoline degradation and kinetics. *Environmental Pollution, 263*. doi:https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114584

Amat, R. J. (2016). *Ciencia de Datos*, 4.0. Acesso em 2022, disponível em https://www.cienciadedatos.net/documentos/20_kruskal-wallis_test

Ambaye, T. G., Alif, C., Formicola, F., Shiv, P., Hernan, G. F., Franzetti, A., & Mentore, V. (2022). Remediation of soil polluted with petroleum hydrocarbons and its reuse for agriculture: Recent progress, challenges, and perspectives,. *Chemosphere, 293*.

Ambaye, T., Chebbi, A., Formicola, F., Prasad, S., Gomez, F. H., Franzetti, A., & Vaccari, M. (2022). Remediation of soil polluted with petroleum hydrocarbons and its reuse for agriculture: Recent progress, challenges, and perspectives. *Chemosphere, 293*. doi:https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133572.

Anders, R. J., Uffe, S. B., Peter, H., Linus, M. M., & Jan, H. C. (2021). Full-scale bioremediation of diesel-polluted soil in an Arctic landfarm,. *Environmental Pollution,, 280*. doi:https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116946.

Arboleda, J. V., & Bravo, B. V. (2008). Biorremediacion del suelo contaminado con hidrocarburos de la Central Hidroelectrica del campamento Secoya mediante Landfarming. *Tesis de pregrado.*, 117. Riobamba, Ecuador.

Arellano, A. (20 de enero de 2022). *Mongabay*. Fonte: Periodismo Ambiental Independiente en Latinoamerica: https://es.mongabay.com/2022/01/huellas-del-petroleo-los-derrames-que-afectan-a-latinoamerica/

Ariza, C. P., & Mejia, C. S. (2017). Optimizacion del proceso de Landfarming para mejorar la funcionalidad del tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos mediante la adiccion de materia orgánica. *Scientific International Journal, 14*(3), 11. Fonte: http://www.nperci.org/C.%20Ariza%20&%20S.%20Mej%C3%ADa-Optimizaci%C3%B3n%20del%20proceso%20de%20landfarming-V14N3.pdf/

Bazan, T. R. (2017). *Manual de procedimientos de los analisis de suelo y agua con fines de riego.* Lima-Perú.

BID, B. I. (2009). Manual Práctico de uso de EM.

Brevik, E. C., Slaughter, L., Singh, B. R., Steffan, J. J., Collier, D., Barnhart, P., & Pereira, P. (22 de junio de 2020). Soil and Human Health: Current Status and Future Needs. *Sage, Journals*. doi:https://doi.org/10.1177/1178622120934441

Brown, D. M., Samson, O., Juami, v. G., Rob, v. S., Matthijs, B., Tony, H., . . . Jonathan, W. S. (2017). Comparison of landfarming amendments to improve bioremediation of petroleum hydrocarbons in Niger Delta soils;. *Science of The Total Environment;, 596–597*, 284-292. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.072.

Buendía, R. H. (2012). *Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos mediane compost de aserrín y estiércoles.* Tesis, Perú - Lima.

Callupe, V. N. (2020). *Viabilidad de un Método Toxicológico a partir de la Germinación del Rábano (Raphanus sativus L.) para Determinar Toxicidad de Suelos Contaminados por Hidrocarburos en Laboratorio.* Tesis, Tingo María. Fonte: http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1833

Canasa, C. A. (2010). *Remediacion de suelos contaminados en operaciones de perforacion y manejo del petroleo crudo en la selva peruana.* Tesis, Universidad Nacional de Ingenieria, Lima. Acesso em diciembre de 2019

Cando, R. M. (Septiembre de 2011). *Determinacion y analisis de un proceso de biorremediacion de suelos contaminados por hidrocarburos.* Tesis, Cuenca.

Castillo, R. P. (2009). *Aplicacion de la técnica de landfarming para la remediacion de suelos contaminados con hidrocarburos.* Tesis, Universidad de Piura, Piura. Fonte: https://hdl.handle.net/11042/3113

Chang, Y.-C., Peng, Y.-P., Chen, K.-F., Chen, T.-Y., & Tang, C.-T. (2022). The effect of different in situ chemical oxidation (ISCO) technologies on the survival of indigenous microbes and the remediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soil,. *Process Safety and Environmental Protection,*, 105-115. doi:https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.05.019.

Chang, Y.-C., Yen-Ping, P., Ku-Fan, C., Ting-Yu, C., & Chen-Ting, T. (2022,). The effect of different in situ chemical oxidation (ISCO) technologies on the survival of indigenous microbes and the remediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soil,. *Process Safety and Environmental Protection,, 163*. doi:https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.05.019.

Chen, Y. A., Grace, L. P.-W., Whang, L.-M., Wu, Y.-J., & Cheng, S.-S. (2020). Effect of soil organic matter on petroleum hydrocarbon degradation in diesel/fuel oil-contaminated soil. *Journal of Bioscience and Bioengineering, 129*, 603-612. doi:https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2019.12.001.

Chioma, B. C., Chinedu, C. O., & Blaise, O. C. (2020). Biodegradation of artisanally refined diesel and the influence of organic wastes on oil-polluted soil remediation,. *Scientific African,, 8*. doi:https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00385.

Chukwunonso, O. I., Ahmed, A., Hassan, A., & Shahul, H. F. (2020). Remediation of soil and water contaminated with petroleum hydrocarbon: A review,. *Environmental Technology & Innovation,, 17*. doi:https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100526.

Chukwunonso, Ossai Innocent ; Fauziah, Shahul Hamid ; Auwalu, Hassan. (2022). Micronised keratinous wastes as co-substrates and source of nutrients and microorganisms for trichoremediation of petroleum hydrocarbon polluted soil. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 43*. doi:https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102346

Congreso de la República del Perú. (2005, 13 de octubre). *Ley General del Medio Ambiente, Ley N° 28611.* Diario Oficial El Peruano. Fonte: https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC081742/

Dhiraj, K. C., Rishikesh, B., Seung-Woo, J., & Jaisoo, K. (2021). Insights into the biodegradation of diesel oil and changes in bacterial communities in diesel-contaminated soil as a consequence of various soil amendments. *Chemosphere,, 285*. doi:https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131416.

Dias, R. L. (2011). *Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos en clima frío y templado.* Tesis Doctoral, Universidad nacional de la Plata, Departamento de Ciencias Biológicas, Argentina.

Effendi, J. A., Bimastyaji, S. R., & Qomaruddin, H. (2022). Enhanced remediation of hydrocarbons contaminated soil using electrokinetic soil flushing – Landfarming processes;. *Bioresource Technology Reports;, 17*. Fonte: https://doi.org/10.1016/j.biteb.2022.100959.

