



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL

Efecto del hongo *Pleurotus ostreatus* para biorremediar suelos
contaminados por hidrocarburos en los establecimientos
automotrices

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Calle Medina, Max Franco (orcid.org/0000-0001-6084-8976)
Chavez Cubas, Jhon Oliver (orcid.org/0009-0009-0312-1469)

ASESOR:

Dr. Ponce Ayala, Jose Elias (orcid.org/0000-0002-0190-3143)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO — PERÚ

2023

DEDICATORIA

En primer lugar, está dedicado a Dios por brindarme su fortaleza para no dejarme vencer y guiarme por el camino correcto y llegar a mi meta trazada, también a mi padre por sus consejos, enseñanzas de respeto, honestidad, trabajo y apoyo constante. En segundo lugar, a mi familia, amigos y docentes quien me han transmitido sus conocimientos y así poder formarnos profesionalmente.

Max Franco

Agradezco en primer lugar a Dios, seguidamente a mi madre que ha sido mi principal motivo de superación, a mis docentes por brindarme sus conocimientos y ayudarnos a ser mejores profesionales.

A mi compañero que siempre estuvo apoyándome en los momentos más difíciles en el desarrollo de este estudio.

Jhon Oliver

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestra gratitud más sincera a nuestras familias por acompañarnos durante todo el proceso de formación académica. Su orientación y apoyo han sido fundamentales para nuestro crecimiento profesional.

Asimismo, queremos extender nuestra gratitud a los profesores de la " Universidad César Vallejo" lo cual han sido parte de esta importante etapa de formación. Agradecer sinceramente su invaluable ayuda, palabras de aliento y comprensión.

Max Franco y Jhon Oliver

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, PONCE AYALA JOSE ELIAS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Efecto del hongo *Pleurotus ostreatus* para biorremediar suelos contaminados por hidrocarburos de los establecimientos automotrices", cuyos autores son CALLE MEDINA MAX FRANCO, CHAVEZ CUBAS JHON OLIVER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 16 de Noviembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PONCE AYALA JOSE ELIAS DNI: 16491942 ORCID: 0000-0002-0190-3143	Firmado electrónicamente por: PAYALAJE el 17-11- 2023 12:27:40

Código documento Trilce: TRI - 0654835



DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, CALLE MEDINA MAX FRANCO, CHAVEZ CUBAS JHON OLIVER estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Efecto del hongo *Pleurotus ostreatus* para biorremediar suelos contaminados por hidrocarburos de los establecimientos automotrices", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
JHON OLIVER CHAVEZ CUBAS DNI: 76244485 ORCID: 0000-002-5603-5363	Firmado electrónicamente por: CCUBASJO el 16-11-2023 17:42:19
MAX FRANCO CALLE MEDINA DNI: 74135383 ORCID: 0000-0001-6084-8976	Firmado electrónicamente por: MCALLEME24 el 16-11-2023 17:48:39

Código documento Trilce: TRI - 0654837



ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	12
3.2. Variables y operacionalización	12
3.3. Población, muestra y muestreo	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
3.5. Procedimientos.....	14
3.6. Método de análisis de datos	17
3.7. Aspectos éticos	18
IV. RESULTADOS	19
V. DISCUSIÓN.....	35
VI. CONCLUSIONES.....	40
VII. RECOMENDACIONES	41
REFERENCIAS	42
ANEXOS.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Zonas de muestreo</i>	20
Tabla 2. <i>Tratamientos</i>	24
Tabla 3. <i>Resultados</i>	28
Tabla 4. <i>Comparación de resultado de análisis de Fracción 1</i>	31

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 01.</i> Flujograma de proceso del estudio	14
<i>Figura 02.</i> Identificación del área de estudio.....	15
<i>Figura 03.</i> Dosis en 200 gr de micelio	16
<i>Figura 04.</i> Dosis en 150 gr de micelio	16
<i>Figura 05.</i> Dosis en 100 gr de micelio	16
<i>Figura 06.</i> Área de muestreo	19
<i>Figura 07.</i> Visita al centro automotriz.....	19
<i>Figura 08.</i> Identificación del área de muestreo	20
<i>Figura 09.</i> Excavación de calicata.....	21
<i>Figura 10.</i> Excavación de zanja.....	21
<i>Figura 11.</i> Medición de profundidad de zanja	22
<i>Figura 12.</i> Pesaje de muestras.....	22
<i>Figura 13.</i> Pesaje de muestras.....	23
<i>Figura 14.</i> Fragmentación de muestras.....	23
<i>Figura 15.</i> Armado de tratamientos	24
<i>Figura 16.</i> Pesaje del micelio de hongo para T1	25
<i>Figura 17.</i> Pesaje del micelio de hongo para T2.....	25
<i>Figura 18.</i> Pesaje del micelio de hongo para T3.....	26
<i>Figura 19.</i> Aplicación del micelio de hongo.....	26
<i>Figura 20.</i> Aplicación del micelio de hongo.....	27
<i>Figura 21.</i> Aplicación del micelio de hongo.....	27
<i>Figura 22.</i> Aplicación del micelio de hongo.....	28
<i>Figura 23.</i> Resultado del análisis de identificación de F1	29
<i>Figura 24.</i> Resultado de análisis de tratamiento de biorremediación.....	32

RESUMEN

La investigación determinó el impacto del hongo *Pleurotus ostreatus* en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos en instalaciones automotrices. Los objetivos específicos incluyeron identificar el área contaminada, evaluar la eficacia de diferentes concentraciones de *Pleurotus ostreatus* en la reducción de hidrocarburos y comparar los cambios en el suelo antes y después de la aplicación según estándares de calidad. La hipótesis planteó diferencias en la eficacia de la biorremediación con *Pleurotus ostreatus* en instalaciones automotrices en José Leonardo Ortiz.

Se llevaron a cabo 3 tratamientos con diferentes concentraciones de micelio de *Pleurotus ostreatus* en suelos contaminados. Durante los 30 días de maceración, se observó una colonización efectiva en el tratamiento con la dosis de 200 g, demostrando una rápida propagación del micelio. En el tratamiento con 150 g, la colonización fue exitosa pero ligeramente más lenta y menos extensa. El tratamiento con 100 g experimentó un retardo inicial, pero evidenció una colonización progresiva. Los análisis de hidrocarburos de fracción 1 se realizaron mediante el método de ensayo EPA 8015 en un laboratorio según el ECA, revelando diferencias significativas entre las dosis. Estos resultados sugieren el potencial de *Pleurotus Ostreatus* para la biorremediación en suelos contaminados con hidrocarburos.

Palabras clave: Hongo, biorremediación, contaminación, hidrocarburos

ABSTRACT

La research determined the impact of the *Pleurotus ostreatus* fungus on the bioremediation of soils contaminated with hydrocarbons in automotive facilities. Specific objectives included identifying the contaminated area, evaluating the effectiveness of different concentrations of *Pleurotus ostreatus* in reducing hydrocarbons, and comparing changes in the soil before and after application according to quality standards. The hypothesis suggested differences in the effectiveness of bioremediation with *Pleurotus ostreatus* in automotive facilities in José Leonardo Ortiz.

Three treatments were carried out with different concentrations of *Pleurotus ostreatus* mycelium in contaminated soils. During the 30 days of maceration, effective colonization was observed in the treatment with a dose of 200 g, demonstrating a rapid spread of the mycelium. In the treatment with 150 g, colonization was successful but slightly slower and less extensive. The treatment with 100 g experienced an initial delay but showed progressive colonization. Hydrocarbon analyses of fraction 1 were performed using the EPA 8015 test method in a laboratory according to the ECA, revealing significant differences between the doses. These results suggest the potential of *Pleurotus ostreatus* for bioremediation in soils contaminated with hydrocarbons.

Keywords: Fungus, bioremediation, contamination, hydrocarbons.

I. INTRODUCCIÓN

La provincia de Chiclayo es reconocida como la ciudad de la amistad debido a su población alborozada y amigable. Es una de las tres provincias que integran Lambayeque.

La ciudad de Chiclayo sufre diversos impactos ambientales negativos, los cuales provienen de actividades antropogénicas como la agricultura, la industria y el transporte, entre otras. Estas actividades generan daños a la salud y a la flora y fauna existente en la zona. Por lo tanto, es necesario adoptar prácticas amigables hacia el medio ambiente y buscar alternativas para solucionar los impactos existentes, con el fin de lograr la sostenibilidad ambiental.

De acuerdo con (Salcedo, 2021, p. 7), mencionó que los talleres automotrices generan diversos efectos negativos hacia el medio ambiente, siendo el agua y el suelo los recursos mayormente afectados. Asimismo, Salcedo habló sobre las variaciones en la estructura superficial que sufre el suelo al tener contacto con algún producto químico, como lubricante, aceite, hidrocarburo, entre otros, en el establecimiento automotriz.

Del mismo modo (Condori, 2021, p. 14), expresó que las malas prácticas por parte de los trabajadores de los talleres de mecánica automotriz tienen consecuencias negativas que comprometen la salud del personal, así como la del medio ambiente.

Es por eso que el poco conocimiento sobre buenas prácticas ambientales en los establecimientos automotrices genera consecuencias desfavorables tanto para el personal que trabaja en los establecimientos como para los recursos que están presentes en el proceso.

Actualmente se están llevando a cabo diversos estudios para tratar el suelo contaminado, ya que se pretende aportar soluciones a este grave problema ambiental.

(Montenegro, et al., 2019, p. 7), mencionó que, hoy por hoy, el tratamiento alternativo más llamativo es la biorremediación para tratar sustancias contaminantes en el ambiente, y consiste en la modificación biológica utilizando microorganismos, enzimas o plantas en los elementos naturales como el agua y el suelo. De esa manera, utilizando microorganismos como hongos o bacterias, generamos alternativas para solucionar un impacto negativo en los recursos anteriormente mencionados.

(Vilma, 2020, p. 21), mencionó en su estudio de investigación la importancia que se le debe dar a la remediación del suelo contaminado, ya que genera un impacto negativo en el ecosistema, y resalta los diversos tratamientos estudiados en la actualidad, tales como los tratamientos biológicos, químicos y físicos, siendo el tratamiento biológico el menos invasivo y económicamente accesible cuando se habla de biorremediación de suelos utilizando hongos o bacterias en el proceso de tratamiento.

La investigación pasada pretendió proponer una alternativa para contrarrestar el impacto negativo en los suelos ocasionado por un establecimiento automotriz en el distrito de José Leonardo Ortiz, en la provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

El hongo que fue objeto de estudio es el *Pleurotus ostreatus*, micelio en grano de trigo, material utilizado para iniciar la producción del hongo. Además, se aplicó el hongo directamente al suelo y se brindaron las condiciones óptimas para el crecimiento micelial y, posteriormente, para el crecimiento de cuerpos fructíferos.

