

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

“Efecto remediador de diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados para mejorar la calidad del suelo contaminado con aceite automotriz Huánuco-2024”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

AUTOR: Arteaga Rodil, Josef Osnar

ASESOR: Zacarías Ventura, Héctor Raúl.

HUÁNUCO – PERÚ
2025

U

D

H



TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación ambiental

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71430265

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22515329

Grado/Título: Doctor en ciencias de educación

Código ORCID: 0000-0002-7210-5675

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Tarazona Mirabal, Herman Atilio	Magister en salud pública y gestión sanitaria gestión y planeamiento educativo	22411008	0000-0001-5319-4708
2	Morales Aquino, Milton Edwin	Maestro en ingeniería, con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	44342697	0000-0002-2250-3288
3	Romero Estacio, Jorge Antonio	Maestro en gestión pública para el desarrollo social	22520481	0009-0000-2063-4076



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 18:00 horas del día 11 del mes de junio del año 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

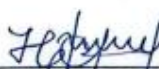
- Mg. Herman Atilio Tarazona Mirabal (Presidente)
- Mg. Milton Edwin Morales Aquino (Secretario)
- Mg. Jorge Antonio Romero Estacio (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 1054-2025-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"EFECTO REMEDIADOR DE DIFERENTES PROPORCIONES DE BOKASHI DE LODOS ESTABILIZADOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL SUELO CONTAMINADO CON ACEITE AUTOMOTRIZ HUÁNUCO-2024"**, presentado por el (la) Bach. **ARTEAGA RODIL, JOSEF OSNAR**; para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADO Por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 1.3 y cualitativo de SUFICIENTE (Art. 47)

Siendo las 18:15 horas del día 11 del mes de Junio del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


Mg. Herman Atilio Tarazona Mirabal
DNI: 22411008
ORCID: 0000-0001-5319-4708
Presidente


Mg. Milton Edwin Morales Aquino
DNI: 44342697
ORCID: 0000-0002-2250-3288
Secretario


Mg. Jorge Antonio Romero Estacio
DNI: 22520481
ORCID: 0009-0000-2063-4076
Vocal



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: JOSEF OSNAR ARTEAGA RODIL, de la investigación titulada "Efecto remediador de diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados para mejorar la calidad del suelo contaminado con aceite automotriz Huánuco-2024", con asesor(a) HÉCTOR RAÚL ZACARÍAS VENTURA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 0946-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 8 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 28 de marzo de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

ZACARIAS VENTURA, Héctor Raúl
DNI N° 22515329
ORCID: 0000-0002-7210-5675

337. Arteaga Rodil, Josef Osnar.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

2

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

dspace.aepro.com

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.cientifica.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

5

dspace.ups.edu.ec

Fuente de Internet

<1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

ZACARIAS VENTURA, Héctor Raúl
DNI N° 22515329
ORCID: 0000-0002-7210-5675

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, a mi madre por su ternura a mi padre por su sacrificio cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido la base de mis logros. Agradezco su fe en mí y los sacrificios que han hecho para que pueda alcanzar mis sueños.

También quiero dedicar esta obra a mis profesores y mentores, quienes me han inspirado con su conocimiento y pasión por la enseñanza. Su guía ha sido invaluable en este viaje académico.

Finalmente, a mis amigos, por su compañía y ánimo en los momentos de desafío, gracias por estar siempre a mi lado.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que me han apoyado a lo largo de este proceso. Sin su ayuda, este trabajo no habría sido posible.

En primer lugar, agradezco a mi asesor de tesis, Dr. Héctor Raúl Zacarías Ventura por su orientación, paciencia y motivación constante. Su compromiso y experiencia han sido una luz guía en este viaje.

A mis jurados y mentores, Mg. Herman Atilio Tarazona Mirabal, Mg. Milton Morales Aquino, Mg. Jorge Antonio Romero Estacio, quiero agradecerles por compartir sus conocimientos y por inspirarme a buscar la excelencia académica. Cada uno de ustedes ha dejado una huella significativa en mi formación.

Un agradecimiento especial a mis compañeros de universidad, quienes han sido no solo colegas, sino también grandes amigos. Gracias por los momentos compartidos, el apoyo y las risas durante este proceso.

A mi familia, por su amor incondicional y por siempre creer en mí. Su apoyo ha sido fundamental en cada paso de este camino.

Por último, agradezco a todas las personas que, de una manera u otra, contribuyeron a este trabajo. Su ayuda ha sido invaluable.

CONTENIDO

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE DE TABLAS	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
INTRODUCCIÓN	X
CAPÍTULO I	12
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA	12
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	14
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	15
1.3. OBJETIVO GENERAL	15
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
CAPÍTULO II	18
MARCO TEÓRICO	18
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	18
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	19
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	21
2.2 BASES TEÓRICAS	23

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES	53
2.4 HIPÓTESIS.....	58
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	58
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICA.....	58
2.5 VARIABLES.....	58
2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	58
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE	58
CAPÍTULO III	60
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	60
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	60
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	62
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS ...	63
PROTOCOLO DE EJECUCIÓN	63
PROTOCOLO DE MUESTREO DE SUELOS	66
CAPÍTULO IV.....	72
RESULTADOS.....	72
CAPITULO V.....	81
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	81
CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES.....	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ANEXOS.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de operacionalización de variables	59
Tabla 2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	63
Tabla 3 Propiedades físicas del suelo contaminado con aceite automotriz antes y después de la remediación con diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados.....	72
Tabla 4 Propiedades químicas del suelo contaminado con aceite automotriz antes y después de la remediación con diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados.....	73
Tabla 5 Hidrocarburos totales C10 a C28 (mg/Kg) en el suelo contaminado con aceite automotriz antes y después de la remediación con diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados.....	74
Tabla 6 Prueba de normalidad de los datos de hidrocarburos.....	76
Tabla 7 Prueba de normalidad de los datos	77
Tabla 8 Valores de pH	77
Tabla 9 Valores de temperatura.....	78
Tabla 10 Prueba de hipótesis con t de Student para muestras independientes	79
Tabla 11 Prueba de hipótesis con t de Student para muestras independientes	80

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipos de Hidrocarburos.....	48
Figura 2 Diesel.....	49
Figura 3 Descomposición de hidrocarburos.....	53
Figura 4 Cuarteo de suelo	65
Figura 5 Contaminación del suelo.....	66
Figura 6 Partición de muestras	67
Figura 7 Partición de muestras	68
Figura 8 Profundidad del muestreo según el uso del suelo	68
Figura 9 Propiedades físicas del suelo contaminado con aceite automotriz antes y después de la remediación con diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados.....	73
Figura 10 Hidrocarburos totales C10 a C28 (mg/Kg) en el suelo contaminado con aceite automotriz antes y después de la remediación con diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados.....	75
Figura 11 Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra.....	76
Figura 12 Valores de pH	78
Figura 13 Valores de temperatura	78

RESUMEN

La investigación, tuvo como principal **objetivo** determinar el efecto remediador del bokashi con lodos estabilizados para mejorar la calidad del suelo contaminado con aceite automotriz. La **metodología** empleada fue experimental donde primeramente se secaron los lodos en la luz solar, paralelamente se preparó el bokashi, se tamizaron y mezclaron estos productos 50:50, posteriormente se emplearon dos grupos experimentales y cuatro repeticiones, donde el primer grupo tuvo 50 % de tierra contaminada y 50 % de bokashi con lodos estabilizados, el segundo grupo tuvo 70 % de tierra contaminada y 30 % de bokashi con lodos estabilizados. Los **resultados** comparativos indican que el primer grupo experimental tuvo mayor efecto en la reducción de aceite y en la optimización de los parámetros fisicoquímicos. En el primer grupo la concentración de aceite se redujo en un 57% comenzando con 10000 mg/kg y llegando a 4300 mg/kg, la clase textural no sufrió cambios manteniéndose en franco arenosa al inicio y al final, la conductividad aumento de 1,32 a 4,67, el pH comenzó con 7,98 moderadamente alcalino y redujo hasta 6,55 neutro, la CIC comenzó con 10,53 y finalizo con 15,55 , la relación C:N inicio con 11,30 y se mantuvo en 11,30 que se encuentran dentro del rango, la materia orgánica aumento de 3,25 a 10,35 % , de igual forma el contenido de N, P, K, Ca aumentaron considerablemente. Por lo tanto, se **concluye** que la adición de la mezcla de bocashi y lodos estabilizados al suelo tienen efecto en la remoción de aceite automotriz, además que favorece a neutralizar el pH del suelo, y optimizar los parámetros fisicoquímicos.

Palabras clave: bocashi, lodos estabilizados, calidad de suelo, aceite automotriz, tierra contaminada.

ABSTRACT

The main objective of this research was to determinate the remedial effect of bokashi with stabilized sludge to improve the quality of soil contaminated with automotive oil. The methodology used was experimental, where first the sludge was dried in sunlight, in parallel the bocashi was prepared, these products were sifted and mixed 50:50, then two experimental groups and four repetitions were used, where the first group had 50% contaminated soil and 50% bocashi with stabilized sludge, the second group had 70% contaminated soil and 30% bokashi with stabilized sludge. The comparative results indicate that the first experimental group had a greater effect on oil reduction and on the optimization of physicochemical parameters. In the first group the oil concentration was reduced by 57% starting with 10,000 mg / kg and reaching 4,300 mg / kg soil, the textural class did not change remaining in sandy loam at the beginning and at the end, the conductivity increased from 1.32 to 4,67 strongly saline, the pH began with 7.98 moderately alkaline and reduced to 6.55 neutral, the CEC began with 10.53 and ended with 15.55, the C: N ratio started with 11.30 and remained at 11.30 which are within the range, the organic matter increased from 3.25 to 10.35%, likewise the content of N, P, K, Ca increased considerably. Therefore, it is concluded that the addition of the mixture of bocashi and stabilized sludge to the soil has an effect on the removal of automotive oil, in addition to favoring neutralizing the pH of the soil, and optimizing the physicochemical parameters.

Keywords: bocashi, stabilized sludge, soil quality, automotive oil, contaminated soil

INTRODUCCIÓN

En la situación actual que vivimos el suelo es un recurso trascendental para el ser humano, en el cual desarrollamos distintas actividades que sustentan la vida de la población, sin embargo, el aumento de actividades industriales incrementa la contaminación edáfica y este es un problema que no se trata adecuadamente ya que en la última década se notaron cambios exageradamente bruscos en el ámbito ambiental. Es necesario entender que el suelo es una parte esencial para los ecosistemas naturales del mundo, siendo necesario para un adecuado desarrollo de los seres vivos, entre ellos incluido el hombre. Este recurso por su naturaleza no se puede renovar a corto plazo, la protección y las regulaciones y acciones para controlar la contaminación son necesarias para salvaguardar la esfera y los individuos que en el habitan.

La contaminación ambiental del recurso edáfico por sustancias compuestas de hidrocarburos es de poca importancia para gran parte de la sociedad, sin embargo, este tema es de gran relevancia ya que el 95 % de los alimentos que consumimos día a día son cultivados en los suelos desempeñando un rol importante en la seguridad alimenticia del mundo. (FAO, 2022).

El derrame de aceite automotriz en el suelo crea una capa que hace imposible la entrada de agua y oxígeno lo que hace que este suelo se vuelva inútil, es decir hace que pierda la capacidad de administrar vida sin oxígeno y sin agua por lo tanto este suelo muere. El derrame de esta clase de hidrocarburos en el suelo también afecta en relación a la capacidad de suficiencia de nutrientes lo que ocasiona que el suelo pierda su fertilidad perturbando el desarrollo de las plantas, organismos microscópicos y animales que consiguen su alimento de estas. A medida que el hidrocarburo se infiltra en el suelo, este debido a sus componentes tóxicos hace que sus propiedades, físicas, químicas biológicas se alteren negativamente ocasionando una pérdida de su calidad para la suficiencia de vida.

Las dispersiones de hidrocarburos en el suelo causan perjuicios, crean minerales tóxicos que son absorbidos por los vegetales ocasionan daños en

la estructura edáfica, variación de materia orgánica y disminución de los componentes primordiales del suelo, además está expuesta a lixiviación y erosión. La fertilidad se disminuye cuando los hidrocarburos se encuentran en el suelo, se da una disminución de cosechas y los seres humanos están expuestos a efectos perjudiciales.

En cualquier tipo de ecosistema que esté presente el hombre, acuático o terrestre se pueden producir estas afecciones lo que causa daños ecológicos conllevando a pérdida de flora y fauna del medio las cuales son indispensables para el progreso y supervivencia de la especie. Cuando los hidrocarburos están presentes en el suelo este se descompone lo que genera que se vuelva inútil.

La remediación es una técnica clave dentro de las tecnologías, que consiste en añadir nutrientes o fertilizantes al suelo para optimar el desarrollo de los microorganismos presentes, estos poseen la suficiencia de disgregar los hidrocarburos, incluyendo el aceite residual automotriz, esta práctica ha demostrado ser efectiva para la eliminación de estos contaminantes del suelo. (Palma et al., 2023).

Esta es una técnica simple y eficiente usada para el tratamiento de suelos de forma más sutil y natural porque se bioestiman los microorganismos para ejecutar el proceso, la principal función de estos es disgregar sustancias altamente contaminantes en agregados pocos dañinos para el medio. La remediación radica en estimular los microorganismos del suelo a través de la agregación de nutrimentos para producir condiciones óptimas para metabolizar los polutantes, el éxito depende de la existencia de microorganismos con un metabolismo idóneo para convertir los xenobioticos en sustancias más simples que pueden reintegrarse al ciclo biogeoquímico.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

A nivel mundial, el parque automotriz es responsable del 65% del total de aceite que se desecha, el 35 % que resta lo produce la industria, estos aceites dan origen a residuos nocivos que dañan la cualidad del suelo y el ambiente, el aceite automotriz contiene hidrocarburos y metales pesados que contaminan y alteran la química del suelo. A nivel global, los vertidos de aceites de motor han sido una causa importante de problemas ambientales en el suelo a lo largo de décadas. En el mundo, estos aceites, provenientes de automóviles y maquinaria industrial, se consideran residuos altamente contaminantes para el planeta, generando preocupación en la población mundial. Durante su uso, los aceites se degradan y producen residuos como metales pesados y otras sustancias dañinas, especialmente en la exposición a altas temperaturas y presiones en motores, máquinas y procesos industriales. (Ali et al., 2019)

A nivel nacional, el parque automotor en el año 2022 fue de 3,301 435 unidades vehiculares y se estima que este crezca en los próximos años debido al crecimiento urbano y la rápida expansión industrial que requiere un elevado movimiento de transporte vehicular (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2024). Por consecuencia los establecimientos dedicados a la reparación de automóviles conocidos como talleres mecánicos van a incrementar considerablemente, al manipular aceites, químicos e hidrocarburos generan un considerable volumen de residuos polutantes, estos compuestos son persistentes y difíciles de biodegradar, permaneciendo en el suelo durante largos períodos. Estos materiales traen consecuencias negativas en el espacio donde operan, y por lo general en el ambiente porque se encuentran en la lista de residuos industriales, que no solamente son dañinos sino peligrosos para el hombre. (UTECO, 2024)

En la ciudad de Huánuco y a sus alrededores actualmente tenemos un problema ambiental que tiene un acrecentamiento significativo y acelerado a

escala local, debido y porque en los últimos 20 años el crecimiento del parque automotor se ha doblado, ya que en el año 2004 existían 10968 vehículos y en el año 2022 había aproximadamente 20000 vehículos. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2024). Además, al crecer el parque automotor los establecimientos que se encargan del mantenimiento de vehículos también ha crecido, lo que conlleva a un mayor riesgo de exposición y contaminación por aceites, el cual debido a su alta toxicidad es perjudicial para la salubridad de las personas, así como para la cualidad del ambiente, y sus elementos tanto aire, agua y suelo ocasionando graves problemas de polución.

El desecho inadecuado del aceite automotriz afecta negativamente al suelo, resaltando tres aspectos principales: la contaminación química provocada por hidrocarburos y metales pesados que alteran la composición del suelo; la toxicidad que impacta tanto a microorganismos benéficos como a la flora, dificultando la absorción de nutrientes y agua; y el riesgo de contaminación de aguas subterráneas, que pone en peligro ecosistemas y la salud humana.