Escalante, G. R. (2002). *Biodegradacion de crudo de petroleo en Terrarios.* Tesis de Maestria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima - Perú. doi:https://hdl.handle.net/20.500.12672/2578

Eze, M. O., George, S. C., & Hose, G. C. (2021). Dose-response analysis of diesel fuel phytotoxicity on selected plant species,. *Chemosphere, 263*. doi:https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128382.

Garcia, E., Roldán, f., & Garzon, L. (2011). Evaluación de la Bioestimulación (nutrientes) en los Suelos Contaminados con Hidrocarburos Utilizando Respirometría. *Redalyc.org, 16*(1). Fonte: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319027887015

Garzón, J. M., Rodríguez, M. J., & Hernández, G. C. (2017). Aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación y su relacióncon el desarrollo sostenible. *Scielo*. doi:DOI: http://dx.doi.org/10.22267/rus.171902.93

Guarino, C., Spada, V., & Sciarrillo, R. (Diciembre de 2016). Assessment of three approaches of bioremediation (Natural. *Chemosphere*, 7. doi:https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.165

Guarino, C., Spada, V., & Sciarrillo, R. (marzo de 2017). Assessment of three approaches of bioremediation (Natural Attenuation, Landfarming and Bioagumentation – Assistited Landfarming) for a petroleum hydrocarbons contaminated soil. *Chemosphere- , 170*. doi:https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.165

Guirado, M., Garrido, S. D., Pindado, Ó., Rodriguez, R. M., Merino, M. L., Sierra, M. J., . . . Rocío, M. (2021). Effectiveness of biochar application and bioaugmentation techniques for the remediation of freshly and aged diesel-polluted soils. *International Biodeterioration & Biodegradation, 163*(105259). doi:https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2021.105259

Gutiérrez, P. H., & De la Vara, S. R. (2012). *Análisis y Diseño de Experimentos* (Tercera Edición ed.). Mexico: McGrawHill.

Hermoza, G. M., Medina, C. O., Manrique, P. p., Barazorda, H. L., & Almiron, B. J. (2019). Análisis de la capacidad degradativa de diésel efectuada por microrganismos acidófilos y su aplicacion individual y en consorcio en un sistema de biorremediación. *Véritas, 20*(2), 47-52. doi:https://doi.org/10.35286/veritas.

Hernández, R. C., Ojeda, Q. L., & Bernal, C. Y. (2022). Comportamiento del Maíz (zea mays l.) en un suelo contaminado con dosis crecientes de Hidrocarburos totales de petróleo (htp) resultante de un proceso de Biorre-mediación en Biopilas con una combinación de Texturizantes. *Revista Científica Agroecosistemas, 10*(2), 24-34.

IBM Corporation. (06 de 2021). *SPSS Statistics.* Fonte: http://www.ibm.com/

Jagaba, A. H., Kutty, S. R., Lawal, I. M., Aminu, N., Noor, A., Al-dhawi, B. N., . . . Yakubu, A. S. (2022). Diverse sustainable materials for the treatment of petroleum sludge and remediation of contaminated sites: A review. *Cleaner Waste Systems, 2*(100010). doi:https://doi.org/10.1016/j.clwas.2022.100010.

Jordán, L. A. (2006). Manual de Edafologia. 143. España. Fonte: http://files.infoagroconstanza.webnode.es/200000017-c2dccc3d62/edafologia%20del%20suelo.pdf

Kim, S. H., Woo, H., An, S., Chung, J., Lee, S., & Lee, S. (2022). What determines the efficacy of landfarming for petroleum-contaminated soils: Significance of contaminant characteristics;. *Chemosphere;, 290*. doi:https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133392.

Lahel, A., Belay, F. A., Sergienko, N., López, E. M., Behera, S. K., Rene, E. R., & Park, H.-S. (2016). Effect of process parameters on the bioremediation of diesel contaminated soil by mixed microbial consortia. *International Biodeterioration & Biodegradation, 113*. doi:https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.05.005

León, A., & Zuñiga, M. (2020). *La Sombra del Petróleo.* Perú: Oxfam America Inc. Fonte: https://oi-files-cng-prod.s3.amazonaws.com/peru.oxfam.org/s3fs-public/file_attachments/La-sombra-del-petroleo-esp.pdf

Lin, C.-W., Liu, S.-H., Wu, C.-F., & Chang, S.-H. (2021). Critical factors for enhancing the bioremediation of a toxic pollutant at high concentrations in groundwater: Toxicity

evaluation, degrader tolerance, and microbial community,. *Journal of Environmental Management, 277*. doi:https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111487.

Loroña, C. F., Gomez, L. W., Jaco, R. E., Reynaga, L. C., Guiño, S. M., Gamarra, T. J., . . . Moran, C. M. (2018). Eficiencia de la biorremediación de suelos contaminados con Diesel B5 mediantes Microorganismos Eficientes (EM). *Catedra Villarreal, 6*(2), 189-209. doi:http://dx.doi.org/10.24039/cv201862278

Machuca, M. E. (2021). *Tecnologias amigables con el ambiente para la recuperacion de suelo urbano contaminado por hidrocarburos en un taller mecánico.* Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.

Maimona, S., Noshin, I., Krish, J., Shagufta, G., Muhammad, A., Muhammad, S. A., . . . Kamel, H. (2021). Biostimulation potential of biochar for remediating the crude oil contaminated soil and plant growth. *Saudi Journal of Biological Sciences, 28*, 2667-2676. doi:https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.03.044.

Mayur, T., Hemen, S., Shraddha, D., Arpita, R., Prajakta, P., Kanupriya, G., . . . Ram, P. (2021). Understanding the holistic approach to plant-microbe remediation technologies for removing heavy metals and radionuclides from soil,. *Current Research in Biotechnology,, 3*, 84-98. doi:https://doi.org/10.1016/j.crbiot.2021.02.004

McKean, S. J. (1993). Manual de analisis de suelos y tejido vegetal. Fonte: https://www.academia.edu/36732120/BULLET_tl_at_BULLET

Meléndez, G., & Gabriela, S. (3-4 de marzo de 2003). *Taller de abonos organicos.* Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), Costa Rica. Fonte: Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA)

Ministerio del Ambiente del Perú. (2013, 24 de marzo). *ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA SUELO. D.S. N° 002 2013- MINAM Y D.S. N° 002-2014-MINAM.* Diario Oficial El Peruano. Fonte: https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/D-S-N-002-2013-MINAM.pdf

Ministerio del Ambiente del Perú MINAM. (2016). Glosario de Terminos Sitios Contaminados. Perú. Fonte: https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/2016-05-30-Conceptos-propuesta-Glosario.pdf

Mitacc, M. M. (1996). *Topicos de Estadistica Descriptiva y Probabilidad* (Primera Edicion ed.). (Thales, Ed.) Lima, Perú. Acesso em enero de 2022

Moliterni, M. E. (2015). *Birremediación acelerada de suelos contaminados con hidrocarburos tipo diésel.* Cuidad Real.