Esta investigación tuvo como justificación en la parte social contribuir en la mejora del entorno local y, sobre todo, en la salud. Estos aspectos promueven la equidad, la sostenibilidad y el bienestar de las comunidades aledañas. En la parte económica, ayuda a reducir los costos de remediación, minimizar el tiempo de inactividad y hacer el proceso más rápido en la descomposición de aquellos contaminantes. Estos factores contribuyen a la viabilidad económica y financiera de implementar la biorremediación como una estrategia efectiva y rentable para abordar la contaminación del suelo y, finalmente, en la parte ambiental, ayudará a preservar el medio ambiente y restaurar la calidad del suelo.

Esto nos llevó a plantear la siguiente pregunta: ¿Cuál es el efecto del hongo *Pleurotus ostreatus* en la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos en los establecimientos automotrices?

El objetivo general de la investigación fue determinar el efecto del hongo *Pleurotus ostreatus* en la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos en los establecimientos automotrices, y como objetivos específicos: identificar el área del suelo contaminado en el establecimiento automotriz, evaluar la eficacia de diferentes concentraciones de *Pleurotus ostreatus* en la reducción de la concentración de hidrocarburos en los suelos contaminados del establecimiento automotriz y comparar los cambios del suelo contaminado antes y después de la aplicación de *Pleurotus ostreatus*, con los estándares de calidad (ECA).

Como hipótesis tuvimos:

Hi: En los establecimientos automotrices de José Leonardo Ortiz, se han observado diferencias significativas en la eficacia de la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos cuando se aplica el tratamiento con *Pleurotus ostreatus*.

II. MARCO TEÓRICO

En cuanto a (Peña, et al., 2019), en su trabajo teórico-práctico, mencionó que la biodegradación es la acción de transferir microorganismos, como bacterias y hongos, al suelo contaminado, permitiendo su utilización como fuente de crecimiento debido a la presencia de carbono y energía. Proceden a metabolizar los contaminantes orgánicos para convertirlos en productos inofensivos (p. 228). De esa manera, podemos decir que, en condiciones óptimas para el desarrollo del microorganismo, se pueden obtener resultados favorables en el proceso de descontaminación del suelo contaminado con hidrocarburos.

Por su parte, (Abasolo y Morantes,2019), dieron a conocer en su estudio realizado en la ciudad de Quevedo, Ecuador, donde se tomaron muestras de suelos de establecimientos como gasolineras, talleres automotrices y lubricadoras, siendo uno de estos establecimientos uno de los generadores de impactos ambientales negativos hacia el recurso agua y suelo (p. 15).

Sabemos que las malas prácticas ambientales por parte de los trabajadores en los talleres automotrices son la consecuencia de una falta de sensibilización y procedimientos adecuados en sus actividades, generando impactos significativos en los recursos.

La biorremediación con hongos es una de las alternativas para solucionar el problema del suelo contaminado con hidrocarburos; sin embargo, existen otras alternativas, y su aplicación depende de los costos en los tratamientos. Recientemente, (Ojeda et al. 2023), mencionó lo siguiente: "Evaluando los procedimientos de aplicación de vermicompost orgánico y el tratamiento convencional con sustancias húmicas comerciales, se llevaron a cabo en un volumen de un metro cúbico (m³) de suelo contaminado. Los hallazgos indican que el uso de vermicompost orgánico resulta más económico (15%)" (p. 15).

Por otro lado, (Ortiz, et al. 2020), sostuvo en su investigación que aprovecharon el sobrante derivado del cacao para conseguir el desarrollo del hongo *Pleurotus ostreatus*. Se realizaron análisis fisicoquímicos en la cáscara, abordando parámetros como el pH, lignina y celulosa, entre otros. Luego, se empleó la cáscara

como sustrato para el cultivo del hongo, para la biorremediación con el accionamiento de un análisis multicriterio del cultivo (p. 67).

En el caso de (Calderón, 2022), mencionó que la microrremediación a partir de *Pleurotus Ostreatus* fue satisfactoria y absorbente en la eliminación de metales pesados y radionúclidos de aguas contaminadas, porque posee buenas propiedades de unión y tolerancia a metales. Esto se debió a que los basidiomicetos saprófitos tienen una diversa variedad de enzimas extracelulares y la capacidad de absorción (p. 27).

Manifiesto (Cobos, 2022), en su trabajo de investigación, tomó muestras de suelo contaminado de la zona minera del Cantón. En dicho tratamiento, utilizó biotecnología ambiental mediante los hongos *Pleurotus Ostreatus* y *Aspergillus Niger* como alternativa de solución para las muestras tomadas en la mina. Estas muestras contenían altas concentraciones de mercurio y cadmio, siendo subproductos de los procesos mineros. Estos son enviados sin algún tratamiento adecuado hacia el medio ambiente, afectando la salud de aquellos que viven en esa región y el ecosistema (p. 51).

A continuación, (López, 2022), manifestó en su estudio que los resultados sobre el uso de tres cepas diferentes de hongos destacaron el *Pleurotus Ostreatus*, debido a su veloz eficacia para degradar pesticidas, especialmente los pesticidas fenólicos. Además, explicó que actualmente se hallan varios estudios donde se confirma la efectividad de los hongos de podredumbre blanca para la eliminación de compuestos orgánicos como el glifosato (p. 14).

Por otra parte, (Magali, 2022), mencionó que el hongo *Pleurotus ostreatus*, al actuar como biorremediador, demostró una notable eficacia gracias a la presencia de una enzima fuera de la célula llamada lacasa, la cual cataliza una reacción para producir lignina utilizando peróxido de hidrógeno. Adicionalmente, destacó por su capacidad significativa para descomponer contaminantes en suelos tanto estériles como no estériles, lo que justificó su consideración como un agente de biorremediación para suelos contaminados. *Pleurotus ostreatus* ofrece numerosas ventajas que lo hacen idóneo para su investigación en el ámbito de la biorremediación. Además, su capacidad para establecer simbiosis con bacterias a través de sus hifas le permite

penetrar en suelos contaminados y generar enzimas extracelulares que contribuyen a la eliminación de agentes contaminantes (p. 14).

Además, (Becerra, 2020), señaló que la presencia de hidrocarburos en el entorno genera un impacto directo tanto en el agua como en el suelo. Dado que estos contaminantes persisten en el ambiente, resulta crucial llevar a cabo una intervención para contrarrestar sus efectos perjudiciales en la salud humana y en el ecosistema. Las técnicas convencionales para abordar esta contaminación suelen ser onerosas y requieren un compromiso a largo plazo, a menudo implicando el uso de sustancias químicas que pueden modificar la composición del suelo. Entre las opciones más económicas, se incluyen microorganismos como cepas bacterianas y hongos que tienen la capacidad de descomponer eficazmente algunos de estos hidrocarburos dañinos. Por lo tanto, la biorremediación representa una solución viable y económica en comparación con otras alternativas disponibles (p. 11).

Por otro lado, (Cabrera, 2022), mencionó que diversas variedades de hongos comestibles del género *Pleurotus*, conocidos por causar la descomposición de la madera (pudrición blanca), han sido mayormente empleados en un contexto experimental para llevar a cabo procesos de biorremediación. Esto se debió a su habilidad para producir enzimas, incluyendo las denominadas lacasas. Estos hongos y sus enzimas han demostrado un notable potencial en este sentido. Sin embargo, esto no descarta la posibilidad de explorar otros géneros y especies de hongos que, debido a su entorno natural y sus propiedades medicinales y farmacéuticas, también producen las enzimas lacasas. Por consiguiente, resultó prometedor e intrigante investigar su potencial enzimático con el objetivo de desarrollar diversas propuestas para abordar la contaminación del agua y del suelo ocasionada por colorantes textiles. (p. 2).

Además, (Minta, 2020), mencionó como objetivo principal de su investigación la propuesta de una solución respetuosa del entorno para eliminar el clorpirifos del suelo. Se tuvo en cuenta la eficacia previamente comprobada de *Pleurotus ostreatus* en la reducción de concentraciones elevadas de distintos contaminantes encontrados en plaguicidas, insecticidas, hidrocarburos y metales pesados presentes en el suelo y agua. En su estudio, se analizó la capacidad biodegradante

de *Pleurotus ostreatus* en muestras de suelo que contenían clorpirifos, extraídas de áreas de cultivo de tomates en la zona agrícola de la parroquia San Luis (p. 4).

Por ejemplo, (Guevara, 2019), mencionó que México ha establecido su posición como el líder productor de hongos comestibles en América Latina, siendo responsable del 80.8% de la producción. A nivel nacional, el estado de Puebla se sitúa en la undécima posición en términos de producción de hongos comestibles. La producción total de hongos cultivados en el país se considera actualmente en un poco más de 55 mil toneladas. La mayor parte de esta producción, más del 85%, está representada por el *Agaricus bisporus* (champiñón), seguido por un 10% de *Pleurotus ostreatus* (seta) y un 0.1% de *Lentinula edodes* (shiitake). En el proceso de fructificación de los hongos *Pleurotus ostreatus*, se liberan enzimas como lacasas, manganeso peroxidasas, peroxidasa versátil y veratril alcohol oxidasa, las cuales permanecen en el sustrato (p. 4).

(Pumacayo, 2022, p. 171), tuvo como objetivo general evaluar el efecto de la bioestimulación y la bioaumentación en microorganismos en la biorremediación de suelo contaminado por hidrocarburos en Vilcabamba-Grau. Recomiendan que los microorganismos eficientes activados en el proceso de bioaumentación, con un tratamiento base de 15 litros, degraden los hidrocarburos totales de petróleo en suelos contaminados, a la vez que mejora la estructura física, química y microbiológica. Asimismo, mencionan que la bioestimulación a base de urea, con un tratamiento base de 15 kilogramos, mejora las propiedades del suelo contaminado.

Por su parte, (Ocán Torres, 2023, p. 1), mencionó que los derrames de petróleo forman parte de un problema mundial, ya que terminan perjudicando a los diferentes ecosistemas debido a la alta toxicidad de sus compuestos. La presencia de petróleo genera una alta demanda biológica y química de oxígeno. Aunque existen microorganismos con la capacidad de degradar de forma natural los compuestos de hidrocarburos, el proceso complica la estructura del suelo, ralentizando la asimilación de micro y macronutrientes necesarios para las diferentes formas de vida presentes en el recurso suelo.

En cuanto a (Pecho y Ludeña, 2021), describió en su investigación la eficiencia del 30 % en los días iniciales del tratamiento, obteniendo una disminución hasta el 18 % en los últimos días de tratamiento de biorremediación con el hongo *Pleurotus Ostreatus*, en la descontaminación de suelos contaminados. Además, mencionó que el proceso de biorremediación se realizó en condiciones óptimas que podemos controlar en un laboratorio, siendo un reto aplicarlo de igual manera in situ (p. 46).