La polución del terreno por aceites lubricantes es una problemática importante en el ámbito ambiental, cuando los aceites lubricantes se filtran al suelo, pueden causar daños a los ecosistemas, contaminar las aguas del subsuelo y afectar la calidad del sustrato, la toxicidad del aceite automotriz puede afectar negativamente a microorganismos que ayudan en la descomposición de materia orgánica, las raíces de las plantas se ven afectadas en su capacidad para absorber agua y nutrientes, lo que puede llevar a su debilitamiento o muerte. Los aceites poseen una diversidad de componentes químicos tóxicos, como hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y metales pesados, que son muy dañinos para la salud y el ambiente, estos compuestos pueden persistir en el suelo durante mucho tiempo y pueden ser difíciles de limpiar.

En el terreno, el aceite de motores crea una capa que evita que haya intercambio de gases con la atmósfera, al mismo tiempo que detiene la actividad de los microorganismos aerobios heterótrofos nativos que son importantes para el reciclaje de materia y los ciclos biogeoquímicos lo que

conlleva a que el terreno pierda su fertilidad. Estos contaminantes en ocasiones se introducen a la cadena alimenticia por medio de los alimentos lo que resulta perjudicial para la salud ya que posee componentes altamente tóxicos, alterando la calidad de vida de las personas y ocasionando problemas de salud en personas vulnerables como niños y ancianos, La contaminación del suelo impacta negativamente en la cadena alimenticia desde insectos hasta animales y plantas. (Pasaye et al., 2020)

En resumen, la polución del suelo por aceites lubricantes es un problema grave que requiere de una acción urgente y coordinada por parte de los gobiernos, las empresas y la sociedad en su conjunto para proteger el medio ambiente y promover un desarrollo sostenible ya que representa una seria amenaza para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, es crucial implementar medidas efectivas de prevención y remediación para mitigar los impactos negativos de esta forma de contaminación en el medio ambiente.

Por ende, esta investigación tiene como propuesta aplicar la remediación utilizando diferentes proporciones de la mezcla de lodos estabilizados y bocashi como enmienda orgánica al suelo, añadir agua sin cloro hasta lograr una humedad mayor al cincuenta por ciento, y monitorear interdiariamente, de la misma manera se realizarán volteos periódicamente para facilitar la entrada de oxígeno que favorecerá la acción de los microorganismos , se realizará el mismo procedimiento durante 12 semanas , con el objetivo de reducir la concentración de aceite automotriz y mejorar sus propiedades físicas , químicas , finalmente a la semana 12 se recolectarán las muestras en los envases enviados por el laboratorio para su posterior análisis y entrega de resultados.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el efecto remediador de diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados para mejorar la calidad del suelo contaminado con aceite automotriz?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cuáles son las propiedades físicas del suelo contaminado con aceite automotriz antes y después de la remediación con diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados?

¿Cuáles son las propiedades químicas del suelo contaminado con aceite automotriz antes y después de la remediación con diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados?

¿Cuál es la concentración de aceite automotriz antes y después de la remediación con diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados?

1.3. OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto remediador de diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados para mejorar la calidad del suelo contaminado con aceite automotriz.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Comparar las propiedades físicas del suelo contaminado con aceite automotriz antes y después de la remediación con diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados.

Comparar las propiedades químicas del suelo contaminado con aceite automotriz antes y después de la remediación con diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados

Comparar la concentración de aceite automotriz antes y después de la remediación con diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta idea se desarrolla, debido a que se pudo observar que las PTAR generan grandes volúmenes de lodos, los cuales muchas veces no tienen una buena disposición final los cuales se podrían aprovechar y darle un uso más sustentable, estos lodos que se generan en estos establecimientos representan grandes cantidades de nutrientes, materia orgánica y microorganismos. Por otro lado, el Bokashi se prepara con deyecciones de

animales, restos de cosechas, y productos fácilmente accesibles, el resultado final que se obtiene es un producto con alta carga de materia orgánica, microorganismos y minerales. Esta investigación contribuirá de manera positiva para el fortalecimiento del conocimiento de la población en lo que refiere al presente tema, el cual es fundamental para la sociedad civil, ya que los suelos son un recurso que tienen una renovación lenta, y por tanto es necesario contribuir a su restauración mediante tecnologías como la remediación.

El objetivo es realizar una comparación e identificar qué proporción tiene un efecto remediador mayor en los suelos contaminados con aceite automotriz, de esta manera poder aplicar esta tecnología en suelos afectados por esta sustancia, este trabajo contribuirá con datos e información que van a servir de base para estudios posteriores que se quieran realizar. Utilizaremos esta tecnología (remediación) la cual es relativamente económica ya que los 2 productos que utilizaremos son denominados abonos naturales (lodos residuales) y bokashi (residuos de animales y cosechas), que se pueden producir en grandes volúmenes. Para realizar el experimento se hará uso de 70 kilogramos del producto (mezcla de bokashi con lodos estabilizados), el cual se mezclará con el suelo contaminado con aceite (110 kilogramos), para después poder analizar los resultados antes y después del experimento y de esta manera poder concluir que tan benéficos son los efectos aplicativos de la mezcla de fangos y bokashi sobre la calidad del suelo y en la reducción de aceite.

1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo no se tuvieron limitaciones sociales, económicas ni de disponibilidad de información.

1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El actual trabajo investigativo se considera factible por diferentes motivos, los recursos y materiales que se van a utilizar son fáciles de conseguir, su precio es accesible, no se necesita de gran mano de obra para poder realizar este trabajo. Por otro lado, no se necesitan permisos por parte de las autoridades para poder realizar los respectivos procedimientos a seguir

del experimento. Asimismo, los productos son fáciles de conseguir, y tienen un precio económico relativamente bajo. También, se cuenta con un espacio amplio y libre para poder realizar un seguimiento adecuado, en tiempos y momentos diferentes, ya que se realizarán a escasos metros donde se encuentra una casa de monitoreo, debido a todas estas razones expuestas y a los recursos que contamos el presente trabajo investigativo se podría considerar viable.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Martínez et al., (2023) “bioremediación de terreno afectado por hidrocarburos por medio de bioestimulación con fangos residuales” de la Universidad Católica Boliviana del Centro de Investigación de Ingenierías y Ciencias exactas con sede en Bolivia, tuvo como **objetivo** evaluar a través de un experimento a escala piloto el uso de fangos en el proceso de biorremediación del terreno con hidrocarburos a través de bioestimulación en su **metodología** la proporción de lodo adicionado fue: la primera parcela A0 tuvo 0% de lodo estabilizado; las siguientes 30A y 30B con 30%, las parcelas 50A y 50B con 50% y, por último, 70A y 70B con 70% de lodo , ejecutaron cada mes un muestreo de sus parámetros , aplicaron riego y labranza cada 2 días para establecer ambientes favorables, en sus **resultados** mediante interpolación comprobaron que las parcelas con mayor remoción de TPH son 30A y 30B, que poseen una concentración de TPH menor a 2000 ppm habiendo comenzado con 3500 ppm cada una, lo que nos dice que 42.9% de la polución fue evidentemente eliminada. Por lo tanto, **concluyen** que las parcelas que revelaron más eficiencia de eliminación de TPH fueron a las que se incorporó lodo estabilizado con una proporción del 30% y 70% de terreno contaminado, alcanzando un porcentaje de reducción de 42,9% como mínimo, pudiéndose lograr cifras más altas.

Iza et al., (2023) “Biorremediacion de muestras de suelo contaminado con hidrocarburos totales de petróleo (TPH)” de la escuela superior politécnica de Chimborazo con sede en Ecuador que tuvo de como **objetivo** biorremediar ejemplares de tierras contaminadas con Hidrocarburos totales de petróleo, por medio de la tecnología Landfarming manipulando la bacteria *Pseudomona Fluorescens*. En su **metodología** realizaron el muestreo del terreno, además la etapa de laboratorio

consistió en el establecimiento del ensayo con un sistema 3x3 que cuenta con 3 tratamientos a 3 desiguales concentraciones. Realizaron los análisis al inicio y al final 4 veces en 2 meses. En sus **resultados** obtuvieron que el T1 fue el más eficiente con una concentración bacteriana de 1×10^{-1} a los 15, 30 y 45 días. Por otro lado, los más eficientes en 60 días fueron el T1 y T2 (1×10^{-2}) entonces **concluyen** que la polución con TPH en el terreno al inicio fue 34792,82 mg/kg, y post tratamiento obtuvieron 1029mg/kg para el T2 y 607 mg/kg para el T1 demostrándose que se sitúa dentro de los índices permisibles del Acuerdo Ministerial además de que fue el más eficiente.

Cruz et al., (2021) “evaluación del procedimiento de biorremediación de terrenos dañados por hidrocarburos totales de petróleo haciendo uso de *Trichoderma* sp. Y *Bacillus pumilus*, por medio del sistema de biopilas a nivel laboratorio” de la universidad politécnica salesiana con sede en Ecuador tuvo como **objetivo** evaluar la suficiencia de eliminación de TPH manipulando un sistema de biopilas. Su **metodología** consistió en aplicar el tratamiento al terreno primeramente estéril y dañado con diesel, ensayaron la concentración de 10000 TPH y 40000 ppm en 3 tratamientos, el ultimo sin microorganismos. En sus **resultados** obtuvieron que para que el ensayo de 10000 ppm con *Trichoderma* sp. posee una proporción de eliminación de un 65,15% y el *B. pumilus* con uno de 50,68%, esto debido a la exposición a una baja concentración de diesel y para concentraciones de 40000 ppm obtuvieron porcentajes de 20% por lo que **concluyen** que el ensayo con superior efecto de eliminación de TPH es a una concentración de 10000 ppm de diésel y manipulando *Trichoderma* sp , así como también demostraron en el experimento que es posible biodegradar el TPH con estos microorganismos.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Vergaray (2022) “aplicación de la técnica de microcosmo para evaluar la suficiencia de los lodos residuales como biorremediadores de terrenos afectados con hidrocarburos” de la Universidad Privada del Norte con sede en Lima tuvo como **objetivo** usar esta técnica para valorar la

suficiencia de los fangos como biorremediador de terrenos afectados con hidrocarburos en su **metodología** usaron tres unidades, c/u de 50 kg de suelo afectado con 30 000 mg Diésel/kg de suelo; el microcosmo inicial compuesto por 100% suelo contaminado y 0 % lodo residual (100:0), el microcosmo M1 que tiene el porcentaje de 70:30, y el M2 con la proporción 50: 50. Los **resultados** de los microcosmos a las 14 semanas de análisis comprueban que al aplicarlo en los terrenos generaron el 95.01 % y 88.31 % de remoción en el microcosmo M1 Y M2, el control mostró una eliminación del hidrocarburo del 9.16% a los 80 días de análisis, por lo que **concluyen** que la utilización de fango en terrenos afectados con hidrocarburos posee un alto porcentaje de biorremediación de hidrocarburos y a su vez mejoraron los parámetros fisicoquímicos y biológicos de este.

Huanca (2023) “efecto del bokashi en terrenos contaminados resultantes de actividades mineras auríferas, del sector Caluguro del Canton Santa Rosa provincia de el Oro” con sede en Ecuador tiene de **objetivo** valorar el efecto del bokashi con microorganismos benéficos en la restauración de terrenos dañados con metales pesados a causa de las acciones de la minería aurífera en el sector Caluguro, en su **metodología** se identificó los parámetros físicos, químicos y biológicos del terreno; prepararon el bokashi y aplicaron 2 tratamientos, 1 con bokashi 20% (363 gr) y 2 con bokashi 10% (182 gr) y el testigo. Como **resultados** obtuvieron que la mayor fracción de eliminación conseguida en el terreno se mostró con bokashi al 20%, alcanzando 21,5% en arsénico (De 18.17 mg/Kg a 15.82), plomo 15,2% (De 77 mg/Kg a 72.2), níquel 25,6% (De 68 mg/Kg a 60), mercurio 24,3% (De 82 mg/Kg a 15.82), y cianuro 31%, (De 1.7 mg/Kg a 1.2). Por lo tanto, **concluyen** mediante pruebas estadísticas el ANOVA y la Prueba de Turkey que se mostraron contrastes significativos entre los tratamientos y el testigo, es decir, el bokashi puede conseguir la remoción de los polutantes en el terreno y el progreso de las plantas.

Delgado (2021) “biorremediación de terrenos contaminados por diésel mediante el uso de los biosólidos compostados por la Empresa Ecothani S.A.C., Cusco-2021” de la Universidad Continental con sede en

Cusco tuvo de **objetivo** demostrar la biorremediación de un terreno afectado (SC) con diésel por medio de un biosólido compostado (BC) en su **metodología** sus sistemas estaban integrados por 5 bloques de 3 unidades de experimentación. La dosis fue de la siguiente manera: Bloque “A” (10BC:90SC), “B” (20BC:80SC), “C” (30BC:70SC), “D” (40BC:60SC), “E” (50BC:50SC) de acuerdo a sus **resultados** el tratamiento “C” (30BC:70SC) con una remoción del 36.30% de Hidrocarburos Totales de Petróleo (De 20.08 a 12.79 gr de TPH/Kg de suelo) equivalente a 7.29 gramos de THP/Kg de suelo asumió el primer lugar por poseer la mayor varianza porcentual. Por otro lado, el ensayo “E” (50BC:50SC) posee la mínima varianza porcentual con un valor de disminución de 13.66% equivalente a 4.37 gramos de THP / Kg de suelo entonces **concluyen** que la utilización de los biosólidos tiene resultados efectivos en la biorremediación de terreno afectado con hidrocarburos y se demostraron disminuciones significativas en la reducción de los HTP.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Benancio (2023) El presente estudio tuvo como **objetivo** demostrar el efecto de diferentes dosis de bocashi en la recuperación de suelos afectados por la degradación física eólica, estudio efectuado en la ciudad de Huánuco, en el año 2021. La **metodología** seguida lo identifica como un estudio cuantitativo, prospectivo, analítico, con intervención y longitudinal. La población de estudio estuvo constituida por los suelos afectados por la degradación eólica. Se ha aplicado tres dosis diferentes de bocashi a las unidades de estudio. Los resultados indican que hubo diferencias significativas en las variables físicoquímicas en estudio (pH, MO, N, P, K, CIC) y en los cambiables (Ca, Mg, K, Na). Para el caso del pH, la dosis que logró un mayor incremento (de 5.58 a 8.23) fue la de 75% de bocashi, igual **resultado** se encontró en la MO (de 1.99 a 3.60), en el N (de 0.10 a 0.18), en el P (de 4.91 a 72.88), en el K (de 58 a 342.47) y en el CIC (de 4.21 a 19.03). Los menores incrementos se dieron con la dosis de 25%, es decir, los incrementos están directamente relacionados a la cantidad de bocashi que se emplea. Se **concluye** que las tres dosis aplicadas de bocashi (25%, 50% y 75%), tuvieron efecto en la mejora de

la calidad del suelo afectado por la degradación física eólica en los indicadores del pH, materia orgánica, Nitrógeno, Potasio, ClC, Ca, Mg, K cambiante y Sodio.

Díaz et al., (2021) “Biochar de lodos de una planta de procesamiento de aguas residuales para biorremediar un terreno afectado por Hidrocarburos en Huachipa, 2021” de la Universidad Cesar Vallejo de la ciudad de Lima tuvo como **objetivo** determinar el nivel de disminución de hidrocarburos usando biochar de lodos residuales en el terreno de un depósito de estacionamiento de Huachipa en su **metodología** recolectaron lodos y lo sometieron a una pirólisis con temperatura de 305 °C. Después en macetas con contenido de 2kg de suelo afectado con hidrocarburos se agregó biochar en proporciones de 5, 10, y 20 % por triplicado. En los **resultados** que obtuvieron a los 20 días de estudio, el tratamiento del 5% de biochar alcanzó una eficiencia de 18.92 %, el 10% de biochar logró una de 25.55 % y el 20% de biochar una de 34.89 %. Por otro lado, el análisis a los 45 días indican una eficiencia de 23.81 % con 5% de biochar , un 39.73 % con 10% de biochar y un 54.92 % con 20% de biochar por lo que **concluyen** que el biochar logró reducir significativamente la concentración de hidrocarburos obteniendo una suficiencia máxima de 54.92 % y mejoró las propiedades del suelo.