Nobili, S., Masin, C. E., Zalazar, C. S., & Lescano, M. R. (2022). Bioremediation of hydrocarbon contaminated soil using local organic materials and earthworms. *Environmental Pollution, 314*. doi:https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120169.

Ñustez, C. D. (2012). *Biorremediación para la degradación de hidrocarburos totales presentes en los sedimentos de una estacón de sercicio de combustible.* Tesis , Universidad tecnologica de Pereira, Colombia - Pereira.

Okonofua, E. S., Lasisi, K. H., & Atikpo, E. (05 de febrero de 2021). Factorial design study of total petroleum contaminated soil treatment using landfarming tecnique. *BioMedCenter BMC*. doi:https://doi.org/10.1186/s42834-021-00079-7

Otiniano, G. N. (2010). *Eficiencia de Pseudomonas sp, Rhodopseudomonas sp, Micrococcus sp y Bacillus sp empleados como cultivos individuales y en consorcio, en la degradación de petróleo diesel II.* Tesis de Doctorado, Trujullo - Perú. doi:https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/5915

Paniagua-López, M., Vela-Cano, M., Correa-Galeote, D., Martín-Peinado, F., Garzón, F. M., Pozo, C., . . . Aragón, M. S. (2021). Soil remediation approach and bacterial community structure in a long-term contaminated soil by a mining spill (Aznalcóllar, Spain),. *Science of The Total Environment,, 777*. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145128.

Pimentel, R. G. (2021). *Aplicación de Prácticas Sostenibles en Suelo Contaminado por Hidrocarburos en un Taller Mecánico.* Tesis, Huancayo. Fonte: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9783/4/IV_FIN_107_TE_Pimentel_Rojas_2021.pdf

Plaza, G., & Lopez, R. (2006). Estudio de la Influencia de la salinidad en la biorecuperacion de suelos contaminados con hidrocaruros. *10*, 5. Fonte: ASADES, Asociacion Argentina de Energias Renovables y Ambiente: https://asades.org.ar/sobre_asades/

Ponce, C. D. (2014). *Biorremediacion de suelos contaminados con hidrocarburos.* Tesis, Chile.

Poot, D. C., & Varela, V. (2022). Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga, para desarrollar competencias genéricas y profesionales. Em D. A. Cabriales, *Educacion en Mexico en la nueva normalidad* (pp. 106-123). Mexico: Asociación Normailista de Docentes Investigadores. Fonte: https://www.researchgate.net/publication/358711400_Ensayo_de_toxicidad_aguda_con_semillas_de_lechuga_para_desarrollar_competencias_genericas_y_profesionales

Pucci, G., Acuña, A., & Pucci, O. (2015). Biodegradación de hidrocarburos en fondos de tanques de la industria petrolera. *Revista peruana de Biologia, 22*(1). doi:https://doi.org/10.15381/rpb.v22i1.11126

Quispe, H. J. (2020). *Determinacion de los tiempos de la biodegradación del hidrocarburo diesel a diferentes concentraciones en biorreactores de polietileno con un inóculo de bacetrias nativas en suelo contaminado con hidrocarburos.* Tesis, Perú.

Rangel, V. A. (2020). *CAracterización de sitios contaminados por hidrocarburos en Perú.* Tesis de Maestria, Piura. Fonte: https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/2079/DCA-RAN-VEG-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Reina, S., Correa, M., & Freire, D. (24 de Abril de 2020). Toxicity produced by saline compounds in the process of germination of Lactuca sativa. *Revista Minerva de Investigación Científica*. doi:https://doi.org/10.47460/minerva.v1i1.1

Rodríguez, M. L. (2008). *Evaluación de dos sustratos en la técnica de Landfarming para el tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos.* Tesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.

Sang, H. K., Heesoo, W., Seongnam, A., Jaeshik, C., Seunghak, L., & Seungwoo, L. (2022). What determines the efficacy of landfarming for petroleum-contaminated soils: Significance of contaminant characteristics;. *Chemosphere;, 290*.

Shubhangi, P., Sagar, D., Sourish, B., & Anupama, S. (2022). *Microorganism: an ecofriendly tool for waste management and environmental safety,.* (P. S. Maulin, R.-

C. Susana, & T. K. Riti, Eds.) doi:https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85657-7.00001-8.

Sierra, P. Y. (27 de agosto de 2020). *Mongabay*. Acesso em enero de 2022, disponível em Periodismo Ambiental Independiente en Latinosmerica: https://es.mongabay.com/2020/08/informe-derrames-petroleo-amazonia-peruana/

Simanca, L. Y. (2012). *Evaluacion del desempeño de la biorremediacion en suelos contaminandos con hidrocarburos mediante el método de Landfarming en la Planta de Tratamiento del municipio de Aguachica-Colombia.* Tesis, Ocaña - Colombia. Fonte: http://repositorio.ufpso.edu.co/bitstream/123456789/1667/1/30048.pdf

Suarez, B. R. (2013). Guia de métodos de biorremediacion para la recuperacion de suelos contaminados por hidrocarburos. Bogotá, Colombia. Fonte: https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10607/TRABAJO%20FINAL%20cd.pdf?sequence=1

Sunita, V., Vivek, N. U., & Pandey, A. (2020). Bioremediation of oily sludge polluted soil employing a novel strain of Pseudomonas aeruginosa and phytotoxicity of petroleum hydrocarbons for seed germination,. *Science of The Total Environment,, 737*. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139766.

Tamaño, J., Salvador, J., Vasquez, A., & De La Cruz, R. (2015). *La industria de los hidrocarburos líquidos en el Perú:20 años de aporte al desarrollo del país.* Lima, Perú: OSINERMIN. Fonte: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Libro-industria-hidrocarburos-liquidos-Peru.pdf

Terán, M. P. (2020). *Evaluación de la capacidad hidrocarbonoclástica de un consorcio formulado con bacterias aisladas de canchas de tratamiento de tierra contaminada con petróleo.* Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Trujillo, T. M., & Ramírez, Q. J. (2012). Biorremediacion en suelos contaminados en Colombia. *Revista de Investigacion Agraria y Ambiental, 3*(2), 26. Acesso em Noviembre de 2020

Vargas, V. P. (2020). *Revision sistemática de la aplicación de microorganismos aerobios para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de*

petróleo y sus derivados. Tesis, Universidad Cesar Vallejo, Lima. Fonte: https://hdl.handle.net/20.500.12692/59911

Vazquez, L. D., Castelán, E. M., Rivera, C. M., Ortiz, C. A., & Izquierdo, R. F. (mayo de 2010). Crotalaria incanaL. y Leucocephala Lam.: Especies Indicadoras de Toxicidad por Hidrocarburos de Petroleo en el suelo. *Rev. Int. Contaminacion Ambiental.*, 183-189.