Así, (Cruz et al., 2022), dan a conocer las investigaciones consultadas en su estudio sobre la biorremediación con bacterias. El suelo contaminado, utilizado como muestra para el tratamiento de remediación, fue analizado previamente para que pudiera compararse con los resultados del tratamiento final, midiendo las concentraciones en partes por millón (ppm). Además, se demostró que las bacterias modifican la estructura física y química del suelo (p. 66).

Respecto a (Palomino, 2022), indicó el porcentaje de uso de hongos para el proceso de biorremediación, de acuerdo con una revisión bibliográfica, siendo un 27% de *Trametes versicolor*, un 20% de *Phanerochaete* y un 7% para hongos como *Tricholoma giganteum*, *Penicillium miczynskii*, entre otros (p. 33).

En el caso de (Cadenas, et al., 2019), se mencionó que el sustrato utilizado como base para el desarrollo del hongo *P. Ostreatus* comprendió restos de verduras, tales como apio, poro, lechuga, entre otros, obteniendo resultados favorables en el tratamiento de la degradación del hongo patógeno *Fusarium spp.* Además, se resaltó que otro sustrato utilizado como refuerzo es el aserrín, ya que se ha demostrado ser un buen nutriente para el óptimo crecimiento del hongo (p. 50).

A continuación, (Cobos, Villavicencio, 2023), concluyó que el cultivo líquido utilizado en el hongo *Pleurotus djamor*. Asimismo, especificó que mientras más se conserve la calidad de las biomasas y exopolisacáridos, los resultados en el proceso serán más eficientes (p. 37).

Asimismo, (Obispo, Ramoz, 2019), observó que la biorremediación representa un procedimiento empleado en diversos ámbitos de la ingeniería ambiental para descontaminar diversos entornos, siendo los microorganismos el principal agente utilizado. En el caso de la descontaminación del suelo, se consideró como uno de los tratamientos más apropiados, dada su naturaleza menos intrusiva y sus

propiedades. Este método se apoyó en la utilización de agentes biodegradadores de origen natural, como bacterias o hongos, que se introducen con el propósito de consumir, descomponer y degradar los contaminantes hasta alcanzar niveles que no generen riesgos para la salud y la calidad del entorno (p. 22).

En cuanto a (Fernández, 2020), mencionó que, a causa de escapes de hidrocarburos, tanto en el suelo como en fuentes de agua, han representado un desafío desde que se descubrió la utilidad del petróleo como fuente de energía. Tanto los derrames de petróleo como las liberaciones de residuos petroleros en el mar, provenientes de refinerías, instalaciones industriales o embarcaciones, plantean una amenaza potencial para la fauna y la flora, las cuales pueden ingresar a la cadena alimentaria de un área y, en última instancia, ser consumidas por seres humanos. Además, los procesos de extracción y transporte de hidrocarburos generan impactos negativos tanto en el ser humano como en el entorno, tanto de manera directa como indirecta, contribuyendo al deterioro gradual del medio ambiente (p. 16).

Por un lado, (Bustamante, Segundo, 2019), mencionó en su estudio de biorremediación realizado en el departamento de Lambayeque que los sustratos orgánicos poseen propiedades como fertilizantes y promotores para el desarrollo microbiano. Utilizó como sustrato cáscara de arroz, compost y cachaza de caña de azúcar, siendo la cáscara de arroz la que presentó el mayor valor de relación C/N, característica no deseable en el procedimiento de biorremediación. Esto se debió a que el hidrocarburo presente en el suelo contaminado disminuye la cantidad de nitrógeno (p. 36).

Del mismo modo, (Ayala, 2019), realizó su investigación en un taller de reparación de vehículos terrestres en Chiclayo. Concluyó que el sustrato compuesto por estiércol de cerdo, cuy y vacuno mostró compuestos de carbono, nitrógeno, fósforo y potasio. El residuo orgánico sin fertilizante químico resultó ser el que incrementa y acelera el proceso de biorremediación en suelos contaminados con aceites. El estiércol de cuy demostró una eficiencia del 64,36% en 120 días de tratamiento (p. 45).

Según (Chambi 2022), los hongos blancos de descomposición muestran un gran potencial tecnológico en la biorremediación, especialmente el *Pleurotus Ostreatus*. Estos hongos destacan por su capacidad para degradar compuestos persistentes, como los de la familia *Phanerochaete*, gracias a la producción de una enzima extracelular. Esta enzima requiere peróxido de hidrógeno, generado internamente por el hongo, para llevar a cabo la descomposición del compuesto aromático. Además de su utilidad en biorremediación, el *Pleurotus Ostreatus* es reconocido en el ámbito biotecnológico por su capacidad para descomponer la lignina. Su material genético contiene nueve genes responsables de la codificación de peroxidasas ligninolíticas, una característica distintiva de los hongos que descomponen la madera (p. 29).

En el artículo 3 del (estándar de calidad ambiental para suelo, 2017), si se superan los estándares de calidad ambiental (ECA) establecidos para el suelo en relación con los parámetros vinculados a actividades productivas, extracción y servicios, aquellos individuos y entidades responsables de dichas actividades deben llevar a cabo una evaluación y, en caso necesario, implementar medidas correctivas en los sitios afectados. Este procedimiento se realizó con el fin de salvaguardar tanto la salud de las personas como el entorno. No obstante, esta normativa no se aplica en situaciones donde la superación de los ECA para el suelo es inferior a los niveles de fondo. Estos niveles ofrecen información sobre las concentraciones naturales de sustancias químicas en el suelo, que pueden incluir la contribución de fuentes de origen natural (p. 13).

Según (Ramón 2019), la biorremediación es la principal opción para enmendar suelos contaminados, utilizando principalmente bacterias y hongos. *Pseudomonas* es comúnmente empleada entre las bacterias, mientras que *Penicillium* destaca entre los hongos por su alta capacidad de degradación. Aunque los hongos muestran una eficacia superior con un 73% de degradación, las bacterias son más rápidas, degradando los hidrocarburos en menos tiempo, según estudios que comparan su desempeño en un lapso de tres meses (p13).

Por otro lado, (Ugaz 2019), describió que, durante el proceso de mantenimiento rutinario de un tanque utilizado para el almacenamiento y bombeo de crudo, se retiran cantidades significativas de residuos conocidos como "borras". Estos

residuos contuvieron una concentración de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) que puede llegar hasta 137,350 mg/kg, distribuidos en 5,060 mg/kg en la fracción F2 (C10-C16), 55,260 mg/kg en la fracción F3 (C16-C34) y 77,030 mg/kg en la fracción F4 (C34-C50). Estos valores excedieron ampliamente los estándares de calidad ambiental (ECA) establecidos para suelos utilizados en actividades comerciales, industriales o extractivas, según lo estipulado por el Ministerio del Ambiente. Debido a su toxicidad e inflamabilidad, las borras pueden ser almacenadas durante un máximo de un año antes de requerir una disposición final adecuada (p. 1).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Este estudio fue de tipo aplicado, ya que buscaba ampliar nuestro entendimiento de aspectos específicos de la realidad que concordaran de manera coherente con los principios y saberes inherentes a un ámbito específico (Nieto, 2018).

3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de esta investigación fue experimental, dado que implica una dirección intencionada del hongo *Pleurotus ostreatus* (Sampieri et al., 2016). El propósito era recabar información de datos cuantitativos acerca del proceso de biorremediación aplicado a suelos que habían sido contaminados por la presencia de estos hidrocarburos.

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variable independiente: Acción del hongo *Pleurotus ostreatus*, en presencia o ausencia del hongo *Pleurotus ostreatus* en el suelo contaminado.

3.2.2. Variable dependiente: Biorremediación en los suelos contaminados por hidrocarburos.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

En esta investigación, la población abarcó la totalidad de los suelos que presentan contaminación por hidrocarburos en los establecimientos automotrices ubicados en el distrito de José Leonardo Ortiz.

3.3.2. Muestra

Se tomaron en cuenta 12 kg de muestra de suelos contaminados en el taller automotriz "Martínez", ubicado en la Av. Pícsi, paralela a la calle Cascadas 198.

3.3.3. Muestreo

El muestreo fue no probabilístico por conveniencia. Se empezó realizando la limpieza de la superficie y luego se fijaron 04 puntos de muestreo dentro del establecimiento automotriz. La muestra que se recolectó se homogeneizó por el método del cuarteo como indica la guía de muestreo de suelos. Se seleccionaron 3 kg de suelo contaminado por hidrocarburos para el análisis previo y para el tratamiento de biorremediación. Posteriormente, se realizó la caracterización.

3.3.4. Unidad de análisis

Se utilizó 1.5 kg de suelo contaminado, el cual se derivó al laboratorio para analizar la fracción - 1 presente en el suelo correspondiente.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En el marco de la presente investigación, se empleó la técnica de observación con el propósito de analizar la acción del hongo *Pleurotus Ostreatus* a lo largo del proceso de biorremediación. En cuanto al instrumento utilizado para la recolección de datos, se optó por el uso de fichas de registro, las cuales posibilitaron la recopilación de la información necesaria.