Sabando et al., (2022) “Estabilización de fangos activos provenientes de la planta de tratamiento de agua residual, mediante la técnica de bokashi” de la Escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí-Ecuador tuvo de **objetivo** estabilizar los fangos a través de la técnica del bokashi, como **metodología** llevó a cabo un diseño completamente al azar (DCA), con 4 tratamientos y 4 réplicas cada uno , el T1 con 65 % bokashi y 35% lodo , el T2 con 55 % bokashi y 45% lodo , el T3 con 45 % bokashi y 55 % lodo , el T4 con 35 % bokashi y 65 % lodo. En sus **resultados** lograron comprobar que el T3 obtuvo los niveles recomendados para suelos agrícolas, humedad de 46,35 %, carbono de 42,73%, y nitrógeno 1,55 % por lo tanto **concluyeron** que la técnica de Bokashi mejora la estabilización de contaminantes en los fangos de la PTAR para ser utilizados como sustratos.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1. REMEDIACIÓN

Servicios Ecológicos (2022) para devolver los terrenos contaminados a su composición originaria o por lo menos a uno que no signifique ningún riesgo en potencia para la integridad de la salubridad humana o ecológica, es menester practicar diferentes medidas correctoras. Las numerosas y variadísimas posibilidades de técnicas de remediación dependen de una serie de elementos vinculados con el medio físico (geografía, antropogeografía), con la actividad desempeñada (clase y composición de los contaminantes), etc. La conveniencia de cada técnica depende de diversas variables, como la geología e hidrogeología de la instalación, la clase y composición de los contaminantes, la superficie del suelo afectado, etc. Una vez clasificada una superficie como contaminada, es necesario adoptar medidas destinadas a devolverla a su estado originario. Es imprescindible recordar que la definición tratamiento tecnológico hace referencia a cualquier procedimiento único o serie de procedimientos que cambien la concentración de un componente químico tóxico o de algún polutante por medio de procedimientos químicos, físicos o biológicos con el fin de reducir su peligrosidad, su movilidad y su volumen.

Litoclean (2023) el objetivo de la rehabilitación que incluye el tratamiento del material edáfico afectado y de las aguas subterráneas asociadas a él, es restablecer la calidad del material contaminado, hay diversas estrategias que posibilitan conseguir los indicadores de contaminación residual idóneos para asegurar el bienestar de los individuos y la sostenibilidad ecosistémica, en función de los usos a los que se den en el lugar destinado. Las metodologías se utilizan en función de los requisitos del proyecto (tipo de materia que contamina, modelo hidrogeológico, restricciones, etc.), y con frecuencia se requieren dos o más procedimientos para la descontaminación del suelo, para que esta pueda ser efectivo al momento de saneamiento.

Suárez (2021) para realizar el proceso remediativo del suelo, es fundamental tener entendimiento de las condiciones que presenta, ya que estas pueden variar de acuerdo a la localización geográfica, factores climáticos y meteorológicos como la cantidad de lluvia o la exposición al sol, estos elementos son relevantes para poder caracterizar adecuadamente la zona de intervención y determinar qué procesos se van a utilizar. Además, es importante tener en cuenta el tipo de contaminante a tratar, ya que cada uno puede tener diferentes propiedades fisicoquímicas y comportarse de manera distinta en el entorno contaminado, una vez que se hayan realizado los análisis preliminares del estado del suelo y las particularidades de la sustancia contaminante, es posible tomar decisiones sobre la tecnología remediativa más apropiada. La tecnología utilizada y su efectividad estarán influenciadas tanto por las particularidades del suelo como por las del polutante, por lo que es recomendable identificarlos al inicio del proceso de intervención.

Martinez y Casallas (2019) Nos relatan que el objetivo de la remediación es recuperar suelos o masas de agua contaminados, esto se realiza combinando una variedad de técnicas, con el objetivo primordial de preservar u optimar las particularidades de las propiedades ambientales específicas de la zona tratada, a la vez que se mantiene el equilibrio ecológico, se previene y disminuye el riesgo de daños a los seres humanos, animales y otros seres vivos. En algunos casos, pueden ser necesarios ciclos de tratamiento, con el único fin de devolverlo a su estado de origen.

Environmental Works (2021) nos dice que este tipo de esfuerzo ambiental implica el acto de eliminar contaminantes, cosas como pesticidas, hidrocarburos y metales pesados, del terreno. El saneamiento de estas sustancias químicas ayuda a establecer una calidad buena, en el agua y el aire, que es vital para un ambiente sano. Si bien los proyectos de remediación pueden variar mucho en alcance, solo hay unos pocos tipos principales de remediación de suelos utilizados por los expertos ambientales de hoy.

Mintek Resources (2021) la remediación de suelos es la aplicación de tecnologías comprobadas para mitigar y gestionar los riesgos de suelos contaminados, que pueden resultar perjudiciales para la salubridad humana y medioambiental. El suelo contaminado es a menudo el resultado de procesos industriales históricos y prácticas de eliminación de desechos no reguladas, aunque es posible que estas prácticas cumplieran plenamente con todas las leyes aplicables, el impacto negativo se percibió. La contaminación del suelo puede provenir de muchas fuentes, incluidos productos químicos, eliminación inadecuada de desechos industriales, fugas en tanques y tuberías durante largos períodos de tiempo y derrames de productos de todo tipo. Los contaminantes que son hallados tradicionalmente en los proyectos de remediación de suelos incluyen solventes, pinturas, aceites, metales pesados, pesticidas y otros compuestos hechos por el hombre. A medida que los métodos de prueba de laboratorio continúan evolucionando, se identificarán nuevos compuestos en los sitios contaminados, estos nuevos descubrimientos generarán datos sobre compuestos que no pudimos ver analíticamente en el pasado, los nuevos descubrimientos de investigación impulsarán los adelantos tecnológicos en el mercado de la remediación de suelos para abordar problemas complejos de limpieza, cada lugar a tratar presenta desafíos singulares, sin embargo, es posible analizar cada sitio en función de un número determinado de características esenciales y encontrar una salida que sea rentable en términos de esas particularidades.

Mintek Resources (2021) Las alternativas remediativas para sitios contaminados se basan en cuatro consideraciones generales que incluyen:

- ✓ La clase de agente polutante y sus peculiaridades físicas y químicas establecen si es necesario remediar un emplazamiento y cómo debe gestionarse el contaminante. Además, estas características determinan el desplazamiento del polutante y si tiene o no persistencia en el entorno ambiental. La composición química de un polutante indica su toxicidad, lo que hace posible

establecer determinados criterios de limpieza con límites basados en esa información.

- ✓ La ubicación y las particularidades del emplazamiento, así como la utilización del material edáfico (industrias, urbanizaciones o cultivos agrícolas), influyen de manera fundamental en el objetivo de la limpieza y en las estrategias que se pueden utilizar para alcanzarlo.
- ✓ Las particularidades de los sistemas de tratamiento suelen venir determinadas por las particularidades originales del material edáfico, los sedimentos y las masas de agua, la acción crucial en gran parte de las estrategias de tratamiento es la manipulación del material a tratar (convertir el polutante en una materia que pueda ser tratada y/o transportada desde el lugar de origen de la contaminación hasta el lugar de intervención). Los tratamientos previos para cambiar las particularidades originales de un lugar con contaminantes resulta ser un elemento muy costoso al momento de procedimiento remediativo.
- ✓ Las potencialidades de las estrategias de descontaminación pueden diferir considerablemente en relación con las características del emplazamiento. Las técnicas de descontaminación son capaces de contener la polución, separar el material contaminado del suelo o destruir el agente polutante. Además de todos estos factores que se hacen mención, el uso de una tecnología determinada también depende de su asequibilidad, demostración de su fiabilidad prevista, periodo de progreso en el laboratorio, piloto o a gran grado, y disponibilidad económica.

Martinez y Casallas (2019) nos dicen que los procedimientos a emplearse es posible clasificarlos en tres tipos procedimiento biológico, procedimiento fisicoquímico y térmico, que son los siguientes:

- ✓ El término denominado tratamientos biológico se refiere al uso de organismos, como plantas, animales y bacterias. Estos tratamientos tienen como objetivo destruir el contaminante o transformarlo en una sustancia menos compleja para que sea más fácil de tratar o transformar en un producto menos contaminado.

- ✓ El tratamiento físico químico: Este procedimiento persigue utilizar las particularidades físicas o químicas del entorno para controlar, aislar o extinguir la contaminación presente. En estos procesos, el objetivo es modificar la ubicación del contaminante, por ejemplo, si está presente en el suelo, se busca trasladarlo al aire mediante el arrastre por vapor.
- ✓ Por último, los procesos térmicos hacen referencia a la separación o inmovilización de los polutantes; los primeros se logran mediante la erradicación de los polutantes ya existentes en el suelo, lo que conduce a una oxidación térmica absoluta.

Martinez y Casallas (2019) Afirman que los tipos de tratamientos reparadores también pueden clasificarse según sean tradicionales o no tradicionales; los de primer orden se relacionan con los procedimientos que se han experimentado sin intervención de los laboratorios de investigación y las plantas piloto, estos tratamientos tienen cierto nivel de sofisticación tecnológica y están fácilmente disponibles en la región donde se necesitan. La segunda categoría incluye tratamientos y técnicas cuyos fundamentos se encuentran en teorías tradicionales, además estos buscan incrementar la capacidad de remoción y reducir el tiempo lo que los distingue de los convencionales.

Cota et al., (2019) se distingues dos tipologías remediativas:

- ✓ In situ: Estos procedimientos tratan el material edáfico en el lugar contaminado.
- ✓ Ex situ: En este procedimiento la matriz con contaminantes se traslada a otro espacio, hace necesaria la excavación, el arrastre o diferentes procedimientos para retirar el material edáfico contaminado previamente a su tratamiento.

Tecnologías in situ:

Kumar et al., (2020) Las tecnologías in situ implican el tratamiento del material polutante en el lugar de origen, sin necesidad de trasladar estos contaminantes a otro sitio, estas tecnologías tratan de eliminar los contaminantes en el mismo sitio de la contaminación, con el fin de

menorar los gastos, minimizar los impactos y acelerar el proceso de remediación, algunas tecnologías in situ comunes incluyen la bioventilación, la bioremediación, la fitorremediación, la estimulación de las biorreacciones naturales del suelo, entre otras, estas tecnologías suelen aprovechar procesos biológicos, químicos o físicos para eliminar o reducir la contaminación en el lugar afectado, a continuación, se menciona las más importantes:

✓ **Bioventilación**

Kumar et al., (2020) La bioventilación es un metodo de remediación que se enfoca en suministrar nutrimentos y oxígeno a través de pozos al terreno afectado, que estimula el crecimiento de microorganismos aeróbicos en el suelo o en los acuíferos contaminados, acelerando la degradación de los polutantes orgánicos en el medio. Este proceso trata en la inyección de aire u oxígeno en el terreno para favorecer la proliferación de los microorganismos que aprovechan los polutantes como fuente de carbono y energía.

✓ **Biorremediación**

Kumar et al., (2020) Biorremediación es definido como un proceso que utiliza organismos vivientes, principalmente microorganismos, plantas, enzimas, para remover, degradar, mineralizar, transformar, y desintegrar contaminantes y componentes peligrosos del ambiente, y volverlos en inofensivos o menos dañinos, devolviendo los sitios contaminados a su original condición.

✓ **Bioventeo**

Kumar et al., (2020) Es un método cuyo objetivo es fomentar la biodegradación natural de todos los materiales biodegradables en presencia de oxígeno, este se introduce en el lugar contaminado mediante pozos de extracción, utilizando deslizamiento forzado (ya sea por extracción o inyección) a velocidades de flujo bajas, con el propósito de proporcionar solo el oxígeno necesario para mantener la actividad de los microorganismos.

✓ **Bioaumentación**

Kumar et al., (2020) esta tecnología se emplea cuando es necesario realizar un tratamiento inmediato de un área afectada o cuando la microflora nativa no es adecuada en cantidad o suficiencia de degradación. Implica la incorporación de microorganismos vivos que pueden descomponer el contaminante específico, con el fin de facilitar su biodegradación o biotransformación.

✓ **Biolabranza**

Kumar et al., (2020) En este proceso la superficie del terreno contaminado se trata en el lugar mediante arado. El suelo se mezcla con productos voluminosos y nutrientes, y se revuelve periódicamente para mejorar su aireación. Se monitorean las condiciones del suelo como el potencial de Hidrogeno, temperatura, aireación para maximizar la tasa de degradación, y a menudo se utilizan cubiertas u otros métodos para manejar los lixiviados.

✓ **Fitorremediación**

Kumar et al., (2020) Es un tratamiento de remediación que se apoya usando plantas (fitoremediadoras) para extraer, desintegrar o inmovilizar los polutantes presentes en el suelo, el agua o el aire. Estas matas están capacitadas en absorber los contaminantes en la rizosfera, almacenarlos en sus tejidos o transformarlos en formas menos tóxicas, contribuyendo así a la descontaminación del entorno.

Tecnologías ex situ:

Kumar et al., (2020) Las opciones de biorremediación fuera del sitio incluyen dos procesos principales, el primero es la biodegradación en etapa inicial, que implica mezclar el suelo con agua, microorganismos y nutrientes hasta formar una mezcla espesa. El siguiente paso es la descomposición biológica en un entorno sólido, el suelo se pone en una cámara donde se trata, o sobre revestimientos impermeables, en ambos

casos se añade H₂O y nutrientes para estimular las operaciones biológicas y la descomposición de los polutantes.

✓ **El Composteo**

Cota et al., (2019) primeramente es prudente mencionar que es una técnica de disgregación de residuos orgánicos por medio de la metabolización de microbios anaerobios, normalmente se realiza a temperaturas de 55 y 65° C. Para llevar a cabo este proceso, se mezcla el material contaminado con productos de gran volumen como residuos vegetales, residuos de madera, estiércol de animales y residuos de la actividad agrícola, estos materiales orgánicos solidos se agregan durante el tratamiento con el fin de optimizar el equilibrio de sustentos, favorecer la ventilación adecuada y promover la producción de calor, este es un procedimiento en el que se controla el saneamiento del suelo.

✓ **Biopilas**

Cota et al., (2019) Es una técnica que trata de mezclar terrenos dañados con suelos que tuvieron una previa preparación, para posteriormente situarlos en un espacio adecuado; la biorremediación se realiza por medio de la aireación. Distintos parámetros como el Ph, la humedad, el calor, los nutrientes, y el oxígeno son monitoreados.

✓ **Biorreactores**

Cota et al., (2019) son contenedores provistos para crear escenarios de 3 fases (solida, líquida y gaseosa), y para aumentar las tasas de biorremediación de los polutantes al amplificar la biodisponibilidad de los polutantes para la biomasa, los biorreactores se utilizan para tratar suelos que tienen una composición heterogénea y una baja permeabilidad, o cuando se requiere reducir el tiempo de tratamiento.

Bokashi

Cultiva Futuro (2023) en los principios de los 80, el doctor Teruo Higa del centro universitario de Okinawa buscó una solución natural debido a

los efectos perjudiciales de los agroquímicos en la agricultura. Después de experimentar con diversos microorganismos de manera particular en el transcurso de 5 años, descubrió que, al combinar los residuos de varios experimentos en un solo recipiente, se generaban efectos beneficiosos en el suelo. La mezcla de restos orgánicos con microorganismos fue denominada bokashi vocablo japonés que significa fermentación de materia orgánica, contrariamente el compostaje, implica la descomposición de los desechos, el bokashi consiste en combinarlos con una base que contiene microorganismos, bajo condiciones de poco o nulo acceso de aire, que impulsa la fermentación, mientras que el compostaje tarda hasta 90 días en completarse, el bokashi puede estar listo en tan solo 21 días.

Esto es agricultura (2023) El bokashi es un fertilizante orgánico derivado de la fermentación de restos de origen vegetal y animal, donde se pueden añadir minerales como cal, roca fosfórica, sulfato doble de potasio y magnesio, zeolita, así como microorganismos autóctonos o MM líquidos para acelerar la fermentación, este producto proviene de una técnica ancestral empleada por japoneses en la agricultura, quienes lo consideran un abono natural eficaz, posee nutrimentos primordiales para los vegetales, y una elevada concentración de microbiología benéfica.

Esto es agricultura (2023) El proceso de producción del bokashi es versátil, no existen recetas fijas, cada agricultor puede adaptar la técnica según los recursos disponibles en su zona, la fabricación de bokashi se recomienda en espacios cerrados con suelo encementado y tierra compactada, o en un plástico para prevenir la humedad y facilitar la fermentación.

➤ Beneficios

- ✓ Producción rápida de abono.
- ✓ Aporta microorganismos, minerales, materia orgánica (3 M).
- ✓ Sus nutrimentos están disueltos y son de rápido aprovechamiento por la rizosfera de las plantas.

- ✓ Tiene diversas formas de aplicar tales como abono para cultivos y la creación de otras enmiendas por su elevado contenido en minerales y microbiología.
- ✓ La manipulación de los materiales es fácil.