Vilca, R. G. (2020). *Mecanismos naturales de remediación de suelos contaminados por hidrocarburos.* Tesis , Universidad Cientifica del Sur, Lima.

Vizuete, G. R., Pascual, B. A., Taco, T. C., & Morales, P. M. (2020). Biorremediacion de suelos contaminados con hidrocarburos a base de bacterias utilizadas como bioproductos. *Revista Lasallista de Investigacion, 17*. doi:DOI: 10.22507/rli.v17n1a19

Yaman, C. (2020). Performance and Kinetics of Bioaugmentation, Biostimulation, and Natural Attenuation Processes for Bioremediation of Crude Oil-Contaminated Soils. *Processes, 8*(883). doi:https://doi.org/10.3390/pr8080883

Yongchao, G., Jianhua, D., Md, M. B., Hui, W., Suresh, S., Luchun, D., . . . Ravi, N. (2021). Metagenomics analysis identifies nitrogen metabolic pathway in bioremediation of diesel contaminated soil;. *Chemosphere;, 271*. doi:https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129566.

Zabaloy, M. C. (2021). Una sola salud: la salud del suelo y su vínculo con la salud humana,. *Revista Argentina de Microbiología*, 275-276. doi:https://doi.org/10.1016/j.ram.2021.11.001.

CAPITULO VIII: ANEXOS

Tabla 16

Porcentaje de semillas de Solanum lycopersicum germinadas

Tratamientos	N° de semillas germinadas (Solanum lycopersicum)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	promedios	%
T-0	46	45	43	46	46	45	45	44	45	45	
T1-1	0	2	4	4	4	5	7	10	15		
T1-2	0	3	4	5	5	6	8	11	16	6	12.63
T1-3	0	2	4	3	4	4	6	9	14		
T2-1	1	4	6	7	8	9	11	14	19		
T2-2	0	4	7	7	9	10	12	15	20	9	20.99
T2-3	0	5	5	9	10	12	14	17	22		
T3-1	0	0	1	8	11	15	17	20	25		
T3-2	0	2	3	8	11	14	16	19	24	11	23.70
T3-3	0	1	3	8	11	14	16	19	24		
T4-1	0	3	5	12	16	20	22	25	30		
T4-2	1	3	4	11	15	19	21	24	29	15	33.25
T4-3	0	2	4	13	18	23	25	28	33		
T5-1	0	4	7	13	18	22	24	27	32		
T5-2	1	6	8	15	20	24	26	29	34	17	37.96
T5-3	0	4	8	14	18	23	25	28	33		
T6-1	0	7	10	16	21	25	27	30	35		
T6-2	0	6	9	17	22	27	29	32	34	19	43.05
T6-3	0	6	10	17	22	27	29	32	35		
T7-1	1	8	12	19	24	29	31	34	36		
T7-2	1	7	11	18	23	28	30	33	35	21	46.13
T7-3	0	7	12	17	22	27	29	32	37		
T8-1	1	10	11	19	23	27	29	32	36		
T8-2	1	12	12	19	22	26	28	32	37	22	47.85
T8-3	2	10	12	20	25	30	32	35	40		

Tabla 17

Porcentaje de semillas de Raphanus sativus germinadas.

Tratamientos	N° de semillas germinadas (*Raphanus sativus*)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Promedios	%
T-0	46	44	43	46	46	45	44	44	45	45	100
T1-1	0	2	4	4	4	5	7	10	17		
T1-2	0	3	4	5	5	6	8	11	16	6	13.11
T1-3	0	2	3	3	4	4	6	9	18		
T2-1	1	4	6	7	8	9	11	14	19		
T2-2	0	4	7	7	9	10	12	15	20	9	21.09
T2-3	0	5	5	9	10	12	14	17	22		
T3-1	0	0	1	8	10	15	17	20	25		
T3-2	0	2	3	8	12	14	16	18	24	11	23.82
T3-3	0	1	4	8	11	14	16	19	26		
T4-1	0	3	5	12	16	20	22	25	29		
T4-2	1	3	4	11	15	19	21	24	32	15	33.42
T4-3	0	2	4	12	18	23	25	28	33		
T5-1	0	4	7	13	18	22	24	26	34		
T5-2	1	6	8	15	17	24	26	29	34	17	38.15
T5-3	0	4	8	14	18	23	25	28	33		
T6-1	0	7	10	16	21	25	27	30	35		
T6-2	0	6	9	17	22	27	29	33	34	19	43.44
T6-3	0	6	10	17	23	27	29	32	35		
T7-1	1	8	12	19	24	26	31	34	36		
T7-2	1	8	11	18	23	27	30	34	35	21	46.11
T7-3	0	7	12	17	22	26	29	32	37		
T8-1	1	10	11	18	23	27	29	32	36		
T8-2	1	12	12	19	22	26	28	33	37	22	48.34
T8-3	1	10	12	21	26	31	32	36	39		

Tabla 18

Porcentaje de Materia Orgánica según cada tratamiento.

MUESTRA DE INICIO	Testigo	Landfarming	M.O. 8ml	M.O. 16 ml	M.O. 40 ml	L+M.O 8ml	L+M.O. 16ml	L+M.O. 40 ml
	T 1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
REP 1	2.490	2.400	2.500	2.430	2.470	2.450	2.380	2.250
REP 2	2.470	2.410	2.490	2.450	2.480	2.450	2.350	2.290
REP 3	2.450	2.390	2.530	2.430	2.480	2.440	2.370	2.270
Porcentaje de Mat. Org.	16.84 %	19.19%	15.60%	17.96%	16.61%	17.62%	20.31%	23.57%