3.5. Procedimientos

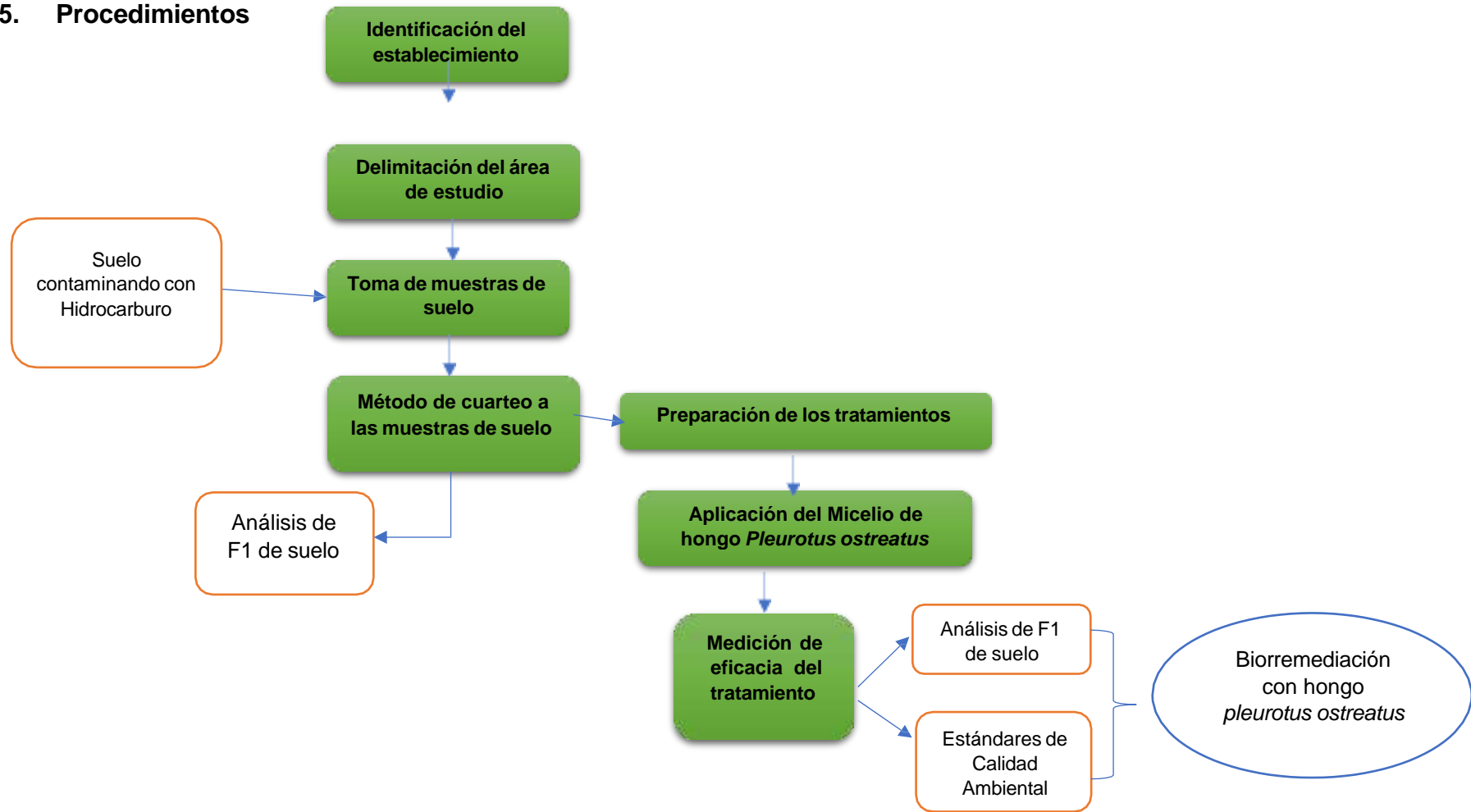


Figura 01. Flujograma de proceso del estudio

Fuente: Elaboración propia

3.5.1. Ubicación del área de interés

Se delimitó el área del establecimiento automotriz, el cual estaba situado en el taller automotriz "Martínez" en la Av. Pícsi, paralela a la Ca. Cascadas 198. Para llevar a cabo esta investigación en la zona de estudio, se estaba utilizando el software Google Earth Pro. El establecimiento abarcaba una superficie total de 1,626.50 m², de la cual solo se había considerado una anchura de 6 metros y una longitud de 10 metros, resultando en un área total de 60 metros cuadrados.

Figura 02. Identificación del área de estudio



Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Descripción de distintas dosis

Se adquirió micelio de *Pleurotus ostreatus* en forma de grano de trigo inoculado. Posteriormente, se llevaron a cabo tres tratamientos con diferentes dosis: 200 g, 150 g y 100 g de micelio. En la dosis de 200 g de micelio, se incorporó al suelo contaminado. En la siguiente dosis, se añadieron 150 g de micelio junto con suelo contaminado, y en la dosis final se aplicaron 100 g de micelio con suelo contaminado. Las muestras se distribuyeron en tres cubos correspondientes a las distintas dosis y se dejaron actuar durante 30 días. Durante este periodo, se realizó un monitoreo constante con intervalos de dos días para verificar la colonización del hongo y evaluar la dispersión del micelio en el tratamiento.

Figura 03. Dosis en 200 gr de micelio



Fuente: Elaboración propia

Figura 04. Dosis en 150 gr de micelio



Fuente: Elaboración propia

Figura 05. Dosis en 100 gr de micelio



Fuente: Elaboración propia

3.5.3. Tipo de muestreo

El método de muestreo seleccionado para este estudio fue el de identificación. En consecuencia, se procedió a analizar muestras de suelo con el objetivo de evaluar su estado. Este análisis preliminar permitió posteriormente realizar comparaciones con el tratamiento de biorremediación.

3.5.4. Profundidad de muestreo

La profundidad de muestreo fue de 10 cm, conforme a las directrices del MINAM para el muestreo de suelo. Esto se debe a que es en la capa superficial del suelo donde se almacenan los productos derramados.

3.5.5. Tipo de Muestra

La muestra fue de tipo compuesto, y posteriormente se aplicó el método de cuarteo.

3.5.6. Equipo de muestreo de suelo

Las herramientas manuales utilizadas fueron dos palancas, una barra de palanca, un saco de 25 kilos y una balanza tipo reloj.

3.6. Método de análisis de datos

Para llevar a cabo la recopilación de datos, empleamos la técnica de estadística descriptiva. Utilizamos la hoja de cálculo Excel 2016 para crear cuadros y tablas que se ajustaron a los objetivos de nuestra investigación.

3.7. Aspectos éticos

La presente investigación reviste una importancia significativa, dado que fue llevada a cabo de manera auténtica, siguiendo rigurosamente las normativas establecidas por la Universidad. Todo el contenido se sometió a un análisis exhaustivo mediante el sistema turnitin. Las referencias en este proyecto se ajustan al formato establecido por la norma ISO 690, la cual proporciona pautas específicas para la elaboración de las citas bibliográficas provenientes de diversos recursos.

En relación con la investigación, se desarrolló siguiendo las directrices proporcionadas por la universidad. Asimismo, se gestionó de manera adecuada la información recopilada de diversas bases de datos, teniendo en consideración las variables de investigación, los objetivos propuestos y los datos seleccionados, sin modificar la integridad de la información.

IV. RESULTADOS



Figura 06. Área de muestreo

Fuente: Elaboración propia

El área de interés abarcó un total de 1,626.50 m²; no obstante, se delimitó una zona de 60 m² mediante el software Google Earth Pro para llevar a cabo el muestreo de suelo. Se empleó la técnica de observación directa para la selección de dicha área.



Figura 07. Visita al centro automotriz

Fuente: Elaboración propia



Figura 08. Identificación del área de muestreo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. Zonas de muestreo

Zona de muestreos	Z.1	Z.2	Z.3	Z.4
	17M	17M	17M	17
Coordenadas	E 627541	E 627503	E 627543	E 627542
	S 9252543	S 9252465	S 9252457	S 9252541
Kilos de Muestra	3	3	3	3

Fuente: Elaboración propia.

Se delimitó la zona de muestreo a 1 m²; posteriormente, se llevó a cabo una excavación de 10 cm. En cada punto de muestreo, se extrajeron tres kilogramos de muestra, los cuales fueron pesados individualmente. Al finalizar este proceso, se obtuvo un total de doce kilogramos de muestra compuesta.

El saco que contenía la muestra compuesta fue trasladado al área designada como zona de estudio, donde se llevará a cabo el tratamiento de biorremediación. Para evitar el contacto directo con la superficie de la habitación, se esparció la muestra compuesta sobre un saco. Con la ayuda de martillos, se fragmentó la muestra de manera adecuada.



Figura 09. Excavación de calicata

Fuente: Elaboración propia



Figura 10. Excavación de zanja

Fuente: Elaboración propia



Figura 11. Medición de profundidad de zanja

Fuente: Elaboración propia



Figura 12. Pesaje de muestras

Fuente: Elaboración propia



Figura 13. Pesaje de muestras

Fuente: Elaboración propia



Figura 14. Fragmentación de muestras

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Tratamientos

T1	T2	T3
500g de suelo contaminado	500g de suelo contaminado	500g de suelo contaminado
200 gr de Micelio P.O.	150 gr de Micelio P.O.	100 gr de Micelio P.O.

Fuente. Elaboración propia

El proceso se inició mediante la aplicación del método de cuarteo a la muestra, dividiéndola en secciones. Posteriormente, se llevó a cabo la preparación de los tratamientos en los baldes, siguiendo detenidamente las indicaciones proporcionadas en las figuras 03, 04 y 05. Este paso marcó el comienzo del tratamiento propuesto en el marco de la presente investigación.

Utilizando una balanza analítica, se procedió al pesaje conforme se detalla en las figuras 18, 19 y 20. Acto seguido, se aplicó el hongo a los baldes correspondientes. Finalmente, se completó el proceso hidratando los tratamientos con agua destilada y se cubrieron para crear un entorno propicio para el desarrollo del hongo.



Figura 15. Armado de tratamientos

Fuente: Elaboración propia



Figura 16. Pesaje del micelio de hongo para T1

Fuente: Elaboración propia



Figura 17. Pesaje del micelio de hongo para T2

Fuente: Elaboración propia



Figura 18. Pesaje del micelio de hongo para T3

Fuente: Elaboración propia



Figura 19. Aplicación del micelio de hongo

Fuente: Elaboración propia



Figura 20. Aplicación del micelio de hongo

Fuente: Elaboración propia



Figura 21. Aplicación del micelio de hongo

Fuente: Elaboración propia



Figura 22. Aplicación del micelio de hongo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Resultados

Ensayo	Unidad	Resultado
Hidrocarburos totales de petróleo fracción 1 (C6 - C10)	mg/kg	504.2

Fuente: Elaboración propia

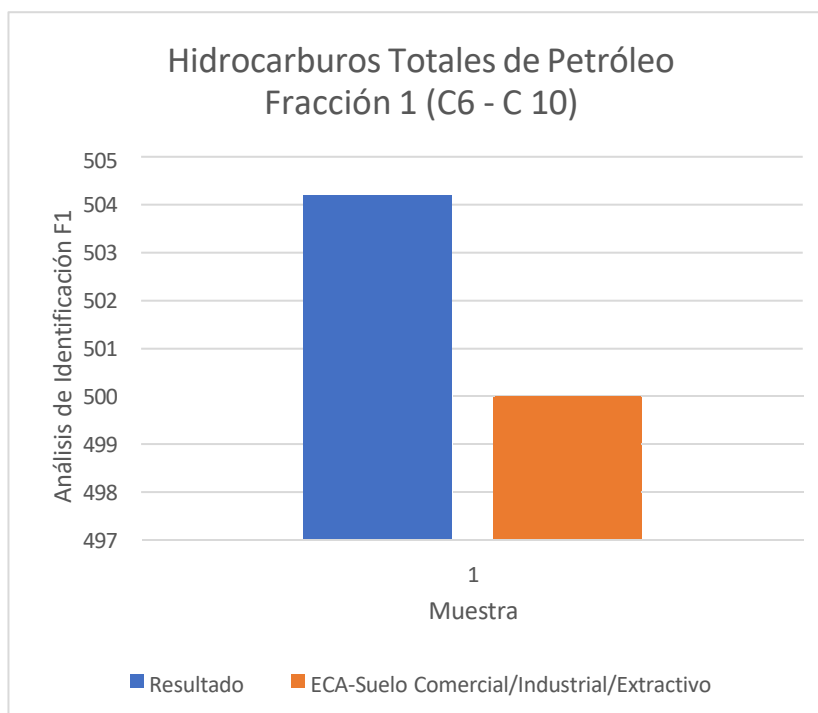


Figura 23. Resultado del análisis de identificación de F1

Fuente: Elaboración propia

Análisis de hidrocarburos totales de petróleo en la fracción 1 (C6 - C10) se analizó mediante método EPA 8015-B en un laboratorio contratado, dando como resultado del análisis 504.2 mg/kg de F1 en el suelo del establecimiento automotriz.