Cultiva Futuro (2023) el bokashi es un método de compostaje orgánico que se origina en Japón, consiste en fermentar desechos orgánicos con la ayuda de microorganismos eficientes (EM) y salvado de arroz u otros materiales carbonosos. Este proceso de fermentación reduce el olor de los desechos, acelera su descomposición y produce un fertilizante rico en nutrientes para el suelo.

Ecología Verde (2019) El bokashi se puede utilizar tanto en el hogar como en la agricultura para reciclar residuos orgánicos y mejorar la calidad del suelo, es una forma efectiva y sostenible de aprovechar los desechos orgánicos y reducir la generación de residuos.

Preparación del Bokashi

Ecología Verde (2019) su elaboración es relativamente fácil ya que no requiere de ningún ingrediente fuera de alcance común, a continuación, se indica los ingredientes y el procedimiento paso a paso como realizar BOKASHI.

➤ Ingredientes:

- 1 balde de 20 litros
- Agua sin cloro ,20 litros
- Estiércol, 100 kg.
- Afrecho, 10 kg.
- Tierra, 20 kg.
- Cenizas, 5kg.
- Rastrojos, 10 kg.
- 5 bolas de chancaca.
- 1 kg de levadura.

➤ Procedimiento:

1. Primero, es necesario preparar el inóculo, que consiste en cultivar microorganismos beneficiosos que se añadirán al bokashi, se mezcla agua, levadura y miel o chancaca en un recipiente, agitándolo hasta que se integren, tapándolo y dejándolo reposar 2 horas.
2. Luego, en el área destinada a la preparación del bokashi se pone una capa de rastrojos uniformemente, posteriormente se agrega una capa de estiércol, tierra, estiércol nuevamente, afrecho y ceniza, todo este proceso se realiza humedeciendo cada capa nueva con el inóculo preparado.
3. Se mezcla bien las capas, agregando el inóculo y se deja reposar un día.
4. Se remueve la mezcla dos veces al día durante unas dos semanas para completar la degradación a altas temperaturas, eliminando microorganismos no deseados, no debe haber olores desagradables.
5. Después de 3 semanas, se puede hacer uso del bokashi para enriquecer el suelo.

Lodos residuales

Gusiatin et al., (2024) son un subproducto inevitable del tratamiento de aguas residuales, cuyas cantidades aumentan año tras año en todo el mundo, está compuesto de materia orgánica e inorgánica, bacterias, virus y otros contaminantes eliminados del agua durante el tratamiento, estos se pueden tratar y procesar para diferentes usos, como fertilizantes o producción de energía, sin embargo, los lodos residuales aún pueden contener sustancias nocivas como metales pesados y patógenos que requieren una eliminación adecuada para evitar la polución medioambiental y riesgo de salubridad.

Environmental Protection Agency (2023) se conocen también como biosólidos, son el residuo orgánico que se produce en las fases de tratamiento de aguas servidas urbanas e industriales, estos lodos

contienen microorganismos y elementos nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio que pueden ser aprovechados por los suelos agrícolas.

Compostaje

Environmental Protection Agency (2016) el compostaje es un principio aerobio monitorizado (que precisa oxígeno) que transforma los contenidos orgánicos en tierra o mantillo rico en nutrimentos a consecuencia de la putrefacción normal. El resultado obtenido es una sustancia oscura, poco lisa y con aroma terroso, los microorganismos se mantienen gracias a los productos añadidos a la pila de compost mientras dura el proceso de compostaje, utilizan carbono y nitrógeno para crecer y reproducirse, agua para asimilar los materiales y oxígeno para su respiración. El compostaje es la técnica más sencilla de reciclaje y la acción más potente que podemos llevar a cabo para la reducción de desperdicios, la contienda con el problema del cambio climático y la cimentación de un medio ambiente sano al aprovechar los subproductos alimentarios y de jardinería para convertirlos en compost.

Amigos de la tierra (2015) el manual básico nos informa lo siguiente: un producto orgánico que se adquiere de la desintegración microbiana controlada del material orgánico es la definición del compost, se trata de un material equilibrado, de olor característico y con muchas cualidades benéficas para el sustrato y la flora, que resulta de la descomposición, en condiciones oxigenadas de los residuos orgánicos, tales como los desechos de las hojas de huerta y caseros, múltiples microorganismos descomponedores que consumen, trituran, desintegran y metabolizan los componentes celulares y moleculares del material orgánico llevan a cabo el procedimiento de la composta. Los principales operadores en estos experimentos son bacterias y hongos de tamaño microscópico, además, hay un amplio número de animalillos en movimiento los más frecuentes son lombrices, cochinillas, insectos con sus larvas.

Food and Agriculture Organization (2015) en función de la temperatura creada a lo largo del proceso, en una composición se reconocen tres etapas principales, así como un periodo cambiante de

duración de la maduración. Las numerosas etapas del proceso del compost se reparten en función de la temperatura en las siguientes las cuales son:

✓ **Fase Mesófila.**

El procedimiento de compostaje del material de partida comienza a temperatura ambiente y, al cabo de unos días u horas esta se incrementa hasta alcanzar 45°C, este ascenso es por la acción microbiológica, porque, en este periodo, los microorganismos hacen uso de recursos sencillos de C y N para producir calor. Los azúcares y otros compuestos solubles se descomponen en ácidos orgánicos, lo que puede provocar un descenso del pH a 4,0 o 4,5 puede durar de veinticuatro horas a ocho días.

✓ **Fase Termófila.**

La mayoría de los microorganismos que prosperan a elevadas temperaturas, como las bacterias termófilas, reemplazan a los microorganismos mesófilos cuando la temperatura del material alcanza los 45°C. Estos organismos aceleran la desintegración de compuestos de carbono altamente complejas, como celulosas y lignina, además convierten el N en amoníaco, lo que aumenta el Ph, bacterias generadoras de esporas y actinobacterias, que desintegran ceras y otros componentes complejos de carbono, comienzan a aparecer a temperaturas superiores a los 60°C, esta etapa alcanza a perdurar desde unos cortos días hasta unos cuantos meses, que dependen de la composición del material, el clima y otras variables. Esta etapa, conocida como fase de higienización, es importante porque el calor que se produce mata gérmenes y polutantes de excretas como *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. Además, a temperaturas que superan los 55°C, se extinguen las esporas de hongos fitopatógenos, los huevos de helmintos y algunas semillas de maleza, lo que resulta en una utilidad limpia.

Fase de Enfriamiento

La temperatura vuelve a reducirse, ahora a aproximadamente 40-45°C, una vez que se han consumado los suministros de carbono y particularmente el nitrógeno del compost, durante esta etapa, la desintegración de materiales como la celulosa continúa, y se logran observar algunos hongos. Los microorganismos mesófilos vuelven a ser activos a temperaturas inferiores a los 40°C, y el pH del medio reduce delicadamente, manteniéndose ordinariamente alcalino, este proceso de refrigeración dura algunas semanas y logra equivocarse con el período de maduración.

✓ **Fase de Maduración.**

Esta fase, que tiene una duración de varios meses y ocurre a temperatura natural, se identifica por la aparición de reacciones secundarias como la condensación y polimerización de componentes carbonatados, formando los conocidos ácidos húmicos y fulvicos.

Monitoreo durante el compostaje

Food and Agriculture Organization (2015) nos dice que la composta es un procedimiento biológico dirigido por microorganismos, es esencial considerar los constituyentes que tienen influencia en su evolución y multiplicación, estas variables son el oxígeno, la humedad del sustrato, la temperatura, el pH y la correspondencia C: N. Las circunstancias ambientales, el método utilizado, los materiales utilizados y otros factores pueden repercutir el proceso de compostaje, lo que podría alterar ciertos parámetros, sin embargo, para asegurar que se mantengan siempre dentro de un rango óptimo, es necesario realizar un monitoreo constante. Consiguientemente se enumeran los parámetros y los intervalos óptimos correspondientes los cuales son los siguientes:

✓ **Oxígeno**

El compostaje es un principio que funciona de forma aeróbica y exige una correcta ventilación para permitir la transpiración de microorganismos, que emiten dióxido de carbono (CO₂) al

ambiente atmosférico. Por otro lado, la introducción de aire previene que la materia sufra compactación o llegue a encharcarse, las exigencias de oxígeno experimentan altibajos durante el desarrollo del proceso, y llegan a sus niveles de consumo más elevados en la etapa termofílica.

✓ **Dióxido de Carbono (CO₂)**

Al igual que en cualquier procedimiento aeróbico o anaeróbico, incluyendo la respiración humana, el oxígeno se emplea para transformar el carbono contenido en las materias primas que sirven de energía, la oxidación permite convertir el carbono en biomasa y dióxido de carbono, un gas que se provoca durante la respiración y que se utiliza como fuente de carbono por parte de los vegetales y otros cuerpos que realizan fotosíntesis, sin embargo, es transcendental destacar que el CO₂ es un gas invernadero, lo que implica que favorece a la permutación climática. El liberamiento de CO₂ por parte de los microorganismos a lo extenso del procedimiento de compostaje hace que la concentración fluctúe en función de la actividad de los microbios y del material primario que se utiliza como sustrato, en términos generales, se pueden producir de 2 a 3 kilogramos de CO₂ al día aproximadamente por tonelada. Debido al hecho de que el CO₂ es capturado por las plantas durante el proceso de compostaje para realizar el análisis fotosintético, generalmente se piensa que tiene un bajo impacto medioambiental.

✓ **Humedad**

La humedad es un integrante significativo en relación a los microorganismos, ya que, al igual que otros seres vivos, dependen del agua para transportar nutrientes atravesando la membrana celular. En el compostaje, el grado de humedad óptimo se sitúa alrededor del 55%, aunque puede variar según las condiciones físicas y el tamaño de los componentes, así como el método utilizado, si la humedad disminuye por debajo del 45%, la acción microbiológica disminuye y no se completa la degradación, lo que resulta en un producto final de baja calidad biológica. Por otro lado,

si la humedad es excesivamente alta (>60%), el agua llenará los poros y afectará la capacidad del material para oxigenarse. En general, se requiere más riego en procesos de compostaje con materiales secos, como aserrín o hojas secas que, en procesos con elementos más húmedos, como desperdicios de cocina o recortes de áreas verdes. La proporción ideal de humedad para el compostaje está entre el 45% y el 60% de H₂O en relación al peso de los materiales base.

✓ **Temperatura**

Dependiendo de la fase del proceso, la temperatura puede variar mucho, el proceso de composta se produce con una temperatura natural y puede elevarse hasta 65 °C sin necesitar de alguna operación antropogénica (calentar externamente) para luego volver a la temperatura original durante la fase de maduración, es preferible que la temperatura no descienda muy rápidamente, ya que a temperaturas más elevadas y durante periodos de tiempo más largos, la descomposición y las etapas de higienización son más elevadas.

✓ **Potencial de Hidrogeno**

El pH del proceso del compost cambia de acuerdo a los materiales utilizados y varía en cada etapa, en el inicio, el pH se acidifica debido a que se forman ácidos orgánicos, durante la fase termófila, el pH se eleva ya que el amonio se convierte en amoniaco, alcalinizando el medio, finalmente, el pH se estabiliza cerca de 7, que es neutro. El pH juega un rol fundamental en la proliferación, desarrollo y conservación de los microorganismos, ya que cada conjunto asume un rango óptimo de pH para su propagación. La acción de las bacterias es mayor a un pH entre 6.0 y 7.5, mientras que la acción de hongos se ocasiona en un rango de pH entre 5.5 y 8.0. En conclusión, el rango adecuado del potencial de hidrogeno para el compostaje es de 5.8 a 7.2, ya que en estas condiciones los microorganismos proliferan de manera más eficiente.

2.2.2. CALIDAD DEL SUELO

Stivers (2023) nos dice que la cualidad edáfica esta simplemente determinada como la suficiencia de funcionamiento de un tipo característico y puntual de suelo. En general, evalúa la suficiencia del suelo para llevar a efecto labores básicas haciendo mediciones de un conjunto predeterminado de datos de características del suelo (perseverar el rendimiento, ajustar y aislar el flujo de fluidos y soluciones, purificar y amortiguar los polutantes químicos, acopiar y recuperar sustentos). Valorar las particularidades físicas, químicas, biológicas del material edáfico es muy relevante para evaluar la cualidad edáfica. Las particularidades físicas examinadas por el equipo incluyeron la densidad aparente, el volumen de agua, la tasa de avenamiento, la concavidad y la evaluación de la forma. Los rasgos biológicos examinados incluyeron la respiración del suelo y los anélidos de tierra. Las particularidades químicas contemplan el pH, la conductibilidad eléctrica (EC) y contenido de nitrato. Una buena cualidad del terreno es vital para la producción de agriculturas saludables y sostenibles, ya que afecta la disponibilidad de nutrimentos, la infiltración de H₂O, la aireación del terreno y la actividad de los microorganismos beneficiosos.

TheCircularLab (2024) la cualidad edáfica viene determinada por su facultad para ejecutar funciones en armonía con su ecosistema y hacer un uso adecuado del mismo, apoyando el rendimiento biológico, la cualidad ambiental, la vitalidad de especies vegetales, animales y el desarrollo de la población terrestre. Bajo la definición de calidad del suelo se distinguen y señalan las siguientes funcionalidades edáficas: promocionar la utilidad de la red sistémica sin comprometer sus particularidades físicas, químicas y biológicas (rendimiento biológico sustentable), reducir las toxinas y enfermedades ambientales (calidad ambiental), promover la vitalidad de especies vegetales, los organismos vivos y las personas.

Ecosistemas (2004) esta revista nos dice que la definición de cualidad del suelo es contextual y subjetiva. Estos literatos ven la necesidad de armonizar las normas en cuanto a su significación,

trascendencia y objetivos. Su objeción fundamental es que ninguna valoración de la cualidad del suelo puede tener en cuenta simultáneamente y objetivamente los posibles efectos, tanto buenos como malos, de los señalizadores utilizados para evaluar todos los elementos multifuncionales (rendimiento, sustentabilidad y cualidad ambiental, etc.). Casi siempre, solo se hace reconocimiento de buenos resultados para algunos indicadores, el argumento de porcentaje orgánico como la cifra de anélidos, o solo resultados perjudiciales para términos como la salinización, compactación o la densidad.

Ecosistemas (2004) esta revista informó que la materia orgánica brinda diversas utilidades al suelo, sin embargo, también es capaz de ocasionar efectos ambientales, agrícolas negativos que rara vez se consideran en las valoraciones de la cualidad del suelo. A medida que aumenta el porcentaje orgánico, es obligatorio incrementar las porciones de gran cantidad de plaguicidas, con evidentes efectos negativos sobre la parte económica, el ambiente y la salubridad. Las poblaciones de lombrices son otro ejemplo de un impacto negativo, pero esto es casi desconocido en el marco de la cualidad edáfica. Por un lado, estos invertebrados benefician enormemente la productividad de la agricultura, sin embargo, también aumentan el flujo y rápido movimiento de los contaminantes superficiales hacia las partes más profundas, actuando a su vez como transmisores de plagas hacia las plantas.

Suelo:

Instituto Nacional de Agricultura Tacuarembó (2015) el suelo es el manto externo del territorio que forma el entorno en el que las plantas crecen, abastece de sustentos primordiales para el progreso de las especies vegetales y acumula H₂O de precipitaciones para usarse en casos de ser necesarios. La rizosfera también halla en el suelo el aire necesario para sobrevivir, el suelo hace su extensión tanto en la superficie como en profundidad y está compuesto por diferentes mantos, llamados horizontes, que corren en proximidad y paralelamente a la superficie, cada capa de suelo tiene particularidades físicas y químicas distintas, que se distinguen en su apariencia, un conjunto de capas de suelo se conoce

como perfil, el cual se puede observar en cortes de senderos o cárcavas. El horizonte A es el manto superior, más oscura y fructífero, con abundancia de raíces. Es una parte del suelo adecuada para el cultivo. El horizonte B es una sección arcillosa, menos fértil y con un sistema de raíces más pequeño. El horizonte C es el manto más subterráneo, que casi no contiene raíces.

Maldonado (2020) los suelos son capas delgadas de material terrestre suelto formado en la frontera de la atmósfera-biosfera-litosfera, que varían en espesor desde unos pocos centímetros hasta unos pocos metros, donde tienen interacción diversos constituyentes atmosféricos e hidrosféricos como el aire, el agua, el viento, la temperatura, rocas, precipitados de la litosfera y también de la biosfera. La enorme complejidad surge del trueque de materia y energía que existe entre la inercia y la vida.