Tabla 19
Control de pH

	Tratamientos																						
Meses	T1-1	T1-2	T1-3	T2-1	T2-2	T2-3	T3-1	T3-2	T3-3	T4-1	T4-2	T4-3	T5-1	T5-2	T5-3	T6-1	T6-2	T6-3	T7-1	T7-2	T7-3	T8-1	T8-2	T8-3
Noviembre	6.84	6.85	6.87	6.96	6.93	6.96	7.19	7.18	7.14	7.15	7.21	7.21	7.19	7.25	7.21	7.49	7.51	7.49	7.55	7.56	7.55	7.57	7.59	7.58
Diciembre	6.92	6.89	6.91	7.06	7.02	7.06	7.25	7.24	7.17	7.17	7.21	7.22	7.20	7.26	7.21	7.50	7.52	7.52	7.57	7.58	7.56	7.59	7.60	7.59
Enero	6.99	6.94	6.94	7.17	7.11	7.17	7.31	7.31	7.21	7.19	7.22	7.22	7.22	7.26	7.22	7.51	7.53	7.55	7.59	7.61	7.57	7.61	7.61	7.60
Febrero	7.00	6.99	6.96	7.21	7.15	7.17	7.36	7.31	7.23	7.21	7.25	7.21	7.22	7.25	7.25	7.54	7.56	7.58	7.60	7.61	7.59	7.63	7.62	7.63
Marzo	7.14	7.03	7.01	7.37	7.29	7.38	7.42	7.44	7.28	7.22	7.22	7.23	7.24	7.28	7.23	7.53	7.56	7.60	7.62	7.66	7.60	7.64	7.64	7.62
Abril	7.22	7.07	7.05	7.47	7.38	7.48	7.48	7.50	7.31	7.24	7.22	7.24	7.25	7.28	7.23	7.53	7.57	7.63	7.64	7.68	7.61	7.66	7.65	7.62
Mayo	7.29	7.11	7.10	7.58	7.47	7.58	7.54	7.56	7.34	7.26	7.23	7.24	7.27	7.29	7.23	7.54	7.58	7.66	7.66	7.70	7.62	7.68	7.66	7.63
Junio	7.37	7.16	7.14	7.65	7.56	7.69	7.59	7.63	7.38	7.27	7.23	7.25	7.28	7.29	7.24	7.55	7.59	7.68	7.67	7.73	7.63	7.69	7.67	7.64
Julio	7.44	7.20	7.18	7.78	7.65	7.79	7.65	7.69	7.41	7.29	7.23	7.25	7.29	7.30	7.24	7.56	7.60	7.71	7.69	7.75	7.64	7.71	7.68	7.65
Promedio	7.13	7.03	7.02	7.36	7.28	7.36	7.42	7.43	7.27	7.22	7.22	7.23	7.24	7.27	7.23	7.53	7.56	7.60	7.62	7.65	7.60	7.64	7.63	7.62

Tabla 20
Porcentajes de disminución del Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)

MUESTRA INICIO	DE	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Tratamiento 5	Tratamiento 6	Tratamiento 7	Tratamiento 8
REP 1	40005.00	25.86%	77.56%	77.77%	78.00%	78.16%	81.00%	83.08%	89.17%
REP 2		25.78%	77.55%	77.78%	78.00%	78.16%	80.98%	83.08%	89.16%
REP 3		25.78%	77.56%	77.76%	78.00%	78.15%	81.00%	83.08%	89.20%
Promedio		25.81%	77.56%	77.77%	78.00%	78.16%	80.99%	83.08%	89.173%

Tabla 21

Estadística Descriptiva de la Variable Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)

	TRATAMIENTOS		Estadístico	Error estándar
Hidrocarburos totales de Petróleo	T1	Media	29680.2667	10.24131
		95% de intervalo de confianza para la media — Límite inferior	29636.2019	
		95% de intervalo de confianza para la media — Límite superior	29724.3315	
		Varianza	314.653	
		Desviación estándar	17.73847	
	T2	Media	8978.4667	0.95277
		95% de intervalo de confianza para la media — Límite inferior	8974.3672	
		95% de intervalo de confianza para la media — Límite superior	8982.5661	
		Varianza	2.723	
		Desviación estándar	1.65025	
	T3	Media	8893.1000	1.68226
		95% de intervalo de confianza para la media — Límite inferior	8885.8618	
		95% de intervalo de confianza para la media — Límite superior	8900.3382	
		Varianza	8.490	
		Desviación estándar	2.91376	
	T4	Media	8799.7667	0.20276
		95% de intervalo de confianza para la media — Límite inferior	8798.8943	
		95% de intervalo de confianza para la media — Límite superior	8800.6391	
		Varianza	0.123	
		Desviación estándar	0.35119	
	T5	Media	8737.3333	1.32204
		95% de intervalo de confianza para la media — Límite inferior	8731.6451	
		95% de intervalo de confianza para la media — Límite superior	8743.0216	
		Mediana	8736.6000	
		Varianza	5.243	
		Desviación estándar	2.28983	
	T6	Media	7604.2667	3.36171
		95% de intervalo de confianza para la media — Límite inferior	7589.8024	
		95% de intervalo de confianza para la media — Límite superior	7618.7309	
		Varianza	33.903	
		Desviación estándar	5.82266	
	T7	Media	6769.4000	0.47258
		95% de intervalo de confianza para la media — Límite inferior	6767.3666	
		95% de intervalo de confianza para la media — Límite superior	6771.4334	
		Varianza	0.670	
		Desviación estándar	0.81854	
	T8	Media	4331.2000	4.88399
		95% de intervalo de confianza para la media — Límite inferior	4310.1859	
		95% de intervalo de confianza para la media — Límite superior	4352.2141	
		Varianza	71.560	
		Desviación estándar	8.45931	

***Nota**: Al realizar una descripción estadística de los datos de concentración de hidrocarburos totales de petróleo para los tratamientos aplicados, se encontró diferencias entre las medias, entre los limites superiores e inferiores de los intervalos de confianza.*

ANEXO A: Resultados de Laboratorio

CERPER

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LE 003

INACAL
DA - Perú
Acreditado
Registro N° LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-01852/21

Solicitante	:	AGREDA MONTALICO, EVELYN AIME
Domicilio legal	:	URB. LUIS VALCÁRCEL MZ 15 LOTE 5 ILO – MOQUEGUA
Producto declarado	:	SUELO
Lugar de Muestreo	:	ILO
Fecha de Muestreo	:	2021-07-13
Cantidad de Muestras para el Ensayo	:	8.6 Kilogramos
		Muestra proporcionada por el solicitante
Forma de Presentación	:	Pote
Identificación de la muestra	:	Según se indica
Fecha de recepción	:	2021-07-14
Fecha de inicio del ensayo	:	2021-07-14
Fecha de término del ensayo	:	2021-07-23
Ensayo realizado en	:	Laboratorio Ambiental Suelos Callao
Identificado con	:	HS 21005674 (EXMA-08427-2021)
Validez del documento	:	Este documento es válido solo para la muestra descrita

Proyecto: "EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA FUSIÓN DE MÉTODOS DE LANDFARMING Y MICROORGANISMOS EFICIENTES PARA LA REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON DIÉSEL EN LA PROVINCIA DE ILO 2021"

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
T-0	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T1-1	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T1-2	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T1-3	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T2-1	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T2-2	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T2-3	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T3-1	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T3-2	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T3-3	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T4-1	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T4-2	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T4-3	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T5-1	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T5-2	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T5-3	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T6-1	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T6-2	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T6-3	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T7-1	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T7-2	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T7-3	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T8-1	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T8-2	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------
T8-3	17°38'05"	71°18'09"	-------	-------