El método 8015 a través de la cromatografía es utilizado para determinar la concentración de diversos compuestos orgánicos volátiles no halogenados y compuestos orgánicos semivolátiles mediante cromatografía de gases, ya que, se pueden determinar cuantitativamente los compuestos. Este método también puede ser aplicable al análisis de hidrocarburos del petróleo, incluyendo compuestos orgánicos en el rango de gasolina (GROs) y compuestos orgánicos en el rango de diésel (DROs). Los GROs corresponden al rango de alcanos desde C6 hasta C10 y abarcan un rango de punto de ebullición de aproximadamente 60 °C a 170 °C. Los DROs corresponden al rango de alcanos desde C10 hasta C28 y abarcan un rango de punto de ebullición de aproximadamente 170 °C a 430 °C.

(Sánchez,2022), describió que, de las metodologías ampliamente empleadas con objetivos analíticos, la cromatografía de gases, con su variedad de detectores, se posiciona probablemente como la técnica más prevalente. Ninguna otra metodología analítica puede rivalizar en términos de capacidad de separación y sensibilidad al analizar compuestos volátiles, como lo hace la cromatografía de gases. No obstante, es importante señalar que el uso de esta técnica, donde las mezclas se separan en fase gaseosa, tiene limitaciones, principalmente determinadas por la estabilidad térmica de los compuestos a separar (p.25).

El resultado del análisis al exceder el estándar de calidad ambiental establecido por el decreto supremo 011-2017-MINAM. Según dicho decreto, en suelos destinados a uso comercial, industrial o extractivo, la concentración de hidrocarburos totales de petróleo en la mencionada fracción no debe superar los 500 mg/kg.

El análisis del suelo en las instalaciones del establecimiento automotriz reveló una concentración elevada de hidrocarburos totales de petróleo en la fracción 1 (C6 - C10). Los posibles contaminantes en esta fracción del suelo podrían incluir una variedad de compuestos hidrocarbonados, como alcanos y aromáticos, derivados de productos petroleros. Estos componentes pudieron originarse en diversas fuentes, como derrames de combustibles, filtraciones de aceites automotrices u otras actividades relacionadas con la manipulación de hidrocarburos en las instalaciones.

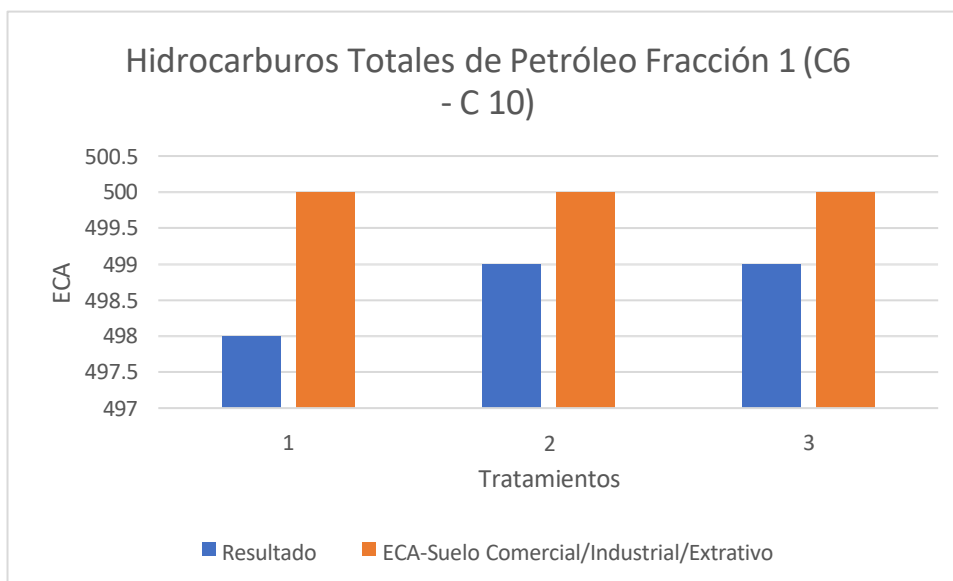
Tabla 4. Comparación de resultado de análisis de fracción 1

Ensayo	Unidad	Tratamiento	Resultado	ECA-Suelo comercial/ industrial/ extractivo
Hidrocarburos totales de petróleo fracción 1 (C6 - C 10)	mg/kg	1	498	500
Hidrocarburos totales de petróleo fracción 1 (C6 - C 10)	mg/kg	2	499	500
Hidrocarburos totales de petróleo fracción 1 (C6 - C 10)	mg/kg	3	499	500

Fuente: Elaboración propia

La investigación se llevó a cabo mediante la aplicación de tres dosis diferentes de micelio de *Pleurotus ostreatus* inoculado en granos de trigo sobre suelos contaminados. Se establecieron tres tratamientos distintos, cada uno con una cantidad específica de micelio: 200 gramos, 150 gramos y 100 gramos. El proceso de aplicación y monitoreo se prolongó a lo largo de un período de 30 días.

Figura 24. Resultado de análisis de tratamiento de biorremediación



Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis de hidrocarburos totales del petróleo en la Fracción 1 (C6 - C10) del suelo, tras someterse a tratamientos de biorremediación con el hongo *Pleurotus ostreatus*, indican una notable disminución en la concentración de hidrocarburos en relación con el valor inicial de 504.2 mg/kg. A continuación, se detallan los resultados específicos de cada tratamiento:

El análisis del tratamiento 1 arrojó un resultado de 498 mg/kg después de la biorremediación, lo que ha demostrado ser eficaz al reducir la concentración de hidrocarburos en la fracción C6 - C10 del suelo. Esta reducción ha permitido que la concentración se mantenga dentro del estándar de calidad ambiental establecido, el cual es de 500 mg/kg.

El análisis del tratamiento 2 arrojó como resultado 499 mg/kg después de la biorremediación, alcanzando una cifra cercana al límite superior del estándar de calidad ambiental.

El análisis del tratamiento 3 arrojó un resultado de 499 mg/kg después de la biorremediación. Este resultado, equiparable al tratamiento 2, evidencia que el tratamiento 3 ha sido efectivo en la reducción de la concentración de hidrocarburos en el suelo. Además, es importante destacar que la concentración se mantiene dentro de los límites establecidos por el estándar de calidad ambiental.

En términos generales, los resultados indicaron que la biorremediación con *Pleurotus ostreatus* ha demostrado ser eficaz para mitigar la contaminación por hidrocarburos en la fracción C6-C10 del suelo. Es crucial señalar que, aunque los resultados finales se encuentran cerca del límite superior del estándar de calidad ambiental, este método ha logrado una notable mejoría en las condiciones del suelo.

1. Identificación del Área del Suelo Contaminado:

Se procedió a identificar la zona de suelo contaminado en las instalaciones automotrices mediante técnicas de mapeo y análisis detallado del establecimiento. Esta fase suministró datos cruciales acerca de la magnitud y la disposición de la contaminación por hidrocarburos en el área de estudio.

2. Evaluación de la Eficacia de *Pleurotus ostreatus* en Diferentes Concentraciones:

Se llevaron a cabo tres tratamientos utilizando diferentes concentraciones de micelio de *Pleurotus ostreatus*: 200 g, 150 g y 100 g respectivamente. Cada tratamiento incorporó la adición de suelo contaminado. A lo largo del período de maceración de 30 días, se supervisó la colonización del hongo, observando la propagación del micelio en cada tratamiento. Además, se registraron las variaciones en las concentraciones de hidrocarburos en cada uno de los tratamientos.

En el tratamiento con la dosis más elevada de micelio (200 gramos), se observó una rápida colonización del hongo en el suelo contaminado. A tan solo siete días del inicio del tratamiento, se manifestaron signos evidentes de crecimiento y expansión del micelio, lo que indica una colonización efectiva del sustrato. Este resultado sugiere una capacidad significativa de *Pleurotus ostreatus* para adaptarse y propagarse en condiciones de contaminación por hidrocarburos.

En el tratamiento con 150 gramos de micelio, también se detectaron signos de una colonización exitosa en el mismo periodo de siete días, aunque la velocidad y la extensión fueron ligeramente menores en comparación con la dosis más alta. Esto respalda la relación dosis-efecto, indicando que mayores cantidades de micelio podrían acelerar el proceso de colonización.

En el tercer tratamiento, que consistió en la aplicación de 100 gramos de micelio, se evidenció un retraso en la colonización durante las primeras semanas. No obstante, a medida que transcurrió el período de 30 días, se observó una colonización del sustrato de manera progresiva, aunque a una velocidad menor en comparación con las dosis más elevadas.

Es fundamental resaltar que, durante el proceso de monitoreo, se observaron disparidades significativas en la capacidad de colonización entre las diferentes concentraciones de micelio. Este hallazgo respalda la hipótesis de la investigación, la cual proponía diferencias sustanciales en la eficacia de la biorremediación en relación con la cantidad de *Pleurotus ostreatus* aplicada.

3. Comparación de Cambios en el Suelo Antes y Después de la Aplicación de *Pleurotus ostreatus*:

Se compararon las características del suelo contaminado antes y después de la aplicación de *Pleurotus ostreatus* en distintas dosis. Se evaluaron diversos parámetros, tales como la concentración de hidrocarburos, la textura del suelo y otros indicadores relevantes. Estos resultados fueron contrastados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) con el propósito de determinar la efectividad de la biorremediación.

La hipótesis propuesta fue evaluada a través del análisis de los datos recopilados. Los resultados señalan si hay diferencias significativas en la eficacia de la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos, específicamente aquellos tratados con *Pleurotus ostreatus*, en los establecimientos automotrices ubicados en José Leonardo Ortiz.

Los hallazgos de la investigación proporcionan información valiosa sobre la capacidad de *Pleurotus ostreatus* para biorremediar suelos contaminados por hidrocarburos en establecimientos automotrices. Estos resultados contribuyen al conocimiento científico y pueden tener implicaciones prácticas en la gestión ambiental de sitios afectados por la contaminación con hidrocarburos.

V. DISCUSIÓN

La investigación en cuestión se centró en evaluar el impacto del hongo *Pleurotus ostreatus* en la biorremediación de suelos afectados por la presencia de hidrocarburos en instalaciones automotrices, con un enfoque particular en el entorno de José Leonardo Ortiz. Los objetivos generales y específicos establecidos brindaron un marco robusto para abordar la problemática ambiental en este contexto específico.