Food and Agriculture Organization (2024) afirma que, el suelo viene a ser un elemento natural constituido de sólidos (minerales y orgánicos), fluidos, gases que se presentan en la parte superficial, y se particularizan por presentarse en capas o estratos separados el cual es resultado de la adquisición, pérdida, transferencia y transición de energía y materia, también hace posible sustentar el enraizamiento de las plantas en su entorno natural, en resumen, el suelo es un manto superfluo de la Tierra fundamental para la vida, actuando como un reservorio de nutrientes, agua y como hábitat de numerosos organismos.

Madrid (2021) El suelo, que es esencial para la supervivencia humana, ha sufrido una degradación significativa en las últimas décadas debido a diversas amenazas como la erosión, el desaprovechamiento de MO, la impermeabilización, compactación, la aminoración de la biodiversidad, la salinización, inundaciones, los movimientos de tierra y la polución, es relevante resaltar que el suelo brinda de manera gratis bienes y servicios de gran importancia y repercusión económica y medioambiental, como la producción de alimentos, la desintegración de componentes orgánicos, el reciclaje de nutrientes, el saneamiento del agua, la regulación de la calidad atmosférica y la eliminación de

polutantes, por lo tanto, es crucial que nuestra sociedad se ocupe lo más pronto posible de la recuperación de los terrenos degradados, siendo objetivos y garantizando la sustentabilidad económica y medioambiental de estos servicios para las futuras generaciones, así como asegurar la producción de alimentos, la desintegración de los constituyentes orgánicos, el reciclaje de nutrientes, el saneamiento del agua y la regulación de la cualidad atmosférica, así como la erradicación de contaminantes.

Propiedades físicas del suelo

Food And Agriculture (2024) las particularidades físicas del terreno son un principio crucial para determinar la calidad de este, ya que son difíciles de reestablecer, las características físicas son señalizadores de la cualidad edáfica incluyen los movimientos del agua en el perfil, que pueden dar lugar al progreso de la raíz, la aparición de embriones vegetales, el infiltramiento, etc, estas características reflejan cómo el recurso recibe, almacena y distribuye el fluido a los vegetales. La ubicación de las partículas y los poros están ligados, la configuración, la densidad aparente, la consistencia de los compuestos, el infiltramiento, la profundidad superficial, la suficiencia de retención de fluidos y la conductibilidad hidráulica, son algunas de las particularidades físicas del suelo que se sugieren como señalizadores de su estado, en el siguiente párrafo mencionamos las siguientes:

✓ Textura del suelo

La contextura está puntualizada por los minerales que componen el suelo, entonces estamos hablando de suelo arenoso o arcilloso. Los suelos dominados por arena son permeables y fáciles de trabajar (lo que se considera buenas propiedades físicas), son suelos relativamente sueltos, ligeros, pero de baja fertilidad. La arcilla, por otro lado, es viscosa y espesa cuando se encuentra húmedecida y muy consistente cuando se encuentra seca, solo pueden funcionar dentro de un cierto rango de humedad. Por lo tanto, tienen peores características físicas, pero son más

fértiles, llamados suelo pesado, dependiendo del porcentaje de los diversos componentes minerales que componen el suelo, existe una variación entre estos dos extremos. Cuando los tres componentes (arena, limo y arcilla) están en equilibrio, lo llamamos textura franca o media, son suelos equilibrados entre propiedades físicas y fertilidad, la textura será entonces la conformación de arenas, limos y arcillas en el terreno. Cuando los gránulos sean más pequeños, la textura será similar a la arcilla, mientras que cuando las partículas sean más grandes, se llamará arenosa. Una buena textura del suelo es crucial para el incremento y desarrollo con vitalidad de las plantas, ya que afecta la disposición de agua y sustentos para las raíces.

✓ **Estructura del Suelo**

La configuración del terreno está determinada por la manera en que los gránulos particulares de arena, limo y arcilla encajan entre sí. Cuando estos gránulos de arcilla particulares se asocian, adquieren la apariencia de fragmentos más grandes llamadas agregados. Los granos de arena en un suelo arenoso están unidos entre sí de forma suelta y no forman agregados, la configuración del terreno describe la organización física del mismo. Los granos de arena en suelos arenosos están unidos entre sí de forma suelta y no forman agregados, mientras que las partículas de arcilla en suelos arcillosos forman agregados fácilmente, estos rellenos facilitan el trabajo con la arcilla y mejoran el transporte de aire y agua.

✓ **Grados de estructura del suelo**

El nivel de configuración es la fuerza de los agregados, que representa la diferencia entre la adherencia en el interior de los compuestos y la afiliación entre estos mismos, dado que sus características cambian con la humedad contenida en el terreno, este nivel debe determinarse en situaciones en el que el suelo no está ni demasiado humedecido ni demasiado deshumedecido. Hay tres niveles básicos de organización, estructura débil: consiste en agregados borrosos casi invisibles, cuando se extrae de la sección,

el material se descompone, dando como resultado una mixti3n de algunos compuestos intactos, muchos de estos compuestos partidos y una gran porci3n de materia intacta. Estructura media: se particulariza por compuestos adecuadamente estructurados y diferenciados de persistencia media, los cuales son perceptibles, sin embargo, no visibles en terreno intacto. En el momento que se remueve el contorno, la materia del terreno se separa en varias mezclas diferentes de conglomerados intactos, algunos fracturados y muy escaso material intacto. Estructura r3gida: agregados caracter3sticamente bien formados y diferenciados, persistentes y claramente visibles en suelo intacto.

✓ **Clases y tipos de estructura del suelo**

Una categor3a de estructuraci3n especifica la dimensi3n promedio de un solo agregado, en general, se pueden identificar cinco categor3as diferentes seg3n el patr3n de composici3n del terreno de donde proceden los agregados, y estas son: sutil o muy sutil, fino o delgado, medio, grueso y muy grueso. Los numerosos tipos de estructuras pueden clasificarse de la siguiente manera: estructuras granulares y fr3giles, estructuras masivas o subangulares, estructuras prism3ticas, estructuras columnares y estructuras en tapones, cada categor3a de composici3n especifica la conformaci3n o estructuraci3n de los elementos individuales agregados.

✓ **Infiltraci3n de agua en el terreno**

Es el procedimiento mediante el agua ingresa al material ed3fico desde la parte superficial terrestre. En la ciencia de la edafolog3a, la tasa infiltrativa es un buen indicador de qu3 tan bien un terreno puede absorber la lluvia o el riego, su medici3n se realiza en hora pulgadas por o hora por mil3metros. La tasa reducida provoca la saturaci3n del suelo. Si la lluvia supera la tasa infiltrativa, es posible que ocurra una escorrent3a a menos que exista alg3n tipo de barrera f3sica, esto se debe a la conductividad hidr3ulica de saturaci3n del suelo cerca de la superficie. La permeabilidad es posible medirla haciendo uso de un osm3metro, la 3smosis est3

influenciada por la ley de dos fuerzas: la gravitacional y la acción capilar.

✓ **Densidad aparente**

Se entiende como el material seco por volumen de un terreno no perturbado en su condición original (incluido el espacio poroso), se demostró que la densidad aparente puede incluirse en un conjunto simplificado de parámetros cuyas mediciones son necesarias para valorar la cualidad del suelo como indicativo de la estructura, la consistencia mecánica al enraizamiento y la cohesión. Dado que existe una interacción entre la densidad aparente y la porosidad integral, los cambios en la densidad aparente reflejan modificaciones en el estructuramiento del terreno. La densidad del terreno es un buen indicativo de sus particularidades, especialmente de su compactidad, porosidad, aireación y aptitud de infiltración, que determinan el flujo de agua y otros líquidos a través de él. Una densidad aparente alta generalmente está asociada con suelos más compactados y menos fértiles, mientras que una densidad aparente baja indica un terreno más suelto y con mayor suficiencia de retenimiento de agua y sustentos.

✓ **Densidad Real**

La densidad de las partículas, o densidad real, es igual al peso relativo por unidad de volumen de los sólidos presentes en el terreno. Para determinarla, se necesita obtener la masa seca de una muestra del terreno y el volumen de los sólidos presentes en dicha muestra, este volumen se puede determinar mediante el empleo de un instrumento llamado picnómetro, el cual utiliza el principio de Arquímedes para deducir el volumen de líquido desplazado al sumergir un sólido en él. El valor de la densidad de partículas puede variar dependiendo del arquetipo de minerales asistentes en el suelo y la cuantía de constituyentes orgánicos asistentes en el propio, debido a que la materia orgánica tiene un peso mucho menor que una cantidad equivalente de materia

mineral, su presencia en el terreno logra conseguir un efecto con significancia en la densidad de partículas.

Propiedades químicas del suelo

Food And Agriculture (2024) nos da a conocer que los indicadores químicos hacen referencia a las situaciones que perturban las conexiones del material edáfico y los vegetales, la cualidad del agua, la capacidad del material edáfico para amortiguar cambios bruscos, las reservas de agua y sustento para los vegetales y los microorganismos. Unos de los indicadores propuestos son la disposición de sustentos, el contenido total de carbono orgánico, el carbono orgánico que se encuentra activo, el potencial de hidrogeno, la conductividad eléctrica, la suficiencia de adsorción de fosfato, la suficiencia de intercambio de cationes, el recambio de constituyentes orgánicos, el contenido absoluto de nitrógeno y el nitrógeno mineralizable. Estas propiedades químicas, en particular el potencial de hidrogeno, el material orgánico, la conductividad eléctrica y los grados de fósforo, nitrógeno y potasio son propiedades químicas que afectan la cualidad y disposición de agua y nutrimentos para los vegetales, que son los siguientes:

✓ Potencial de Hidrógeno (pH)

El potencial de Hidrogeno es un indicador útil para determinar la acidez de la solución del terreno y posee una secuela en el incremento y progreso de las plantas y la fauna del terreno. También afecta la celeridad y cualidad de los procedimientos de hidratación y mineralización, así como la disponibilidad de algunos sustentos. En la tierra, los iones de hidrógeno existen tanto en solución como en complejos de intercambio, lo que resulta en dos tipologías de acidez: activa o verdadera (presente en solución) y acidez variable o retenida (resultado de la adsorción). Estos dos tipos de acidez están en un equilibrio dinámico. Cuando se retiran iones de hidrógeno de la solución, se liberará la mayor cantidad posible de iones de hidrógeno adsorbidos. Esto demuestra que el suelo tiene una alta capacidad para resistir cambios bruscos en el

potencial de hidrógeno, lo que lo convierte en un poderoso amortiguador.

✓ **Cambio Iónico**

El intercambio iónico se puede definir como un procedimiento reversible, en el que las partículas sólidas del material edáfico succionan iones de la etapa acuosa mientras liberan cantidades iguales de otros iones, estableciendo así un equilibrio entre las dos fases. El intercambio de iones es causado por el desequilibrio eléctrico de las partículas de la superficie edáfica. Para neutralizar la carga, los iones se adsorben, adsorbidos en la superficie de la partícula. Están débilmente unidos a los gránulos del material edáfico y se pueden reemplazar por la solución de este. La suficiencia de trueque catiónico es la más trascendental y popular. El suelo contiene varios elementos que intercambian cationes, los principales intercambiadores son la arcilla y el material orgánico. Las razones primordiales de la aminoración de la suficiencia de reciprocidad catiónica de las arcillas son las siguientes: hay aristas es decir superficies desequilibradas, el OH se separa de la capa basal, hay sustitución de átomos en la red, hay variados y complejos factores que contribuyen a que el material edáfico tenga cierta suficiencia de CIC , el tamaño de la partícula: mientras más diminuto sea el tamaño de partícula del material, mayor será la suficiencia de intercambio, las propiedades de los elementos: La composición y estructuramiento de una partícula perturbará su potencial de intercambio catiónico, la sustitución de átomos en la red y la presencia de aristas.

Petróleo

Miñan (2024) es un líquido de color oscuro con un aroma poco agradable y un sabor químico. Se trata de un combustible fósil que se inicia a partir de la desintegración de organismos del mar y de la tierra a través de millones de décadas en la Tierra. En su mayoría integrado por hidrocarburos, que son compuestos orgánicos originados por la

combinación de carbono e hidrógeno, el petróleo puede ser categorizado según su estructura molecular, densidad y punto de fusión.

Hidrocarburos

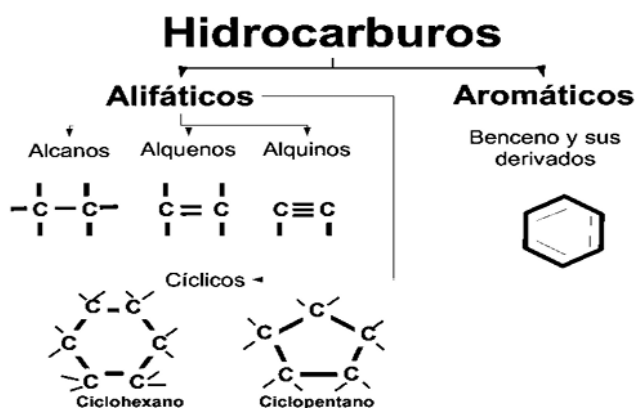
Miñan (2024) Son agregados originados por átomos de carbono-hidrógeno cuya estructura molecular consiste en la unión de átomos de carbono con átomos de hidrógeno. Estas estructuras pueden exhibirse en estado gaseoso, líquido o sólido. Es de relevancia destacar que los alcanos son una fuente esencial de hidrocarburos, con moléculas tóxicas, activas químicamente y altamente explosivas. Los hidrocarburos que se encuentran en el petróleo y sus derivaciones se diferencian en 2 grupos: hidrocarburos alifáticos e hidrocarburos aromáticos.

Hidrocarburos totales de Petróleo

Zarate (2014) Son agregados compuestos por átomos de carbono e hidrógeno que están considerablemente esparcidas en la naturaleza. Su categorización va a depender del número de átomos de carbono que tengan y de su estructura química. Los hidrocarburos alifáticos son lineales o ramificados, se distinguen en saturados (alcanos) e insaturados (alquenos y alquinos); los hidrocarburos cíclicos pueden ser saturados (cicloalcanos) o contener anillos bencénicos (aromáticos). El petróleo crudo está integrado por hidrocarburos, compuestos heterocíclicos, asfáltenos y resinas.

Figura 1

Tipos de Hidrocarburos



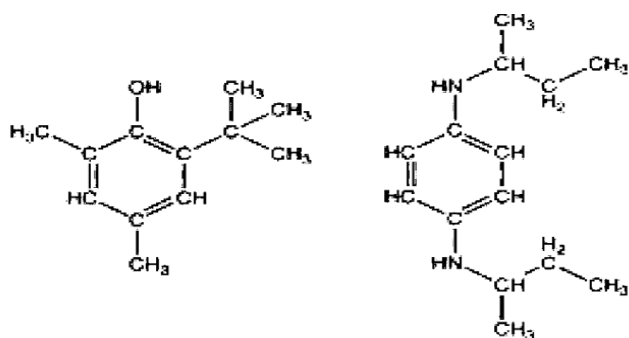
Nota: Zarate

Diesel

Zarate (2014), integrado por componentes parafínicos, naftalénicos y aromáticos es un ejemplar de combustible derivado de hidrocarburos, con un rango de carbono entre C10 y C22, catalogado como un hidrocarburo de fracción media. El mayor polutante integrado en el diesel es el azufre, que al calcinarse se transforma en óxido de azufre y luego en ácido sulfúrico al reaccionar con la humedad atmosférica, además de la emisión de óxido nitroso, estos gases favorecen que se forme la lluvia ácida. Las particularidades que definen a este combustible incluyen el índice de cetano, para valorar la facilidad de ignición; el contenido de azufre, que decreta su nivel de polución ambiental, y finalmente, su densidad y viscosidad.

Figura 2

Diesel



Nota: Zarate

Avila (2016) El diesel está integrado por hidrocarburos olefínicos, parafínicos, cicloparafínicos y aromáticos, con un rango de átomos de carbono entre 10 y 20. Al entrar en contacto con el terreno, el diesel se impregna en las partículas de materia orgánica y arcilla. A medida que incrementa la impregnación del diesel, reduce el potencial de hidrógeno del terreno.

Impacto en el suelo por hidrocarburos totales de petróleo (HTP)

Velázquez (2017) Los hidrocarburos del petróleo son causa de diferentes impactos directos en el terreno, como son las alteraciones en el pH y la salinidad, disminución en el retenimiento de nutrientes y

humedad, entre las diferentes variedades la toxicidad es cambiante, siendo elevada en aquellas con menor peso molecular.