LABORATORIO V°B° CERPER

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 3199000

info@cerper.com – www.cerper.com

INFORME DE ENSAYO N° 2-01852/21

RESULTADOS

		Estación de Muestreo	T0	T0-1	T1-1	T1-2
		Fecha y Hora de Muestreo	13/07/2021 09:00	13/07/2021 09:01	13/07/2021 09:02	13/07/2021 09:03
		Tipo de Muestra	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Materia Orgánica (Callao)						
Materia Orgánica	0.01	g/100g	1.75	2.97	2.49	2.47

		Estación de Muestreo	T1-3	T2-1	T2-2	T2-3
		Fecha y Hora de Muestreo	13/07/2021 09:04	13/07/2021 09:05	13/07/2021 09:06	13/07/2021 09:07
		Tipo de Muestra	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Materia Orgánica (Callao)						
Materia Orgánica	0.01	g/100g	2.45	2.40	2.41	2.39

		Estación de Muestreo	T3-1	T3-2	T3-3	T4-1
		Fecha y Hora de Muestreo	13/07/2021 09:08	13/07/2021 09:09	13/07/2021 09:10	13/07/2021 09:11
		Tipo de Muestra	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Materia Orgánica (Callao)						
Materia Orgánica	0.01	g/100g	2.58	2.49	2.53	2.43

		Estación de Muestreo	T4-2	T4-3	T5-1	T5-2
		Fecha y Hora de Muestreo	13/07/2021 09:12	13/07/2021 09:13	13/07/2021 09:14	13/07/2021 09:15
		Tipo de Muestra	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Materia Orgánica (Callao)						
Materia Orgánica	0.01	g/100g	2.45	2.43	2.47	2.48

LABORATORIO V°B° CERPER

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

INFORME DE ENSAYO N° 2-01852/21

Estación de Muestreo			T5-3	T6-1	T6-2	T6-3
Fecha y Hora de Muestreo			13/07/2021 09:16	13/07/2021 09:17	13/07/2021 09:18	13/07/2021 09:19
Tipo de Muestra			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Materia Orgánica (Callao)						
Materia Orgánica	0.01	g/100g	2.48	2.45	2.45	2.44

Estación de Muestreo			T7-1	T7-2	T7-3	T8-1
Fecha y Hora de Muestreo			13/07/2021 09:20	13/07/2021 09:21	13/07/2021 09:22	13/07/2021 09:23
Tipo de Muestra			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Materia Orgánica (Callao)						
Materia Orgánica	0.01	g/100g	2.38	2.35	2.37	2.25

Estación de Muestreo			T8-2	T8-3
Fecha y Hora de Muestreo			13/07/2021 09:24	13/07/2021 09:25
Tipo de Muestra			Suelo	Suelo
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados
Materia Orgánica (Callao)				
Materia Orgánica	0.01	g/100g	2.29	2.27

LABORATORIO V°B° CERPER

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

INFORME DE ENSAYO N° 2-01852/21

MÉTODOS

Materia Orgánica: Gobierno de Chile. Protocolo de Métodos de Análisis para Suelos y Lodos. Universidad de Concepción. Elaborado con la participación de la Comisión de Normalización y Acreditación de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo por encargo del Servicio Agrícola y Ganadero. Método 6.1. 2007. Materia Orgánica. Calcinación a 550°C (lodos y suelos) (VALIDADO).

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 27 de julio de 2021

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

Lic. Eddie Mendoza Mamani
C.Q.P. N° 776
JEFE DE LABORATORIO AREQUIPA

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LE 003

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-01911/21

Solicitante	:	AGREDA MONTALICO, EVELYN AIME
Domicilio legal	:	URB. LUIS VALCÁRCEL MZ 15 LOTE 5 ILO – MOQUEGUA
Producto declarado	:	SUELO
Lugar de Muestreo	:	ILO
Fecha de Muestreo	:	2021-07-08
Cantidad de Muestras para el Ensayo	:	12.5 Kilogramos
		Muestra proporcionada por el solicitante
Forma de Presentación	:	Frascos de vidrio, cerrados, refrigerados y preservados
Identificación de la muestra	:	Según se indica
Fecha de recepción	:	2021-07-12
Fecha de inicio del ensayo	:	2021-07-12
Fecha de término del ensayo	:	2021-07-31
Ensayo realizado en	:	Laboratorio Cromatografía Callao
Identificado con	:	HS 21005553 (EXMA-07830-2021)
Validez del documento	:	Este documento es válido solo para la muestra descrita

Proyecto: "EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA FUSIÓN DE MÉTODOS DE LANDFARMING Y MICROORGANISMOS EFICIENTES PARA LA REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON DIÉSEL EN LA PROVINCIA DE ILO 2021"

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
T-0	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T1-1	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T1-2	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T1-3	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T2-1	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T2-2	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T2-3	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T3-1	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T3-2	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T3-3	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T4-1	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T4-2	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T4-3	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T5-1	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T5-2	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T5-3	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T6-1	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T6-2	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T6-3	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T7-1	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T7-2	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T7-3	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T8-1	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T8-2	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------
T8-3	17°38'05"	71°18'09"	----------	----------

LABORATORIO V°B° CERPER

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

INFORME DE ENSAYO N° 2-01911/21

RESULTADOS

Estación de Muestreo			T0	T1-1	T1-2	T1-3
Fecha y Hora de Muestreo			08/07/2021 15:50	08/07/2021 15:54	08/07/2021 15:56	08/07/2021 15:58
Tipo de Muestra			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Parámetro	**Límite de Cuantificación**	**Unidad**	**Resultados**	**Resultados**	**Resultados**	**Resultados**
Hidrocarburos Totales de Petroleo (Callao)						
Hidrocarburos Totales de Petrleo (C10-C40)	190.664	mg/Kg	40000.5	29659.8	29691.2	29689.8

Estación de Muestreo			T2-1	T2-2	T2-3	T3-1
Fecha y Hora de Muestreo			08/07/2021 15:59	08/07/2021 16:01	08/07/2021 16:05	08/07/2021 16:07
Tipo de Muestra			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Parámetro	**Límite de Cuantificación**	**Unidad**	**Resultados**	**Resultados**	**Resultados**	**Resultados**
Hidrocarburos Totales de Petrleo (Callao)						
Hidrocarburos Totales de Petrleo (C10-C40)	190.664	mg/Kg	8976.8	8980.10	8978.5	8893.8

Estación de Muestreo			T3-2	T3-3	T4-1	T4-2
Fecha y Hora de Muestreo			08/07/2021 16:08	08/07/2021 16:10	08/07/2021 16:12	08/07/2021 16:13
Tipo de Muestra			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Parámetro	**Límite de Cuantificación**	**Unidad**	**Resultados**	**Resultados**	**Resultados**	**Resultados**
Hidrocarburos Totales de Petróleo (Callao)						
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C10-C40)	190.664	mg/Kg	8889.90	8895.6	8799.4	8800.1