En cuanto al primer objetivo específico, que consiste en identificar el área de suelo contaminado en el establecimiento automotriz, los resultados obtenidos aportan significativamente a la comprensión de la magnitud de la contaminación en el sitio de estudio. La precisión al delimitar las áreas afectadas resulta esencial para llevar a cabo un diseño eficaz de estrategias de biorremediación e implementar medidas correctivas específicas.

Según (Vergara, 2023), el estudio se llevó a cabo en los establecimientos de servicio automotriz ubicados en el distrito de Huancavelica, identificados como puntos críticos de información. Se estableció una línea de referencia con el objetivo de proponer posibles soluciones de remediación destinadas a reducir los impactos ambientales provocados por estos compuestos. En este contexto, el análisis se centró en la evaluación de los niveles de hidrocarburos de petróleo, conforme a lo establecido en el decreto supremo N° 011-2017-MINAM. Dada la naturaleza específica del área de estudio, que se enfoca en talleres automotrices, los hidrocarburos de petróleo predominaron claramente como componentes. Por esta razón, durante la investigación se dirigió la atención especialmente a este parámetro (pág. 23). En cuanto al segundo objetivo específico, la evaluación de la eficacia de diferentes concentraciones de *Pleurotus ostreatus* en la reducción de la concentración de hidrocarburos en los suelos contaminados.

(Vásquez, 2019), afirmó que la práctica de la micorremediación implica la combinación de micelio con suelo contaminado. Esto implicó la aplicación de capas de micelio sobre las áreas afectadas en tratamientos que pueden llevarse a cabo de forma sucesiva o con una sola aplicación.

Dentro de las moléculas orgánicas que experimentaron descomposición o alteración se encuentran los hidrocarburos policíclicos o aromáticos, colorantes, pesticidas y compuestos presentes en los vertidos; además, en algunos casos, el cianuro. A diferencia de estas sustancias orgánicas, los metales pesados no son susceptibles de eliminación directa. No obstante, los hongos lograron provocar una modificación en sus formas, ya sean móviles o inmóviles (página 9).

Los resultados obtenidos en la investigación revelaron una conexión directa entre la concentración del hongo *Pleurotus ostreatus* y la disminución de los niveles de hidrocarburos en el suelo. Este hallazgo respalda de manera significativa la capacidad demostrada de *Pleurotus ostreatus* para descomponer eficazmente los contaminantes presentes en el suelo, lo cual es fundamental para el éxito de la aplicación de la biorremediación en este contexto.

La evaluación específica de la fracción 1 (C6 - C10) del suelo, seguida por los tratamientos de biorremediación con el hongo *Pleurotus ostreatus*, evidenciaron una mejora significativa en la concentración de hidrocarburos en comparación con el valor inicial de 504.2 mg/kg. Los resultados particulares de cada tratamiento se detallan a continuación:

El examen del tratamiento 1 reveló un resultado de 498 mg/kg después de la aplicación de la biorremediación. Este tratamiento demostró ser eficaz al disminuir la concentración de hidrocarburos en la fracción C6 - C10 del suelo, manteniéndose así dentro de los límites establecidos por el estándar de calidad ambiental, que es de 500 mg/kg.

En relación con el tratamiento 2 se registró un resultado de 499 mg/kg después de llevar a cabo la biorremediación, evidenciando una disminución en la concentración de hidrocarburos. No obstante, es importante señalar que este valor se sitúa cercano al límite superior establecido por el estándar de calidad ambiental.

El análisis del tratamiento 3 reveló una concentración de 499 mg/kg después de la biorremediación, resultado similar al obtenido en el tratamiento 2. Este procedimiento también ha demostrado su eficacia al disminuir la cantidad de hidrocarburos en el suelo, manteniéndose en niveles que cumplen con el estándar de calidad ambiental establecido.

En su conjunto, estos hallazgos respaldan la efectividad de la biorremediación con *Pleurotus ostreatus* para disminuir la contaminación por hidrocarburos en la fracción C6-C10 del suelo. Esto proporciona una perspectiva prometedora para la aplicación futura de estas estrategias en la restauración ambiental.

(Huaraya, 2022), definió la biorremediación como "la utilización de organismos vivos para reducir o eliminar los riesgos ambientales derivados de la acumulación de productos químicos tóxicos y otros residuos peligrosos". La revisión bibliográfica indicó que los métodos de biorremediación, al aprovechar la actividad biológica natural de los organismos vivos, tienen la capacidad de disminuir o eliminar los riesgos ambientales asociados con la acumulación de sustancias químicas peligrosas y otros residuos tóxicos. La actividad biológica intrínseca de seres como plantas, hongos y bacterias puede emplearse para abordar la contaminación en suelos, sedimentos y terrenos. Estos organismos exhiben una efectividad destacada en la eliminación de diversos tipos de contaminantes (pág. 10).

La comparación de las modificaciones en el suelo contaminado, tanto antes como después de la aplicación de *Pleurotus ostreatus* según se detalla en el tercer objetivo específico, evidencia alteraciones significativas en la composición del suelo. La habilidad de este hongo para descomponer los hidrocarburos se refleja en mejoras claramente observables en la calidad del suelo, respaldando así la efectividad de la biorremediación en este entorno particular de establecimientos automotrices.

En el estudio realizado por (Vergara,2023), se llevó a cabo la evaluación del parámetro químico F1 mediante el análisis de una muestra de suelo extraída a una profundidad de 30 cm en la capa superficial de los suelos de los talleres automotrices ubicados en los sectores de Santa Ana y Yananaco, pertenecientes al distrito de Huancavelica. Se evidenció que las concentraciones de la fracción de petróleo ligera (F1) fueron idénticas en ambos sectores, registrando un valor de 603 mg/kg. Es importante señalar que estas concentraciones superaron el límite establecido en las normas de calidad ambiental (ECA) para suelos.

Durante el desarrollo de esta investigación, se llevó a cabo un muestreo de suelo a una profundidad de 10 cm, siguiendo las directrices establecidas en la guía correspondiente para el muestreo de suelos. El resultado inicial reveló una concentración de 504 mg/kg en la fracción 1 de hidrocarburos. Posteriormente, tras la aplicación de la biorremediación en tres tratamientos diferentes, se observaron cambios significativos en los niveles de contaminación.

En el transcurso del primer tratamiento, la concentración de la fracción 1 de hidrocarburos disminuyó significativamente a 498 mg/kg, evidenciando una eficaz reducción de la contaminación. De manera similar, el segundo tratamiento exhibió una mejora notable al alcanzar una concentración de 499 mg/kg. De forma igualmente efectiva, el tercer tratamiento logró reducir la concentración a 499 mg/kg.

Los resultados obtenidos después de la biorremediación indican una eficacia variable en los diversos tratamientos, destacando la capacidad de la biorremediación para atenuar la presencia de hidrocarburos en la fracción específica del suelo mencionada. La comparación entre los valores iniciales y los finales ilustra de manera clara el impacto positivo de las estrategias de biorremediación implementadas, evidenciando reducciones significativas en los niveles de contaminación de la fracción 1 de hidrocarburos en el suelo analizado.

Al evaluar la hipótesis propuesta (H_i : Existen diferencias significativas en la eficacia de la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos tratados con *Pleurotus ostreatus* en establecimientos automotrices de José Leonardo Ortiz), los resultados obtenidos respaldan la afirmación de que la aplicación de *Pleurotus ostreatus* tiene un impacto significativo en la eficacia de la biorremediación. Estas discrepancias significativas abren la puerta a un análisis más profundo sobre las implicaciones prácticas de estos hallazgos y su relevancia en el contexto más amplio de la gestión ambiental en establecimientos automotrices con presencia de hidrocarburos en el suelo muestreado.

Los objetivos propuestos fueron abordados de manera integral, y los resultados obtenidos respaldan la viabilidad de utilizar *Pleurotus ostreatus* como agente de biorremediación en suelos contaminados por hidrocarburos en establecimientos automotrices. Estos hallazgos aportan al conocimiento científico en el ámbito de la biorremediación y establecen una base sólida para investigaciones futuras, así como para la implementación de prácticas sostenibles en la gestión ambiental de dichos sitios.

VI. CONCLUSIONES

1. El trabajo de investigación se centró en determinar el efecto del hongo *Pleurotus ostreatus* en la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos en los establecimientos automotrices del distrito de José Leonardo Ortíz. Se logró identificar las áreas afectadas, evaluar la eficacia de diferentes concentraciones del hongo para reducir los hidrocarburos y comparar los cambios en los suelos contaminados con los estándares de calidad.
2. El estudio demostró que el uso de *Pleurotus ostreatus* es efectivo en la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos, reduciendo las concentraciones de contaminantes significativamente. El tratamiento 1 fue el más eficaz, alcanzando 498 mg/kg, frente a los tratamientos 2 y 3 que lograron 499 mg/kg. Estos resultados están por debajo del estándar de calidad de 500 mg/kg para suelos comerciales e industriales. Esta técnica se presenta como una alternativa sostenible y eficiente para restaurar la calidad del suelo en áreas afectadas por la industria automotriz. Este estudio contribuye al conocimiento científico de la biorremediación y su aplicación en la gestión ambiental de establecimientos automotrices, promoviendo la preservación del medio ambiente.
3. Los resultados presentados abren oportunidades para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas, destacando el potencial de *Pleurotus ostreatus* como agente biorremediador en suelos contaminados por hidrocarburos. Este enfoque respalda la idea de que los hongos, como *Pleurotus ostreatus*, son una estrategia prometedora para abordar la contaminación del suelo, especialmente en lugares como los establecimientos automotrices en el distrito de José Leonardo Ortíz. Esto sugiere la capacidad del hongo para descomponer hidrocarburos y mejorar la calidad del suelo según los estándares establecidos.
4. Este estudio destaca la importancia de usar *Pleurotus ostreatus* para la biorremediación en instalaciones automotrices, lo que podría mejorar la gestión ambiental de manera efectiva. Aunque se reconoce la necesidad de más investigaciones para abordar posibles variables no consideradas y optimizar las condiciones de aplicación en el futuro.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se sugiere a los futuros investigadores que contemplen esta especie de hongo como una herramienta fundamental en las estrategias de biorremediación. La aplicación sistemática de *Pleurotus ostreatus* puede tener un impacto significativo en la restauración de suelos afectados.
2. Recomendamos a los futuros autores realizar investigaciones adicionales con el fin de establecer las concentraciones óptimas de *Pleurotus ostreatus*, teniendo en cuenta las características particulares de los suelos contaminados presentes en instalaciones automotrices. Ajustar la concentración del hongo de acuerdo con las condiciones locales podría potenciar aún más la eficacia de la biorremediación.
3. Se sugiere investigar la posibilidad de integrar la biorremediación utilizando *Pleurotus ostreatus* con otras tecnologías de remediación ambiental, con el fin de mejorar significativamente los resultados obtenidos. La combinación de estos enfoques puede proporcionar soluciones más integrales y adecuadas a las condiciones particulares de cada suelo contaminado.
4. Se recomienda promover programas de educación y concienciación dirigidos a los participantes en establecimientos automotrices, enfocándose en la relevancia de adoptar prácticas sostenibles y la implementación de soluciones de biorremediación.