Biodegradación de hidrocarburos

Crespo (2016) Los hidrocarburos son agregados con exuberancia de materia orgánica que logran ser desintegrados por una formidable diversidad de microorganismos de manera aeróbica. La degradación de estos agregados se facilita en condiciones húmedas y expuestos al aire. Aproximadamente el 6% de los hongos presentes en el terreno y el 0.13% de las bacterias son capacitados para utilizar los hidrocarburos como sustrato, lo que favorece a su biodegradación en el suelo.

Fundamentación bioquímica

Delgado (2022) Se fundamenta en distintas reacciones de óxido-reducción, cuyo objetivo primordial es obtener la energía generada en la cadena respiratoria o en el transporte de electrones de la célula. El ciclo comienza con un sustrato orgánico (un compuesto hidrocarburado) externo a la célula, que actúa como donador de electrones, permitiendo a la célula llevar a cabo su función metabólica al degradar y consumir ese compuesto. Los aceptores que suelen emplear los microorganismos incluyen oxígeno, nitratos, hierro III, sulfatos y dióxido de carbono, la respiración microbiana ocurre en condiciones aerobias cuando los microorganismos utilizan oxígeno como aceptor de electrones. En contraste, cuando utilizan sulfatos o dióxido de carbono, el proceso se desarrolla en condiciones reductoras o anaerobias, lo que da lugar a procesos de biodegradación anaerobios.

Delgado (2022) Los hidrocarburos se encuentran en diversas partes del ambiente, incluyendo el aire, el suelo, el sedimento, el agua, el aceite e incluso en los alimentos. Tanto las bacterias como los hongos pueden disgregar estos xenobioticos por medio de procesos aerobios y anaerobios. En general, existen tres mecanismos aerobios de degradación, basados en la oxidación del anillo aromático, que luego se descompone en metabolitos y CO₂. En el proceso que solo involucra a las bacterias, el primer paso es la oxidación del anillo aromático, realizada por

las enzimas dioxigenasas, que facilitan la formación de dihidrodiol. Paralelamente, las enzimas deshidrogenasas oxidan este compuesto y el intermediario dihidroxilado, el catecol, se convierte en CO₂ y H₂O. En el metabolismo fúngico, hay dos procesos diferentes. El primero es llevado a cabo por hongos lignolíticos, donde la degradación se realiza mediante enzimas como lacasas y peroxidasas, que generan quinonas y ciertos ácidos que se convierten en CO₂. En el segundo proceso, que involucra hongos no lignolíticos y bacterias, el primer paso es catalizado por la enzima citocromo P450 monooxigenasa, que trasmuta el hidrocarburo en óxido de areno, el cual es utilizado como fuente de energía para la microbiología.

Principales Microorganismos Involucrados

Dado que los microorganismos son los principales responsables de la disgregación de contaminantes orgánicos en el terreno, se postula que al aumentar la densidad microbiana en terrenos afectados se podría acelerar la degradación de polutantes orgánicos, como los hidrocarburos. (Martinez et al. 2011)

1. Bacterias: Como *Pseudomonas*, que son reconocidas por su capacidad de degradar hidrocarburo, representan el 80% de la biomasa del lodo residual.
2. Hongos: Ciertos hongos pueden metabolizar compuestos complejos de petróleo, transformándolos en formas menos tóxicas, como la levadura del pan *Saccharomyces cerevisiae*

La biodegradación de HTP es un procedimiento microbiológico donde los microorganismos disgregan compuestos orgánicos complejos en agregados más simples. Este procedimiento suele dividirse en varias fases (Ecosistemas, 2003):

1. Asimilación y bioeliminación:

- Asimilación: Los microorganismos absorben los hidrocarburos y otros compuestos orgánicos para emplearlos como fuente de carbono y energía. Esto se da en condiciones aerobias (con oxígeno) o anaerobias (sin oxígeno).

- Bioeliminación: Aquí, los microorganismos comienzan a romper los enlaces químicos en los hidrocarburos, lo que permite su conversión a formas menos complejas.

2.Oxidación metabólica:

- Los hidrocarburos son fundamentales moléculas que contienen carbonos e hidrógenos. En condiciones aeróbicas, las bacterias utilizan oxígeno para oxidar estos compuestos.
- Este proceso genera metabolitos intermedios, como alcoholes y ácidos, durante la hidrólisis; estos a su vez son más accesibles para otros microorganismos.

3.Mineralización

- Es la fase final donde los compuestos intermedios se convierten en agregados finales no tóxicos como dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O).
- En este punto, los microorganismos han completado su ciclo de vida utilizando los HTP, y el área contaminada comienza a volver a su estado natural.

Buendía (2012) Indica que la descomposición de hidrocarburos origina dióxido de carbono, agua y calor, y necesita oxígeno para que se ejecute. La adición de nutrientes estimula a la microbiología nativa del terreno afectado que degradan a los hidrocarburos, utilizándolos como fuente de carbono y donador de electrones, en un procedimiento aeróbico al utilizar al oxígeno como aceptor de electrones.

Principales mecanismos de degradación

Los principales mecanismos de degradación son los siguientes:

Asimilación: es el proceso de absorción de vitaminas, minerales y otras sustancias químicas de los suministros como parte de sustento de un organismo (AcademiaLab, 2024).

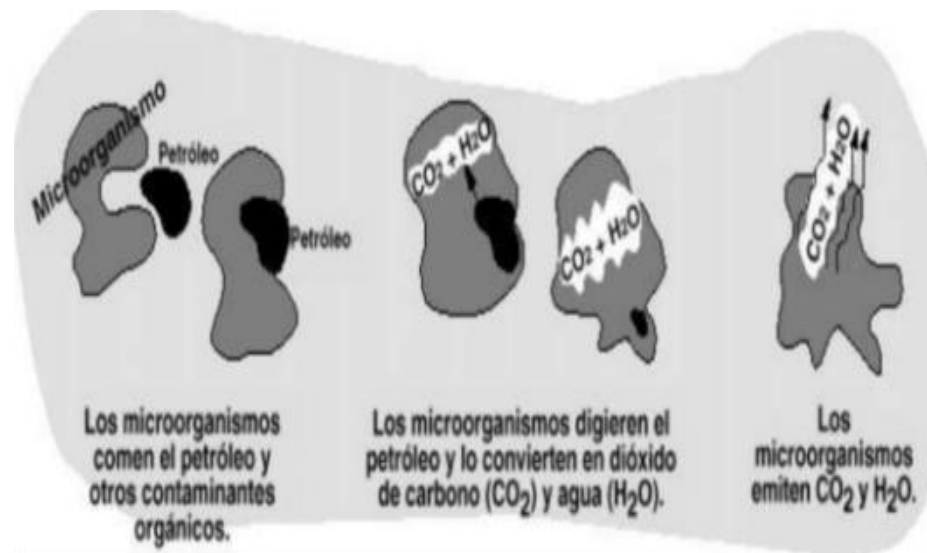
Cometabolismo: Se refiere a la degradación simultánea de dos compuestos, donde la disgregación del segundo (el sustrato secundario)

depende de la presencia del primero (el sustrato primario). Esto difiere del catabolismo simultáneo, en el que cada sustrato es descompuesto al mismo tiempo por distintas enzimas. El cometabolismo ocurre cuando una enzima producida por un organismo no solo cataliza la degradación de su sustrato de crecimiento para obtener energía y carbono, sino que también puede descomponer agregados adicionales. (AcademiaLab, 2024).

Crespo (2016) Indica que la base de la biodegradación dentro de los microorganismos reside en la realización de reacciones de óxido-reducción constantemente en las cadenas respiratorias o dadoras de electrones de las células. Cuando se hallan hidrocarburos, estos funcionan como sustratos orgánicos que trabajan como dadores de electrones, accediendo que la célula degrade estos agregados a través de sus actividades metabólicas. Por otro lado, los aceptores de electrones, como el oxígeno, hierro, sulfato y dióxido de carbono determinan si la desintegración será de manera aerobias o anaerobias.

Figura 3

Descomposición de hidrocarburos



Nota: Novoa

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

➤ Remediación:

La remediación edáfica se trata de los procesos de erradicación o disminución de polutantes del suelo, este proceso

es necesario para reintegrar la cualidad del terreno y hacerlo seguro para el uso humano, la agricultura u otras actividades. El suelo contaminado es a menudo el resultado de procesos industriales históricos y prácticas de eliminación de desechos no reguladas. (Mintek Resources, 2021)

➤ **Biorremediación:**

La biorremediación en sí misma es una habilidad para depurar terrenos contaminados de manera habilidosa, ya que utiliza microorganismos vivos que pueden vivir en el suelo y la tierra. La biorremediación utiliza estos organismos para descomponer compuestos tóxicos en condiciones ambientales específicas, estos organismos se alimentan de hidrocarburos y los descomponen en agua y dióxido de carbono. (Bordino, 2021)

➤ **Bokashi:**

Es el resultado de una práctica japonés que tiene su ciencia en la fermentación aeróbica de residuos a través de la adición de microorganismos eficientes, estos últimos son las levaduras y bacterias lácticas que potencian y son responsables del proceso de desintegración, disminuyendo así el período necesario para obtener una enmienda orgánica. (Doctoragro ,2024)

➤ **Lodos primarios:**

Este tipo de fango se produce por decantación primaria a través del proceso de separación de sólidos suspendidos del agua residual por gravedad, la cantidad de fango primario producido por este proceso está relacionada con variables como el volumen de agua en tratamiento, la acumulación de sedimentos en suspensión en el medio y la efectividad del sistema de decantación, respectivamente. Estos residuos también pueden enviarse a instalaciones especializadas para su eliminación adecuada, como la incineración o el uso en agricultura. (Fibras y Normas de Colombia ,2023)

➤ **Lodos secundarios o biológicos:**

Estos lodos se producen en los procedimientos que se dan en las plantas de procesamiento de aguas residuales y se separan

atravesando un proceso de precipitación adicional, están formados por compuestos biológicos como polisacáridos, proteínas, bacterias y microorganismos, quienes tienen responsabilidad en las propiedades y particularidades que muestran estos lodos, estas particularidades pueden variar en función del metabolismo y el nivel de crecimiento de los organismos presentes en los lodos. (Fibras y Normas de Colombia ,2023)

➤ **Lodos químicos:**

Estos lodos son aquellos que se generan cuando se emplean procedimientos químicos o fisicoquímicos al agua residual, frecuentemente, estos fangos se crean mediante la incorporación de sales de hierro o aluminio y cal al agua, con el fin de potenciar la eficiencia en la disminución de concentrados de constituyentes orgánicos suspendidos, eliminar ciertos componentes inorgánicos diluidos y precipitar fósforo. (Fibras y Normas de Colombia ,2023)

➤ **Lodos tratados:**

Estos lodos son aquellos que provienen de las PTAR tanto domésticas como industriales con composiciones similares a las aguas residuales hogareñas y bajos niveles de componentes contaminantes, el tratamiento de estos fangos implica procesos biológicos, físicos, químicos y térmicos, con el fin de reducir su capacidad de fermentación y prevenir problemas sanitarios al ser utilizados, son almacenados a largo plazo para su gestión adecuada. (Fibras y Normas de Colombia ,2023)

➤ **Calidad del suelo:**

La cualidad edáfica se refiere a la habilidad de una clase específica de suelo para desempeñarse en apoyo del rendimiento productivo de los vegetales y los animales, así como para regular o potenciar la calidad del agua y el aire. Además, emplea un rol fundamental en preservar la vitalidad y buena fortuna de los especímenes humanos, los procesos ecológicos y los ciclos biogeoquímicos saludables, la cualidad del terreno es esencial para mantener la fertilidad agraria, la vitalidad de los sistemas ecológicos, y preservación de los recursos. (Stivers ,2023)

➤ **Suelo:**

Este es el resultado de la interrelación del tiempo y factores como la climatología, la topografía, los organismos como flores, animales y los individuos, así como también los materiales parentales es decir el material geológico como bloques rocosos y minerales, como consecuencia, el suelo presenta diferencias en su textura, estructura, consistencia, color y composiciones químicas, biológicas y físicas en comparación con su material de origen. Se trata de una capa de material suelto o descompuesto que se encuentra en la superficie de la Tierra y tiene la capacidad de sustentar la vida vegetal. (Food and Agriculture Organization ,2023)

➤ **Resiliencia del suelo:**

La resiliencia del terreno es la suficiencia de restaurar su calidad tras sufrir perturbaciones, sean estas de origen natural o causadas por actividades humanas. A diferencia de la fortaleza del suelo, la resiliencia se refiere a su habilidad de recuperarse, contrarrestando cualquier efecto perturbador o desestabilizador. En la actualidad hay técnicas para promover esta capacidad como la conservación de cobertura, reducir la compactación y erosión, etc. (Rosen, 2015)

➤ **Capacidad de amortiguamiento del suelo:**

Al agregar sustancias ácidas o básicas, la resistencia del suelo al cambio es el pH, esta suficiencia amortiguadora del terreno es la resistencia a las permutaciones de los componentes y materiales del suelo, que se ve incrementada por cambios en los factores ambientales: disponibilidad de H₂O, temperatura y tiempo. La suficiencia de amortiguamiento puede variar según los tipos y cantidades de minerales presentes en el suelo, los suelos ricos en minerales como la arcilla y la materia orgánica tienden a tener una mayor capacidad de amortiguamiento, ya que estos minerales tienen una mayor capacidad de intercambio iónico. (Rodríguez, 2020)

➤ **Suelo contaminado:**

Es cualquier suelo con propiedades físicas, químicas o biológicas afectadas desfavorablemente por compuestos antropogénicos en concentraciones perjudiciales tales que representen una contingencia para la vitalidad del hombre y medio ambiente, y que cumpla con las disposiciones reglamentarias determinadas por las autoridades reguladoras y las promulgaciones del Gobierno de la ONU. Por lo tanto, es menester conocer los criterios de polución del suelo para reconocerlo legalmente como contaminado. (EcologíaVerde ,2024)

➤ **Plan de descontaminación de Suelo:**

Este plan viene a ser un mecanismo de gestión ambiental que está destinada a prevenir impactos ambientales de una o más actividades actuales o pasadas. Los tipos de medidas de mitigación que se pueden tomar individualmente o en combinación incluyen: medidas correctivas, medidas preventivas, medidas de control del uso del suelo y medidas de monitoreo de sitios contaminados. (MINAM ,2014)

➤ **Muestreo:**

El muestreo es el acto de tomar una muestra representativa para identificar el suelo en estudio, mientras que una muestra se puede definir como una porción representante con las equivalentes particularidades que el material en estudio, que luego será enviada al laboratorio. para el posterior análisis. (MINAM ,2014)

➤ **Estándar de Calidad Ambiental (ECA):**

Los ECA son utilizados como una herramienta de responsabilidad ambiental que posee como finalidad vital evaluar la cualidad del ambiente en todo el espacio nacional, estos criterios permiten determinar los horizontes de acumulación de componentes incluidos en el medio, asegurando que no representen un peligro humano ni para el medio ambiente en general. (MINAM ,2019)

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Ha: El efecto remediador de diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados difiere en la mejora de la calidad del suelo contaminado con aceite automotriz

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICA

Ho: El efecto remediador de diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados no difiere en la mejora de la calidad del suelo contaminado con aceite automotriz

2.5 VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Remediación

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Calidad del suelo

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Título: “Efecto remediador de diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados para mejorar la calidad del suelo contaminado con aceite automotriz Huánuco-2024.”