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

LABORATORIO V°B° CERPER

INFORME DE ENSAYO N° 2-01911/21

Estación de Muestreo			T4-3	T5-1	T5-2	T5-3
Fecha y Hora de Muestreo			08/07/2021 16:14	08/07/2021 16:16	08/07/2021 16:18	08/07/2021 16:19
Tipo de Muestra			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Parámetro	Límite de Cuantificación	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Hidrocarburos Totales de Petróleo (Callao)						
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C10-C40)	190.664	mg/Kg	8799.8	8736.6	8735.5	8739.9

Estación de Muestreo			T5-1	T5-2	T5-3	T7-1
Fecha y Hora de Muestreo			08/07/2021 16:21	08/07/2021 16:23	08/07/2021 16:25	08/07/2021 16:26
Tipo de Muestra			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Parámetro	Límite de Cuantificación	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Hidrocarburos Totales de Petróleo (Callao)						
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C10-C40)	190.664	mg/Kg	7600	7610.9	7601.9	6769.6

Estación de Muestreo			T7-2	T7-3	T8-1	T8-2
Fecha y Hora de Muestreo			08/07/2021 16:28	08/07/2021 16:30	08/07/2021 16:31	08/07/2021 16:33
Tipo de Muestra			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Parámetro	Límite de Cuantificación	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Hidrocarburos Totales de Petróleo (Callao)						
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C10-C40)	190.664	mg/Kg	6768.5	6770.1	4333.6	4338.20

Estación de Muestreo			T8-3
Fecha y Hora de Muestreo			08/07/2021 16:35
Tipo de Muestra			Suelo
Parámetro	Límite de Cuantificación	Unidad	Resultados
Hidrocarburos Totales de Petróleo (Callao)			
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C10-C40)	190.664	mg/Kg	4321.80

LABORATORIO V°B° CERPER

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

INFORME DE ENSAYO N° 2-01911/21

MÉTODOS

Hidrocarburos Totales de Petróleo (C10-C40): EPA Method 8015 D.2003.Nohalogenated Organics Using GC/FID

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 04 de agosto de 2021

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

BLGO. CATHERINE SERVAN V.
C.B.P. N° 6694
SUPERVISOR LABORATORIO
MICROBIOLOGIA

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

ANEXO B:

Figura 7

Toma de muestras para análisis de laboratorio



Nota: En la figura 7 se muestran las imágenes para la toma de muestras, las cuales se realizaron el lugar de la ejecución del proyecto, las muestras se enviaron a los laboratorios de CERPER.

ANEXO C:

Figura 8

Activación de microorganismos eficientes



Nota: La activación de los microrganismos se realizó en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Moquegua.

ANEXO D:

Figura 9

Instalación de las Unidades Experiméntales



Nota: En la figura 9 se muestra la instalación de unidades experimentales y la aplicación de las diferentes dosis de los microorganismos eficientes y nutrientes, para la biorremediación del suelo.

ANEXO E:

Figura 10
Monitoreo y control de unidades experimentales



Nota: En la figura 10 se muestra el control de las unidades experimentales, así mismo, se muestra cómo se realizó la humectación y aireado de los suelos, el cual se realizó mediante el método de Landfarming.

ANEXO F:

Figura 11
Prueba de germinación de semillas



Nota: En la figura se muestra cómo se realizó las pruebas de germinación de las semillas para la prueba de biotoxicidad.

ANEXO G:

Figura 12
Semillas empleadas para la realización de las pruebas



Nota: En la imagen se muestra las dos marcas con las que se trabajó las pruebas de biotoxicidad del suelo contaminado.

FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 041-2022-UNAM que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos : Evelyn Aime Agreda Montalico
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N° : 43228995
Correo electrónico : agreda.evelyn85@gmail.com
Teléfono/Celular : 923505766

2. GRADO, TITULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magister	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

a) Articulo ( )
b) Tesis de pregrado ( )
c) Tesis de Maestría ( )
d) Tesis de Doctorado ( )
e) Monografía ( )
f) Reporte de caso científico o hallazgos ( )
g) Libro ( )
h) Parte de un libro ( )
i) Revisión ( )
j) Conferencia ( )
k) Presentación ( )
l) Artículo preliminar ( )
m) Articulo antes de ser publicado ( )
n) Artículo de prensa ( )
o) Documentos internos ( )
p) Imagen ( )
q) Documentos técnicos ( )
r) Ponencias presentadas en eventos científicos (Jornada, Congreso, Simposio Conferencias, etc.) ( )
s) Informes de suficiencia profesional ( )
t) Patentes producidas por académicos/as ( )

4. TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Marque con una X)

a) Tesis (X)
b) Trabajo de Investigación ( )
c) Trabajo de suficiencia profesional ( )
d) Trabajo académico ( )

5. DATOS DE LA PUBLICACION

a) Título : Evaluacion de la efectividad de la fusion de metodos de landfarming y microorganismos eficientes para la remediacion de suelos contaminados con diesel en la provincia de Ilo 2021
b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra : https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : .....
c) Fecha de publicación : .....

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : Franz Zirena Vilca
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 01341834
c) ORCID : .....

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 43228995
NOMBRES Y APELLIDOS : Evelyn Aime Agreda Montalico

LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito da mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional de Moquegua, una Licencia No Exclusiva para reproducir. distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAM, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA consignara el nombre del/los autor/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

(X) **SI autorizo que se deposite inmediatamente.**

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 43228995

NOMBRES Y APELLIDOS : Evelyn Aime Agreda Huatalico

FECHA : 14 de setiembre del 2023

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS / TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Yo, Evelyn Aime Agreda Montalico,
bachiller de la Escuela Profesional de: Ingenieria Ambiental,
de la Universidad Nacional de Moquegua, identificado(a) con DNI Nº. 43228995, autor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis / Trabajo de suficiencia profesional, denominado:
"Evaluación de la efectividad de la fusión de metodos de Lanfarming y microorganismos eficientes para la remediacion de suelos contaminados con diesel en la provincia de Ilo 2021"

Declaro bajo juramento que:

1. El trabajo de investigación es auténtico, siendo resultado de mi trabajo personal, que no se ha copiado, que no se ha utilizado ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc., (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor. Por tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado total ni parcialmente.
2. El trabajo de investigación no ha sido autoplagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
3. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en el trabajo de investigación constituirán aporte a la realidad investigada.

Soy consciente de que, el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales, por lo que asumo cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de irregularidades en el trabajo de investigación, así como de los derechos sobre la obra presentada.