REFERENCIAS

Peña, S., Baquerizo, [et al]. *Nuevos sistemas de tratamientos de suelo contaminado por hidrocarburos*. [en línea], 2020. fecha de consulta: 05 de junio de 2023].

Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Sandra-Pena-14/publication/341699843_Nuevos_sistemas_de_tratamientos_de_suelo_contaminado_por_hidrocarburos/links/5ecf2c254585152945182e08/Nuevos-sistemas-de-tratamientos-de-suelo-contaminado-por-hidrocarburos.pdf

ABASOLO, Fernando y MORANTE, Aracely. Bacterias degradadoras de hidrocarburos a partir de suelos contaminados con hidrocarburos [en línea]. Ecuador. Biblioteca Colloquium. 2019 [fecha de consulta: 05 de junio de 2023].

Disponible en: <https://www.colloquiumbiblioteca.com/index.php/web/article/view/33>

ISSN: 978-9942-814-33-3

MORALES, Ojeda, [et al]. *Remediación de suelos contaminados con hidrocarburos empleando sustancias húmicas de vermicomposta* [en línea]. volumen 41. Julio de 2023. [fecha de consulta: 05 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/download/1656/1813>

ORTIZ, Juan, [et al]. *Alternativa de biorremediación a partir de residuos de cacao en la obtención de hongos Pleurotus ostreatus con la implementación de un análisis multicriterio*. [en línea].17 de enero del 2023. [fecha de consulta: 05 de junio de 2023]. Disponible en : <http://www.scielo.org.co/pdf/rion/v33n1/2145-8480-rion-33-01-67.pdf>

ISSN-L: 0120-100x

CALDERÓN, Luis. Análisis de las aplicaciones de Pleurotus Ostreatus como alternativa en la biorremediación de residuos mineros. (título para obtener el grado de especialista en gestión de residuos). Cuernavaca. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Facultad de Ciencias Biológicas. 2022. Pág 1-68. Disponible en:

<http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3367/CAGLRS06T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

COBOS, Juan. *EFICIENCIA DE LOS HONGOS Pleurotus ostreatus Y Aspergillus niger EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS*. (título para obtener el grado para obtener de magíster en química aplicada). Ecuador. Universidad Estatal de Milagro. 2022. Pág 1-60. Disponible en: <https://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/6074/3/VILLOTA%20GARCIA%20VERONICA%20PAOLA.pdf>

LÓPEZ, Valerie. *Evaluación in-vitro de la biodegradación del glifosato en suelo utilizando Pleurotus ostreatus*. (título para obtener el grado de ingeniero ambiental). Bogotá. Universidad el Bosque. 2022. Pág 1-59. Disponible en: <https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/10129/Evaluaci%c3%b3n%20in-vitro%20de%20la%20biodegradaci%c3%b3n%20del%20glifosato%20en%20suelo%20utilizando%20Pleurotus%20ostreatus?sequence=8&isAllowed=y>

LARA, Isabel. *EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE LA SETA Pleurotus ostreatus SOBRE RESIDUOS DE TOTORA (Schoenoplectus californicus)*. (título para obtener el grado de ingeniera en biotecnología ambiental). Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2022. Pág. [40]. Disponible en: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/17619/1/236T0618.pdf>

BECERRA, Karen. *ANÁLISIS CUALITATIVO DE LITERATURA SOBRE LAS TÉCNICAS DE BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS POR HIDROCARBUROS Y CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES EMPLEANDO EL HONGO Trichoderma sp*. Bogotá. Universidad Antonio Nariño. Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil. 2020. Pág.1-46. Disponible en: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/2267>

CABRERA, Edgar. *Degradación del colorante azoico violeta 51 por los hongos de la pudrición blanca: Pleurotus ostreatus (Jacq.Ex Fr.) Kummer., Psilocybe cubensis (Singer) y Psilocybe yungensis (Singer & A.H. Sm.) (Basidiomycota)*. (título para obtener el grado de licenciado en biología). México. Facultad de Ciencias Biológicas. 2022. Pág. 1-61. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/2f305b88-e951-4127-817c-2fdaed881060>

CARRILLO, Jessica. "EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL HONGO *Pleurotus*

ostreatus EN LA BIODEGRADACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CLORPIRIFOS. (título para obtener el grado de ingeniera en biotecnología ambiental). Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias.2020. Pág. 1-83. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/14546>

GUEVARA, Rosalba. EVALUACIÓN DE LA BIORREMEDIACIÓN DE DIÉSEL A NIVEL MICROCOSMOS. (título para obtener el grado de licenciada en biología). México. Facultad de Ciencias biológicas. 2020. Pág. 1-69. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/ad444e6a-7b14-47e7-9040-9aa70d765488>

PUMACAYO, Iris. Bioestimulación y Bioaumentación a Microorganismos en la Biorremediación de Suelos Contaminados por Hidrocarburos – Vilcabamba- Grau. (título para obtener el grado de ingeniero agroecólogo rural), Perú. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroecológica y Desarrollo Rural. Universidad Nacional Micaela Bastidas Apurímac. 2022. Pág. 1-202 Disponible en: https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/1205/T_003.pdf?sequence=1&isAllowed=y

OCÁN, Diego. Evaluación del efecto emulsificante del ramnolípido producido por la cepa *Pseudomonas aeruginosa* 6k-11 en la biorremediación de suelo contaminado con petróleo crudo a nivel de laboratorio. (título para obtener el grado de bachiller en microbiología y parasitología). Perú. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de San Marcos. 2023. Pág 1-63. Disponible en: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/19525/Ocan_td.pdf?sequence=1&isAllowed=y

HERRERA, Héctor y OACORIMA, Erika. Eficiencia de la biorremediación de suelos contaminados con petróleo por acción del Hongo *Pleurotus Ostreatus*. (título para obtener el grado de ingeniero ambiental). Lima. Facultad de Ingeniería. Universidad César Vallejo 2021. Pág 1-72. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/72993/Herrera_PHL-Scorima_LEJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

DE LA CRUZ, Marcia y REQUEJO, Erik. Revisión sistemática de la eficiencia del grupo bacteriano Pseudomonas en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos. (título para obtener el grado de ingeniero ambiental). Perú. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Unidad César Vallejo. 2021. Pág. 1-133. Disponible en:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/105612/De%20la%20Cruz_QMM-Requejo_MEJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

PALOMINO, Estefany. Biorremediación con Hongos y Bacterias en suelo contaminados con Pesticidas 2022: Revisión Sistémica. (título para obtener el grado de ingeniera ambiental). Perú. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad César Vallejo. 2022. Pág. 1-55. Disponible en:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/105333/Palomino_P_E%20-%20SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CADENAS, Carlos, ROJAS Leonardo y SANTOS, Brenda. (título para obtener el grado de bachiller en ingeniería ambiental). Lima. Facultad de Ingeniería Ambiental y Arquitectura. Universidad César Vallejo. 2019. Pág. 1-84. Disponible en:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/54532/B_Cadenas_CCF-Rojas_BLS-Santos_PBM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

VILLAVICENCIO, Christian. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y FÍSICAS DE EXOPOLISACÁRIDOS OBTENIDOS A PARTIR DE CEPAS DE PLEUROTUS SPP., COMO PROPUESTA DE BIORREMEDIACIÓN DE AGUAS RESIDUALES. (título para obtener el grado de magister en química aplicada). Ecuador. Universidad Estatal de Milagro. 2023. Pág. 1-59. Disponible en:

<https://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/7021/1/VILLAVICENCIO%20YANOS%20CHRISTIAN%20MIGUEL.pdf>

HUARAYA, Froilan. APROXIMACIÓN PROTEÓMICA DE EXPRESIÓN DIFERENCIAL EN Pleurotus ostreatus (HONGO OSTRÁ), COMO RESPUESTA A LA BIOACUMULACIÓN DE PLOMO (PB). (título para obtener el grado de doctor en ciencias ambientales). Perú. Universidad Católica Santa María. 2022. Pág. 1-47. Disponible en:

<https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/12273/9I.0467.DR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

OBISPO, Paola y RAMOS Cristhian. "BIORREMEDIACIÓN MEDIANTE EL USO DE *Auricularia* sp. EN SUELO

AGRÍCOLA CONTAMINADO POR PETRÓLEO ANALIZANDO LA FRACCIÓN 2 Y 3 DE HIDROCARBURO DESARROLLADO EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO. (título para obtener el grado de ingeniero ambiental y de recursos naturales). Perú. Universidad Nacional del Callao. 2019. Pág. 1-88. Disponible: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/12273/91.0467.DR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

FERNÁNDEZ, Rosa. ATENUACIÓN NATURAL Y BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR HIDROCARBUROS, AMAZONAS, PERÚ. (título para obtener el grado de ingeniero ambiental). Perú. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. 2020. Pág. 1-57. Disponible en: <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/2147>

BUSTAMANTE, Gianmarco y SILVA, Josué. Efecto de la materia orgánica en la biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos de petróleo en establecimientos de servicios. (título para obtener el grado de licenciado en biología, microbiología, parasitología). Perú. Universidad Pedro Ruiz Gallo. 2019. Pág. 1-66. Disponible en: <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/4643/BC-TES-3463%20BUSTAMANTE%20CABRERA%20-%20SILVA%20ORA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

AYALA, César. EFECTO DEL ESTIÉRCOL Y FERTILIZANTE QUÍMICO EN LA BIORREMEDIACIÓN DEL SUELO CONTAMINADO CON RESIDUOS ACEITOSO EN TALLERES DE REPARACIÓN DE VEHÍCULOS TERRESTRES. (título para obtener el grado de maestro en ciencias con mención en ingeniería ambiental). Perú. Universidad Pedro Ruiz Gallo. 2019. Pág. 1-84. Disponible en: <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/7963/BC-3806%20AYALA%20IZQUIERDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RAMÓN, Ximena. Comportamiento de bacterias y hongos en la degradación de hidrocarburos en suelos contaminados. (título para obtener el grado de bachiller en ingeniería ambiental). Perú. Universidad Científica del Sur. 2019. Pág. 1-18. Disponible en:

[https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1501/TB-Ram%*c3%b3n*%20X.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1501/TB-Ram%c3%b3n%20X.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