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

Variable independiente	Indicadores	Valor final	Tipo de variable
Tratamiento del suelo con bokashi con lodos (Remediación)	Diferentes proporciones del sustrato por Kg/S	Tiempo del tratamiento: ✓ 12 semanas Cantidad de sustrato: ✓ 50 % Bokashi con lodos x 50% kg/suelo ✓ 30 % Bokashi con lodos x 70% kg/suelo	Nominal dicotómica
Variable dependiente	Indicadores	Valor final	Tipo de variable
Calidad del suelo	Propiedades físicas: ✓ Textura ✓ CE ✓ Temperatura Propiedades químicas: ✓ N, P, K, C:N ✓ pH ✓ MO ✓ CIC Hidrocarburo: Aceite automotriz (ml x Kg de suelo)	Propiedades físicas: ✓ Arcilloso, Limoso, Arenoso ✓ g/ml ✓ Grados centígrados Propiedades químicas: ✓ ppm ✓ 0-14 ✓ Porcentaje % ✓ meq/100 g Hidrocarburo: Aceite automotriz (ml x Kg de suelo)	Numérica continua discreta

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación presenta la clasificación siguiente:

- ✓ Según la intervención del investigador los estudios son con intervención y sin intervención: el presente trabajo de investigación se considera con intervención porque se va a modificar una variable, es decir se va a mezclar diferentes proporciones de bokashi y lodos estabilizados con el suelo contaminado con aceite. (Supo y Zacarías, 2024)
- ✓ Según el control de las mediciones de la variable del estudio los estudios son prospectivos y retrospectivos: el presente trabajo de investigación es prospectivo debido a que se realizará mediciones controladas (pre-test y post-test). (Supo y Zacarías, 2024)
- ✓ Según el número de mediciones de la variable de estudio los estudios son longitudinales y transversal: el presente trabajo de investigación es longitudinal o de medidas repetidas, ya que hubo dos mediciones de la variable en experimentación, el pre-test y post-test. (Supo y Zacarías, 2024)
- ✓ Según el número de variables analíticas los estudios son analíticos, exploratorio y descriptivos: el presente de trabajo es un estudio analítico ya que se tiene más de una variable analítica siendo el propósito principal relacionar estas variables. (Supo y Zacarías, 2024)

3.1.1. ENFOQUE

Según el enfoque de estudio, el estudio presenta un enfoque cuantitativo, ya que son datos numéricos. Por otro lado, también se debe a que se va a usar diferentes y variadas herramientas de análisis estadístico para poder realizar predicciones correctas y acertadas sobre

nuestra hipótesis para poder responder las cuestiones de la investigación de estudio. (Supo y Zacarías ,2024)

3.1.2 ALCANCE O NIVEL

El trabajo de experimentación corresponde al nivel explicativo, en consecuencia, de que se está realizando un experimento, es decir se va evaluar el efecto que tiene una variable sobre la otra, en otras palabras, la causa y el efecto para optimizar los escenarios de la población de estudio, aquí la estadística es insuficiente para completar sus objetivos, por lo que aparece el concepto denominado criterios de causalidad, donde el criterio más importante viene a ser el experimento. (Supo y Zacarías ,2024)

3.1.3 DISEÑO

El presente trabajo se realizará con la intervención del investigador aplicando los pasos del experimento verdadero y por lo tanto va seguir el siguiente diseño: es experimental, prospectivo, longitudinal y analítico. (Supo y Zacarías ,2024)

En el cual:

GE₁: O₁ X₁ O₂, O₃, O₄

GE₂: Z₁ X₂ Z₂, Z₃, Z₄

GE_{1,2}: Grupo Experimental

O_I y O_F: Observación inicial y Observación final

X₁: Intervención con 50% de bokashi con lodos

X₂: Intervención con 30% de bokashi con lodos

T_c: Tratamiento control

Diseño experimental

Grupos	Unidad de análisis	Tipos
GE “1”	O ₁ , O ₂ , O ₃ , O ₄	Bokashi con lodos 50 %
GE “2”	Z ₁ , Z ₂ , Z ₃ , Z ₄	Bokashi lodos 30 %
Tratamiento control	TC	0 %

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Población:

En la presente investigación se va a considerar a la población de estudio a los suelos de un terreno de cultivo del centro poblado de Colpa Baja departamento de Huánuco, exactamente al costado de la cancha de futbol de Chunapampa. El centro poblado de Colpa Baja es un lugar ubicado en la Región de Huánuco del Perú. Es conocido por sus producciones de vegetales en su mayoría hortalizas que luego son vendidas en los mercados. Se va a extraer el suelo, aproximadamente esta operación se realizará en un área de 50 metros cuadrados con las respectivas herramientas como palas y recipientes para trasladar las muestras. El estudio de experimentación será ejecutado en el periodo de tiempo que comprende los meses siguientes: desde julio hasta finales de septiembre, octubre y noviembre ya que en cualquiera de estos meses habrá predominancia de calor y habrá menos dificultades al momento de realizar las operaciones de excavación y muestreo.

Muestra:

La muestra la componen aproximadamente 110 kilogramos de suelo. Para poder realizar el experimento se va a contaminar artificialmente 110 kilogramos del suelo con aceite de donde se van a extraer las unidades para su respectivo análisis, aproximadamente 5 kilogramos de suelo contaminado con aceite.

Coordenadas de ubicación de la población:

<i>Colpa Baja</i>	Huánuco
<i>Zona</i>	18 L
<i>Coordenadas Este</i>	402289,90
<i>Coordenadas Norte</i>	8726005,40

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título: efecto remediador de diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados para mejorar la calidad del suelo contaminado aceite automotriz, Huánuco 2024.

Tabla 2

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Variable	Indicadores	Técnica	Instrumentos
Calidad del suelo	Propiedades físicas.		Propiedades físicas.
	✓ Textura		✓ Método de la pipeta
	✓ Conductividad eléctrica		✓ Conductivímetro
	✓ Temperatura		✓ Multiparametro
	Propiedades Químicas.		Propiedades Químicas.
	✓ N, K, P	Observación	✓ Medidores NPK
	✓ Ca		✓ Absorción atómica
			✓ pH metro
	✓ PH		✓ Métodos analíticos
	✓ M.O		✓ Cromatografía
			✓ Analizador C/N
	✓ CIC		Hidrocarburo:
	✓ Relación C/N		✓ Espectrómetro ultravioleta visible
	Hidrocarburo:		
	✓ Aceite automotriz		

Nota: recolección de datos

Protocolo de ejecución

Lo primero que se va realizar, será la recolección de los lodos estabilizados, posteriormente se realizará el secado durante 31 días a la luz del sol, para luego recrear un escenario, contaminando 110 kilogramos de suelo con aceite automotriz. El siguiente paso por realizar será la elaboración del bokashi, y después de 3 semanas esperar que esté listo su proceso, para posteriormente mezclar el bokashi con el lodo, que finalmente se llevarán al laboratorio para sus respectivos estudios. Posteriormente se realizará otra mezcla de diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados con la tierra contaminada en diferentes recipientes. En las siguientes semanas, se medirán los parámetros de

humedad, potencial de hidrogeno y conductividad eléctrica en diferentes momentos, se utilizará como instrumentos para este proceso un multiparametro HI5811. Se estará observando y moviendo las mezclas diariamente y se mantendrá una humedad adecuada durante noventa días. Lo último que se realizará será recolectar la tierra de forma separada para poder llevarlas a analizar al laboratorio y esperar los resultados. Para finalizar el trabajo se colocará los residuos en bolsas de color negro y se llevará al camión recolector que pasa por la carretera.

Contaminación artificial del suelo

El suelo con textura franco arenosa, se tamizó con mallas de 4 mm, para tener un tamaño ideal del suelo, se consideró que la población sea 110 kilogramos de suelo, y que debería contener una concentración de 10000 mg de diésel, por lo que se recreó un escenario artificial simulando el derrame del diésel, se estableció una metodología propia para obtener la concentración y homogeneidad adecuada , este procedimiento se fraccionó en dos partes: determinación de la cantidad de aceite y la forma de la mezcla para lograr la homogenización.

Para hallar la concentración del diésel, se tuvo en cuenta la cantidad de suelo (110 kg), y la concentración de 10000 mg de diésel/kg de suelo, por otra parte, la especificación técnica del diésel nos dice que la densidad del producto es de 874 mg/ml, con estos datos se pudo obtener la cantidad de aceite a emplear que es de 1260 ml como lo muestra la Ecuación 1

Concentración deseada:10000 Mg de diésel para 110 kg de suelo.

Ecuación 1

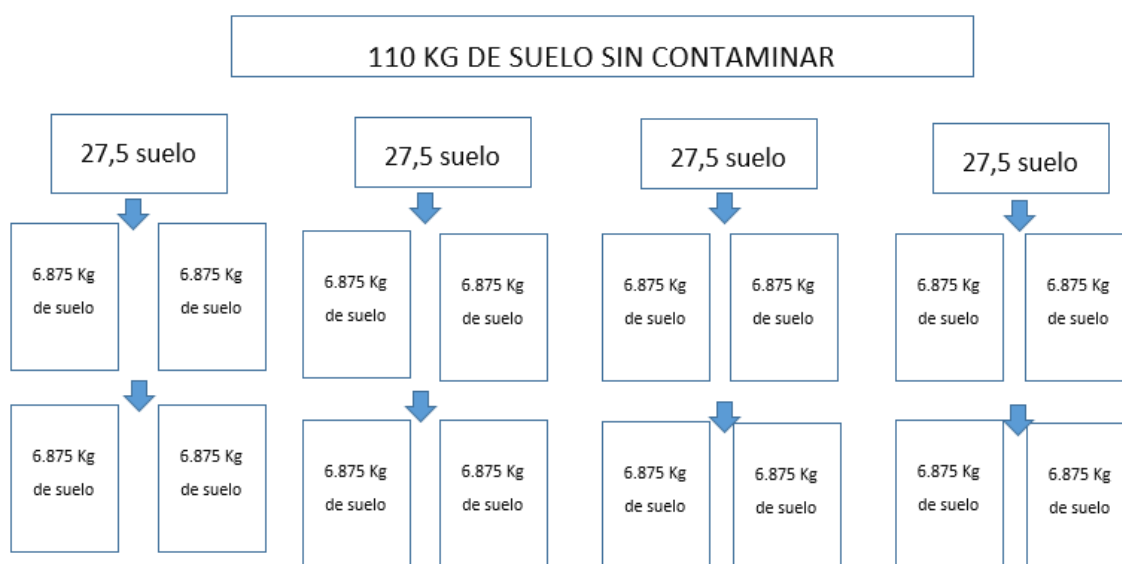
$$\frac{10000 \text{ Mg de disel}}{\text{Kg de suelo}} * 110 \text{ Kg de suelo} \times \frac{1 \text{Ml diesel}}{874 \text{ Mg diesel}}$$

$$\frac{10000 * 110 * 1 \text{ML DIESEL}}{874} = 1260 \text{ ml de diesel}$$

Con la concentración adecuada de diesel a verter para lograr una concentración de 10000 mg de Diesel /kg de suelo, se continuó realizando el derrame de diésel, por lo que fue necesario homogenizar el suelo. En los 110 kilogramos de suelo, se empleará el método del cuarteo de suelo, por lo que dividiremos 110 kg en cuatro porciones, cada uno con 27,5 kilogramos de suelo, consecuentemente se procederá a partir estos 27,5 en cuatro porciones (2do cuarteo), consiguiendo cuatro unidades de 6,875 kg de suelo, este procedimiento se puede apreciar a continuación:

Figura 4

Cuarteo de suelo



Nota: Suelo cuarteado

Posteriormente al segundo cuarteo se procedió a agregar el diésel, de forma que al realizar la homogenización de cada porción en resultado final nos arroje 10000 mg de diésel/kg de suelo, para obtener la concentración adecuada del segundo cuarteo se realizó la ecuación 2

Ecuación 2.

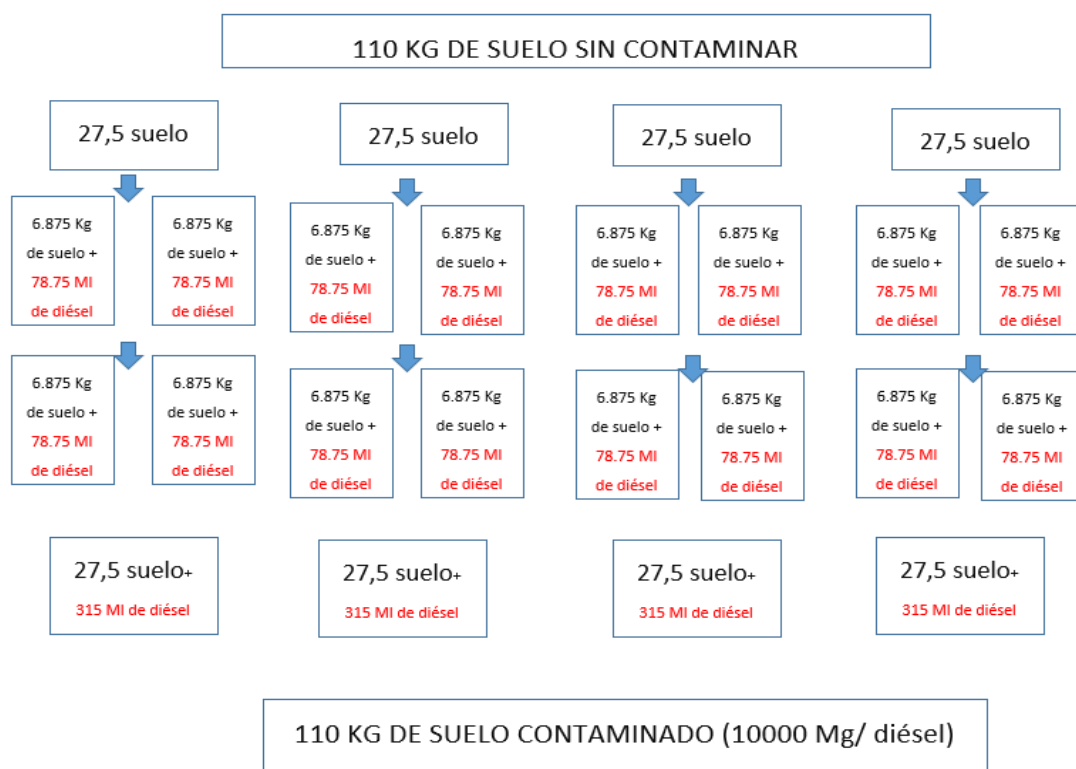
Para 6.875 kg:

$$\frac{1260 \text{ ml de diesel} * 6.875 \text{ Kg de suelo}}{110 \text{ KG DE SUELO}} = 78.75 \text{ ml diese}$$

En la ecuación 2 nos dijo que la cantidad de contaminante a utilizar por cada 6.875 kg de suelo es de 78.75 ml de diésel, posteriormente se realizó la homogenización del suelo para lograr una concentración de 10000 mg de diésel /kg de suelo que se puede observar a continuación:

Figura 5

Contaminación del suelo



Nota: Suelo contaminado

Protocolo de muestreo de suelos

Según el MINAM (2014) y de acorde a la orientación para el Muestreo de Suelos en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, ECA para Suelo se consideran los siguientes:

1. Muestreo de control de corrección (MC)

Su propósito es demostrar que las medidas de regeneración que se implementaron en los suelos contaminados logran, de manera demostrable estadísticamente, concentraciones iguales o menores a las determinadas en suelos ECA o un nivel de remediación específico determinado en una estimación de

Exposición Ambiental y de Salubridad (ERSA), de acuerdo con sus respectivas instrucciones.

2. Para espacios contaminados de forma regular inferiores a mil metros cuadrados (m2)

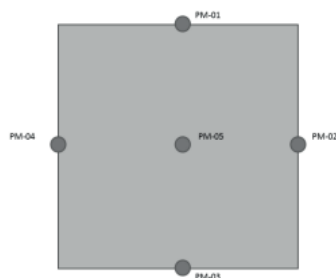
Si el terreno contaminado tiene forma habitual cuadrática el número y la distribución muestral es una por pared (4 muestras) y una de estas en el fondo (1 muestra), haciendo un global de 5 en total.

3. Para muestras superficiales

Se puede utilizar una sonda manual para el muestreo superficial (hasta aproximadamente un metro de profundidad). El procedimiento es correspondientemente simple, de rápido uso y ahorrativo, y la técnica puede adquirir pequeños volúmenes de suelo que requieren muestras compuestas de múltiples pozos. Otras metodologías alternas para la adquisición de muestras superfleas pueden ser excavaciones.

Figura 6

Partición de muestras

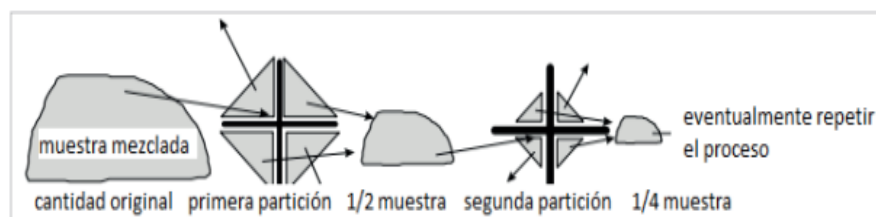


Nota: Guía para muestreo de suelos

Las pruebas compuestas están permitidas en este tipo de pruebas. El muestreo de superficie no es adecuado para determinar los COV. Se debe dividir una gran cantidad de muestras (por ejemplo, recuperadas de trincheras) para reducirlas y obtener muestras compuestas representativas. Para ello, se recomienda dividir la muestra mezclada en cuatro partes iguales y hacer repetitivamente el proceso para obtener la suficiente materia deseada.