Moquegua, 14 de setiembre, 2023

Evelyn Aime Agreda Montalico

Nombres y Apellidos:
DNI: 43228995

Huella digital

Document Information

Analyzed document	INFORME FINAL DE TESIS EVELYN AGREDA 2023 (1).pdf (D174176024)
Submitted	2023-09-19 16:59:00
Submitted by	franz
Submitter email	fzirenav@unam.edu.pe
Similarity	5%
Analysis address	fzirenav.unampe@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10607/TRABAJO%20FINAL%20cd.pdf?sequence=1 Fetched: 2023-09-19 17:01:00	3
SA	**Revision_Sistematica_Aguirre_B.docx** Document Revision_Sistematica_Aguirre_B.docx (D120679701)	1
SA	**TALLER DE MANEJO AGROECOLOGICO DE SUELOS.docx** Document TALLER DE MANEJO AGROECOLOGICO DE SUELOS.docx (D117652843)	2
W	URL: https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/D-S-N-002-2013-M... Fetched: 2023-09-19 17:00:00	4
W	URL: https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/2016-05-30-Conce... Fetched: 2023-09-19 17:00:00	2
W	URL: https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/2079/DCA-RAN-VEG-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 2023-09-19 17:01:00	1
SA	**Biorremediación_Villalta_Gonzalez.docx** Document Biorremediación_Villalta_Gonzalez.docx (D31838333)	2

UNAM
Firmado digitalmente por ZIRENA VILCA Franz FAU 20449347448 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 19.09.2023 11:49:36 -05:00

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
COMISIÓN ORGANIZADORA

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA
N.º 961-2023-UNAM

Moquegua, 10 de Octubre de 2023.

VISTOS, El Informe Nº 686-2023-SEGE-PRES/UNAM de fecha 03.10.2023, el Informe Nº 485-2023-FACIA/VIPAC/UNAM de fecha 22.09.2023, el Informe Nº 0336-2023-UNAM/EPIAM/FILIAL ILO de fecha 19.09.2023, la Solicitud de Título Profesional CT Nº 023-2023 Rec. Nº 0007-0019431 del 26.06.2023 y el Acuerdo de Sesión Extraordinaria Presencial de Comisión Organizadora de fecha 10 de octubre de 2023, y;

CONSIDERANDO:

Que, el párrafo cuarto del artículo 18º de la Constitución Política del Estado, concordante con el artículo 8º de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, reconoce la autonomía universitaria, en el marco normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico, que guarda concordancia con el Artículo 7º del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua.

Que, el artículo 45º de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, dispone que: "*La obtención de grados y títulos se realiza de acuerdo a las exigencias académicas que cada universidad establezca en sus respectivas normas internas. Los requisitos mínimos son los siguientes: numeral 45.2 Título Profesional: requiere del grado de Bachiller y la aprobación de una tesis o trabajo de suficiencia profesional. Las universidades acreditadas pueden establecer modalidades adicionales a estas últimas (...).* Del mismo modo el Artículo 59º, numeral 59.9 de la citada Ley establece que es atribución del Consejo Universitario conferir los Grados Académicos y Títulos Profesionales (...), y de conformidad a la Resolución Viceministerial Nº 244-2021-MINEDU, para el caso de la Universidad Nacional de Moquegua, con Licenciamiento Institucional, lo ejerce el Pleno de la Comisión Organizadora.

Que, el artículo 14º del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, aprobado mediante Resolución de Comisión Organizadora Nº 1153-2021 de fecha 21.12.2021 señala: "*Formas de Obtención del Título Profesional: Para obtener el Título Profesional, los Bachilleres pueden optar por una de las siguientes modalidades de titulación:* ***a. Presentación, sustentación y aprobación de una Tesis.*** *b. Presentación, sustentación y aprobación de un Trabajo de Suficiencia Profesional, el mismo que estará sustentado en la experiencia mínima de dos (2) años consecutivos o acumulativos en el ejercicio de labores vinculadas a la Carrera Profesional, después de haber obtenido el Grado Académico de Bachiller. c. Examen Profesional: aprobando el examen cuyas áreas y materias fije cada escuela profesional. d. Otras modalidades que sean otorgadas por Ley o normas reglamentarias.*

Que, mediante la Solicitud de Título Profesional CT Nº 023-2023 Rec. Nº 007-019431 del 20.06.2023, y con el Informe Nº 0336-2023-UNAM/EPIAM/FILIAL ILO de fecha 19.09.2023, el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, remite la Carpeta de Titulación bajo la modalidad de Tesis para otorgar el Título Profesional a la bachiller Srta. EVELYN AIME AGREDA MONTALICO, quien ha aprobado por unanimidad la sustentación de Tesis: "EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA FUSION DE METODOS DE LANDFARMING Y MICROORGANISMOSEFICIENTES PARA LA BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON DIESEL EN LA PROVINCIA DE ILO-2021", según Acta de Sustentación de fecha 30 de mayo del 2023, cumpliendo satisfactoriamente los requisitos legales y reglamentarios exigidos por la Universidad en su Reglamento de Grados y Títulos para la obtención del Título Profesional.

Que, con Informe Nº 686-2023-SEGE-PRES/UNAM de fecha 03.10.2023, el Secretario General de la UNAM, remite el expediente de la mencionada Bachiller y solicita su inclusión en la agenda de Sesión de Comisión Organizadora.

Que, la Comisión Organizadora de la Universidad Nacional de Moquegua, en Sesión Extraordinaria Presencial de fecha 10 de octubre de 2023, por UNANIMIDAD acordó: CONFERIR el Título Profesional de Ingeniero Ambiental a la bachiller Srta. EVELYN AIME AGREDA MONTALICO, con Código Nº 2011205014.

Que, estando a las consideraciones precedentes y en uso de las atribuciones que concede la Ley Universitaria Nº 30220, Resolución Viceministerial Nº 244-2021-MINEDU, modificado con Resolución Viceministerial Nº 055-2022-MINEDU, el Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua aprobado con Resolución de Comisión Organizadora Nº 578-2021-UNAM de fecha 22 de junio del 2021.

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. – CONFERIR, el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL a la bachiller Srta. EVELYN AIME AGREDA MONTALICO**, con Código Nº 2011205014.

ARTÍCULO SEGUNDO. - AUTORIZAR, a Secretaría General de la Universidad Nacional de Moquegua, expedir y registrar el Diploma correspondiente para su otorgamiento.

Regístrese, Comuníquese, Publíquese y Archívese.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA – UNAM – PRESIDENCIA

DR. ROBERTO H. CASTAÑEDA TERRONES
PRESIDENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA – UNAM – SECRETARIA GENERAL

ABOG. GUILLERMO S. KUONG CORNEJO
SECRETARIO GENERAL

Presidencia
VIPAC
VRI
EPIAM
FACIA
SEGE-UGT
DASA
OTI
Interesada

JJSP/Esp.
Archi. (2)