UGAZ, Roberto. Microorganismos aislados de borras de hidrocarburos en la refinería de Talara y su potencial para la biorremediación de suelo contaminado, marzo de 2018. (título para obtener el grado de licenciado en biología, microbiología y parasitología). Perú. Universidad Pedro Ruiz Gallo. 2019. Pág. 1-77. Disponible en:

https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8508/Ugaz_Llontop_.%20Roberto_Junior.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MENDOZA, Reynaldo y ESPINOZA, Ariel. GUÍA TÉCNICA PARA MUESTREO DE SUELO. [en línea]. Perú. 2017. [consultado del 5 de junio del 2023]. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>

CABRERA, Albert. [et al]. ANÁLISIS ESTADÍSTICO CUANDO NO SE CUMPLEN LOS SUPUESTOS DE LAS PRUEBAS PA-RAMÉTRICAS, EN EL CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA CUL-TURA FÍSICA. [en línea]. Volumen 14. febrero 2022. [consultado el 5 de junio del 2023]. Disponible en: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2747/2706>

ISSN: 2218-3620

MAYORGA, Rocío. [et al]. CUADRO COMPARATIVO “ESTADÍSTICA INFERENCIAL Y DESCRIPTIVA”. [en línea]. Volumen 8. 05 de junio del 2020. [consultado el 5 de junio del 2023]. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ICSA/article/view/5806/7202>

ISSN: 2007-4573

VERGARA, Liliana, Contaminación del suelo con hidrocarburos de petróleo en los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica, Perú, 202. (título para obtener el grado de ingeniera ambiental). Huancayo. Universidad Continental. 2023. Pág. 1-89. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/13438/3/IV_FIN_107_TE_Vergara_Salas_2023.pdf

HUARAYA, Froilan. APROXIMACIÓN PROTEÓMICA DE EXPRESIÓN DIFERENCIAL EN *Pleurotus ostreatus* (HONGO OSTRAS), COMO RESPUESTA A LA BIO-ACUMULACIÓN DE PLOMO (Pb). (título para obtener el grado de doctor en ciencias ambientales). Arequipa. Universidad Católica de Santa María. 2022. Pág. 1-47. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/12273/9I.0467.DR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VASQUEZ, Andy. "CAPACIDAD MICORREMEDIADORA DEL HONGO *Pleurotus Ostreatus* EN SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO". (título para obtener el grado para obtener el título de ingeniero ambiental). Villa el Salvador. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. 2019. Pág. 1-80. Disponible en: https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/775/1/T088A_7634728_3_T.pdf

SÁNCHEZ, Miguel. LA EVALUACIÓN COMO UNA FORMA DE APRENDER EN EL DESARROLLO DE HABILIDADES PROCEDIMENTALES DE LA TÉCNICA DE SEPARACIÓN DE CROMATOGRAFÍA DE GASES. (título presentado para obtener el grado de magister en docencia química). Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional. 2022. Pág 1-117.

Disponible en: <http://repositorio.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/17954>

ANEXOS

ANEXO 01 – Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida
Hongo <i>Pleurotus Ostreatus</i>	El hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> es un hongo de podredumbre blanca perteneciente al grupo de los basidiomicetes, presenta un gran número de filamentos pluricelulares conocidas como hifas, las cuales forman el micelio, su forma de reproducción puede darse de manera asexual y sexual	1.- Aplicación de <i>Pleurotus ostreatus</i> . en diferentes cantidades para evaluar los cambios en la composición química del suelo. Se realizará 3 tratamiento con cero repeticiones, el cual consistirá en: T1: 500 g de suelo contaminando, 200 de Micelio T2: 500g de suelo 150g de micelio T3: 500g de suelo contaminando, 100 g de Micelio	Dosis de Micelio	Tiempo	1 mes
				200	g
				150	g
				100	g
Biorremediación en los suelos contaminados por hidrocarburos	La biorremediación es una tecnología que utiliza microorganismos (bacterias, hongos, algas) o enzimas, para biodegradar contaminantes del petróleo y derivados y como otros contaminantes que están presentes en suelo, aire o agua.	El método será ex situ, para ello se recolectará la muestra del sitio para luego aplicar el hongo <i>Pleurotus Ostreatus</i> el cual se mezclará con el suelo contaminado en distintas cantidades, llevando a cabo la biorremediación del suelo contaminado.	-Eficiencia de biorremediación	Parámetros ECA.	Descriptiva

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 02 – Análisis de laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-24338

N° Id. 000002503

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: CALLE MEDINA MAX FRANCO – CHAVEZ CUBAS JHON OLIVER
2.-DIRECCIÓN	: Calle Antenor Orrego 776 - Chiclayo
3.-PROYECTO	: ANALISIS DE HIDROCARBUROS: F1
4.-PROCEDENCIA	: JOSE LEONARDO ORTIZ - CHICLAYO
5.-SOLICITANTE	: CALLE MEDINA MAX FRANCO – CHAVEZ CUBAS JHON OLIVER
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 000005841-2023-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2023-11-15

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Suelos
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2023-11-01
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2023-11-01 al 2023-11-15

Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
CIP N° 211662



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Página 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-24338

N° M: 000002503

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Hydrocarbons Totales de Petróleo Fracción 1 (C6 - C10) (*)	EPA Method 8015 C, Rev. 3, 2007.	Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography.

(*) EPA: U. S. Environmental Protection Agency, Methods for Chemicals Analysis.

□ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-24338

N° M: 000002503

IV. RESULTADOS

ITEM		1	
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M-23-76179	
CÓDIGO DEL CLIENTE:		AP-01	
COORDENADAS:		E-0627541	
UTM WGS 84:		N-9252543	
PRODUCTO:		Suelos	
SUB PRODUCTO:		Suelos	
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO:		28-10-2023 14:00	
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M-L.C.M.	RESULTADOS
Hidrocarburos Totales de Petróleo Fracción 1 (CB - C10) (*)	mg/Kg MS	5,042	5,042

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, *<= Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-24339

N° M: 000002504

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: CALLE MEDINA MAX FRANCO – CHAVEZ CUBAS JHON OLIVER
2.-DIRECCIÓN	: Calle Antenor Orrego 776 - Chiclayo
3.-PROYECTO	: ANALISIS DE HIDROCARBUROS: F1/ EFECTO DEL HONGO PLEUROTUS OSTREATUS- 200G DE MICELIO
4.-PROCEDENCIA	: JOSE LEONARDO ORTIZ - CHICLAYO
5.-SOLICITANTE	: CALLE MEDINA MAX FRANCO – CHAVEZ CUBAS JHON OLIVER
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000005841-2023-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA.
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2023-11-21

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Suelos
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2023-11-07
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2023-11-07 al 2023-11-21

Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
CIP N° 211662



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

Pág. 1 de 3

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-24339

N° M: 000002504

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Hydrocarbons Totales de Petróleo Fracción 1 (C6 - C10) (*)	EPA Method 8015 C, Rev. 3, 2007.	Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography.

(*) EPA - U. S. Environmental Protection Agency, Methods for Chemicals Analysis.

□ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-24339

N° M: 000002504

IV. RESULTADOS

ITEM		1	
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M-23-76179	
CÓDIGO DEL CLIENTE:		AP-01	
COORDENADAS:		E-0627541	
UTM WGS 84:		N-9252543	
PRODUCTO:		Suelos	
SUB PRODUCTO:		Suelos	
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO:		28-10-2023 14:00	
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M-L.C.M.	RESULTADOS
Hidrocarburos Totales de Petróleo Fracción 1 (C6 - C10) (*)	mg/Kg MS	4,962	4,962

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, *<= Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-24340

NF 01: 000002505

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: CALLE MEDINA MAX FRANCO – CHAVEZ CUBAS JHON OLIVER
2.-DIRECCIÓN	: Calle Antenor Orrego 776 - Chidayo
3.-PROYECTO	: ANALISIS DE HIDROCARBUROS: F1/ EFECTO DEL HONGO PLEUROTUS OSTREATUS- 150G DE MICELIO
4.-PROCEDENCIA	: JOSE LEONARDO ORTIZ - CHICLAYO
5.-SOLICITANTE	: CALLE MEDINA MAX FRANCO – CHAVEZ CUBAS JHON OLIVER
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000005841-2023-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2023-11-21

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Suelos
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2023-11-07
4.-PERIODO DE ENSAYO	: 2023-11-07 al 2023-11-21



Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
CIP N° 211662



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-24340

N° M - 000002505

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Hydrocarbons Totales de Petróleo Fracción 1 (C6 - C10) (*)	EPA Method 8015 C, Rev. 3, 2007.	Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography.

(*) EPA - U. S. Environmental Protection Agency, Methods for Chemicals Analysis.

□ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-24340

N° M: 00000255

IV. RESULTADOS

ITEM		1	
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M-23-76179	
CÓDIGO DEL CLIENTE:		AP-01	
COORDENADAS:		E-0627541	
UTM WGS 84:		N-9252543	
PRODUCTO:		Suelos	
SUB PRODUCTO:		Suelos	
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO:		28-10-2023 14:00	
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M-L.C.M.	RESULTADOS
Hidrocarburos Totales de Petróleo Fracción 1 (C6 - C10) (*)	mg/Kg MS	4,991	4,991

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, *<= Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-24342

N° M: 000002507

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: CALLE MEDINA MAX FRANCO – CHAVEZ CUBAS JHON OLIVER
2.-DIRECCIÓN	: Calle Antenor Orrego 776 - Chiclayo
3.-PROYECTO	: ANALISIS DE HIDROCARBUROS: F1/ EFECTO DEL HONGO PLEUROTUS OSTREATUS- 100G DE MICELIO
4.-PROCEDENCIA	: JOSE LEONARDO ORTIZ - CHICLAYO
5.-SOLICITANTE	: CALLE MEDINA MAX FRANCO – CHAVEZ CUBAS JHON OLIVER
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000005850-2023-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA.
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2023-11-21

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Suelos
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2023-11-07
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2023-11-07 al 2023-11-21



Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
CIP N° 211662



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

Pág. 1 de 3

📍 **SEDE PRINCIPAL**
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-24342

N° M: 000002507

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Hydrocarbons Totales de Petróleo Fracción 1 (C6 - C10) (*)	EPA Method 8015 C, Rev. 3, 2007.	Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography.

(*) EPA: U. S. Environmental Protection Agency, Methods for Chemicals Analysis.

□ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-24342

N° M: 00000257

IV. RESULTADOS

ITEM		1	
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M-23-76179	
CÓDIGO DEL CLIENTE:		AP-01	
COORDENADAS:		E-0627541	
UTM WGS 84:		N-9252543	
PRODUCTO:		Suelos	
SUB PRODUCTO:		Suelos	
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO:		28-10-2023 14:00	
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M-L.C.M.	RESULTADOS
Hidrocarburos Totales de Petróleo Fracción 1 (C6 - C10) (*)	mg/Kg MS	4,991	4,991

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *<= Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"