Figura 7

Partición de muestras



Nota: Guía para muestreo de suelos

Figura 8

Profundidad del muestreo según el uso del suelo

Usos del suelo	Profundidad del muestreo (capas)
Suelo agrícola.	De 0 a 30 cm y de 30 a 60 cm
Suelo residencial/parques	De 0 a 10 cm y de 10 a 30 cm
Suelo comercial/industrial/extractivo	De 0 a 10 cm

Nota: Guía para muestreo de suelos

El material muestreador se selecciona de acuerdo a los parámetros a analizar, se recomienda utilizar plástico y acero que no se oxide, así como evitar el uso de cromados, pinturas u otros elementos de tratamiento superficial. Si existen muchos escombros es preferible utilizar el primer cm en un radio de 15 cm.

En muestreo de suelos para evaluar la contaminación ambiental, la profundidad del muestreo puede variar dependiendo de la fuente de contaminación y las regulaciones aplicables.

4. Procesamiento de muestras

Si bien se deben tomar ciertas precauciones al manipular las muestras, es importante seguir el protocolo del laboratorio para realizar la recolecta y el almacenamiento de muestras para el análisis los cuales son los presentes:

✓ Etiquetado

- El etiquetado debe de estar a simple vista y no debe exceder las proporciones del envase, así como debe de estar debidamente pegada para que no sucedan pérdidas.

- La etiqueta que se coloque en la muestra debe contar con los siguientes datos mínimos: identificación única (número o código), lugar donde se tomó la muestra, hora y fecha muestreadas, nombre de la persona responsable de tomar la muestra (razón social e iniciales) y del proyecto.
- Debe realizarse mediante tinta que no se borre la impresión de estos datos en la etiqueta, y el registro, etiquetado, de la muestra, debe llevarse a cabo inmediatamente luego de tomarla.

✓ **Ficha de Muestreo**

Documentación de los datos que fueron recolectados en el lugar, que incluyen metodologías muestréales, las condiciones en los lugares muestreados y las representaciones de estas.

✓ **Cadena de Custodia**

Esta debe incluir los siguientes elementos al menos:

- Identificación del número de almacenamiento asignado por el recinto acreditado.
- Información sobre la compañía responsable del muestreo y su responsable.
- Datos de ubicación identificativos y utilizando coordenadas UTM.
- fecha y hora muestral.
- Código utilizado de prueba.
- Nombre de la instalación al que se enviará la muestra.
- Método de análisis o determinación que se requiere.
- Cantidad y tipo de contenedores utilizados para la muestra.
- Información detallada acerca de las personas que entregaron y recibieron la muestra en cada paso del transporte, envolviendo hora y fecha.

Es importante adjuntar a la muestra la cadena de custodia única y 2 duplicados desde el momento en que se toma la muestra, en el transcurso de su transferencia y hasta su entrega al laboratorio. Este debería también adjuntar un duplicado de esta cadena, junto con las resultantes de los análisis realizados, los cuales deben ser firmados por todos los que son partícipes en el

proceso muestral, así como por los aplicados por el laboratorio encargados de recibir las unidades para analizarse.

✓ **Escenarios de Seguridad de las muestras**

- Para garantizar un tratamiento óptimo se recomienda realizar manipulaciones en el sitio, como filtración o agregación de reactivos o conservantes.
- Es relevante la manipulación de muestras con cuidado y evitar daños, se deben de empaquetar con el fin que se encuentren inmóviles en el momento de ser transportados.
- Si las muestras requieren especiales escenarios de temperatura o acaparamiento, se debe utilizar contenedores adecuados para ser transportados.
- Las muestras deben ser enviadas al laboratorio en el periodo que se recomienda.
- Para asegurar la seguridad y la limpieza al momento de manipulación de muestras, se debe usar guantes de latex, agua sin iones, gafas seguras, papel toalla, mascarilla contra el polvo y franela.
- Usar etiquetas que se adhieran, marcadores que no se borren, cinta adhesiva y lapiceros.
- Muestras con rotura en el sello no corresponden ser analizadas.

✓ **Medidas de seguridad ocupacional en el muestreo**

- Al recolectar datos informativos y muestras en sitios contaminados, se deben tener en cuenta los aspectos que se relacionan con los riesgos para la salubridad y la seguridad de los involucrados en su desarrollo, así como para la comunidad local (si existe) y quienes puedan verse afectados.
- No tener contacto con la piel o las mucosas, ya que la muestra puede ser tóxica, corrosiva, explosiva e inflamable. La protección mínima incluye gafas protectoras, látex u otros guantes (dependiendo de los posibles contaminantes), botas aislantes, protección para los oídos, ropa adecuada y el uso de un medidor de explosivos.

- Medidas de emergencia para evitar la ingestión accidental de sustancias contaminadas (suelo, agua, alimentos, etc.).
- La exposición a gases o vapores durante el proceso de toma de muestras, la opción de utilizar máscaras y respiradores de oxígeno en situaciones en las cuales se realicen muestreos en espacios confinados, y la acumulación de desechos químicos, es necesario emplear métodos de detección automáticos de gases y métodos de color en tubos.
- Es importante tomar medidas para prevenir el contacto con riesgos físicos mientras se realizan las actividades de muestreo, como el uso de equipos de detección de tuberías y tuberías subterráneas.
- Estar expuestos a peligros eléctricos, fuego o explosión requiere ropa de protección especial.

3.3.1. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El siguiente proyecto investigativo se va considerar y hacer uso de herramientas, así como de programas de estadística para el procedimiento y posterior análisis de los datos. Uno de los programas a emplear viene a ser el software estadístico IBM SPSS Statistics 21. Esta herramienta nos proporcionará las medidas de dispersión, también nos facilitará realizar predicciones sobre nuestros datos, para poder aceptar o rechazar nuestra hipótesis planteada. Por otra parte, también nos ayudaremos de otras herramientas como el Excel, el cual nos servirá para realizar algunos cálculos y recoger información relevante, asimismo para poder crear gráficos y tablas con el fin de poder tener una mejor interpretación de los datos obtenidos. Por otra parte, también haremos uso del programa QGIS, Google earth y Google Satelital para la elaboración del mapa de localización del área de estudio.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

PRETEST SUELO CONTAMINADO

Tabla 3

Propiedades físicas del suelo contaminado con aceite automotriz antes y después de la remediación con diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados.

PRETEST SUELO CONTAMINADO

Parámetros Físicos	Solo suelo contaminado			
	Valor único	Error estándar	Lim. inferior	Lim.superior
Pre-test				
Conductividad (dS/m)	1,32	0	1.32	1.32
Arena (%)	65.00	0	65	65
Arcilla (%)	10.00	0	10	10
Limo (%)	25.00	0	25	25
Temperatura	22.00	0	22	22

POST TEST SUELO CON TRATAMIENTO

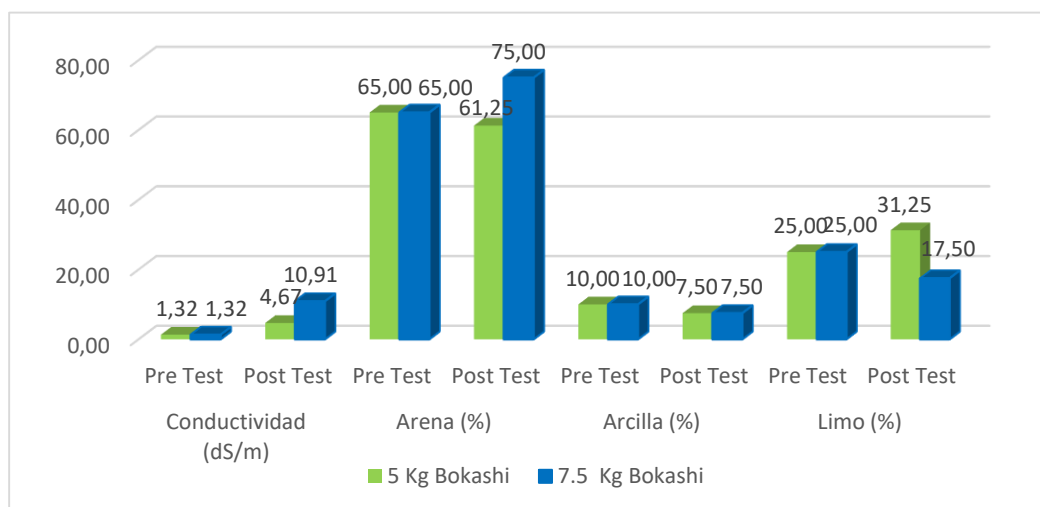
Parámetros Físicos	30 % de Bokashi con lodos			
	Media	Error estándar	Lim. inferior	Lim.superior
Post-test				
Conductividad (dS/m)	4.67	0.12	4.30	5.03
Arena (%)	61.25	8.75	33.43	89.08
Arcilla (%)	7,5	2.50	0.45	15.45
Limo (%)	31.25	6.25	51.13	11.38
Temperatura	22.50	0.29	21.58	23.41
Parámetros Físicos	50 % de Bokashi con lodos			
	Media	Error estándar	Lim. inferior	Lim.superior
Post-test				
Conductividad (dS/m)	10.91	1.21	7.04	14.77
Arena (%)	75	2.04	68.50	81.50
Arcilla (%)	7,5	1.44	2.91	12.09
Limo (%)	17.50	3.23	7.23	27.77
Temperatura	22.50	0.29	21.58	23.41

Nota. Datos procesados con IBM SPSS versión 26

En los datos analizados se puede observar que durante el post test el suelo se mantuvo con la misma clase textural, lo que indica que el tratamiento con el bokashi no influye de manera significativa en el cambio de la estructura del suelo, sin embargo, nos muestra que la conductividad eléctrica tiende a aumentar a mayor porcentaje de bokashi con lodos, llegando a tener una conductividad eléctrica alta lo que indica una presencia de sales alta.

Figura 9

Propiedades físicas del suelo contaminado con aceite automotriz antes y después de la remediación con diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados.



Nota. Datos procesados con IBM SPSS versión 26

La mayor variación de la conductividad se ha dado en el grupo de 50 % de bokashi con lodos, comenzando con 1,32 en el pre-test, y terminando y 10,91 en el tratamiento de 50 %, por otro lado, el tratamiento de 30% aumento de 1,32 a 4,67, hubo ligeros cambios en la arena y el limo, sin embargo, la clase textural se mantuvo.

Tabla 4

Propiedades químicas del suelo contaminado con aceite automotriz antes y después de la remediación con diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados.

PRETEST SUELO CONTAMINADO				
Parámetros Químicos	Solo suelo contaminado			
	Valor único	Error estándar	Lim. inferior	Lim.superior
Pre-test				
pH	7,98	0	7,98	7,98
Relación C/N	11,3	0	11,3	11,3
Materia Orgánica (%)	3.25	0	3.25	3.25
Fósforo disponible (meq/100 g)	6.07	0	6.07	6.07
Potasio disponible (meq/100 g)	0.15	0	0.15	0.15
Calcio disponible (meq/100 g)	9.03	0	9.03	9.03
Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100 g)	10.53	0	10.53	10.53

Nitrógeno total (mg/Kg)	1660.00	0	1660.00	1660.00
-------------------------	---------	---	---------	---------

POST TEST SUELO CON TRATAMIENTO

Parámetros Químicos	30 % de Bokashi con lodos estabilizados			
	Media	Error estándar	Lim. inferior	Lim.superior
Pre-test				
pH	6.33	0.017	6.27	6.38
Relación C/N	11.38	0.03	11.30	11.45
Materia Orgánica (%)	7.78	0.31	6.79	8.78
Fósforo disponible (meq/100 g)	217.95	76.33	24.98	460.89
Potasio disponible (meq/100 g)	8.10	0.10	7.77	8.43
Calcio disponible (meq/100 g)	13.11	0.30	12.12	14.09
Capacidad de Intercambio Catónico (meq/100 g)	13.67	0.68	11.50	15.83
Nitrógeno total (mg/Kg)	3977.50	151.73	3494.62	4460.39

Parámetros Químicos	50 % de Bokashi con lodos estabilizados			
	Media	Error estándar	Lim. inferior	Lim.superior
Post-test				
pH	6.55	0.15	6.07	7.04
Relación C/N	11.30	0.00	11.30	11.30
Materia Orgánica (%)	10.35	0.34	9.27	11.42
Fósforo disponible (meq/100 g)	158.79	14.42	112.90	204.68
Potasio disponible (meq/100 g)	11.44	0.24	10.67	12.21
Calcio disponible (meq/100 g)	14.87	0.07	14.65	15.09
Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100 g)	15.55	0.12	15.17	15.93
Nitrógeno total (mg/Kg)	5320.00	178.09	4753.23	5886.77

Nota. Datos procesados con IBM SPSS versión 26

En el grupo de 50 %: Materia orgánica de 3.25 a 10.35 %, Potasio disponible de 0.15 a 11.44, Calcio disponible de 9,03 a 14,87, CIC de 10,53 a 15,55 y Nitrógeno total de 1660 a 5320 mg/kg, pH de 7,98 a 6,55 terminando con un pH neutro.

Tabla 5

Hidrocarburos totales C10 a C28 (mg/Kg) en el suelo contaminado con aceite automotriz antes y después de la remediación con diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados.

PRETEST SUELO CONTAMINADO

Hidrocarburos Totales	Solo suelo contaminado			
	Valor único	Error estándar	Lim. inferior	Lim.superior

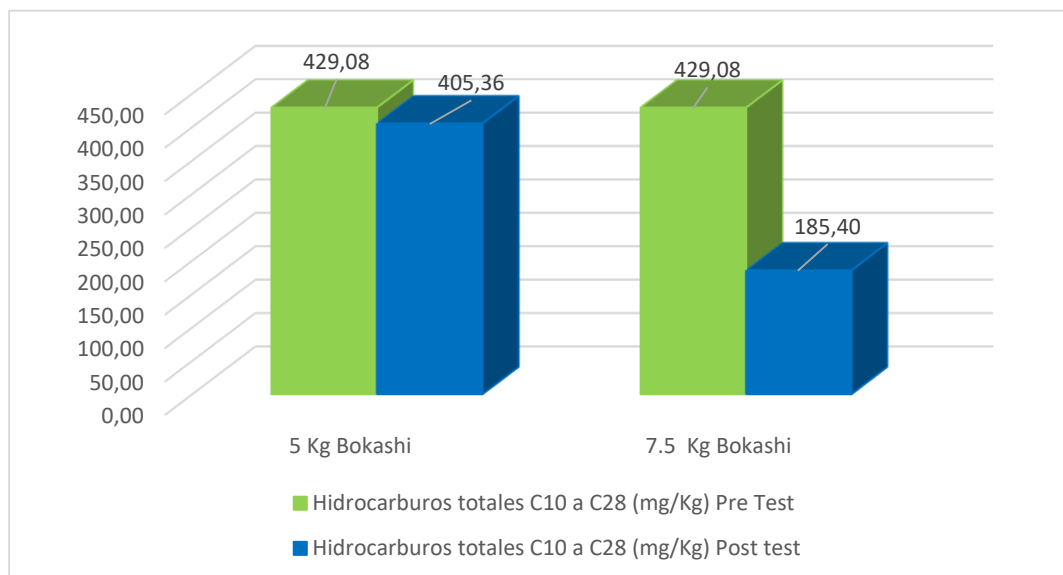
Pre-test				
Hidrocarburos totales C10 a C28 (mg/Kg)	429.08	0.00	429.08	429.08
POST TEST SUELO CON TRATAMIENTO				
Hidrocarburos Totales	30 % de Bokashi con lodos			
	Media	Error estándar	Lim. inferior	Lim.superior
Hidrocarburos totales C10 a C28 (mg/Kg)	405.36	44.62	263.75	547.75
	50 % de Bokashi con lodos			
	Media	Error estándar	Lim. inferior	Lim.superior
	185,4	19.08	124.99	246.00

Nota. Datos procesados con IBM SPSS versión 26

De las 4 mediciones realizadas en el post test, la media del grupo de 50 % de bokashi con lodos tuvo una mayor remoción cercana al 57 %, esto nos indica que a mayor porcentaje de bokashi con lodos el tratamiento es más efectivo, lo que nos da a suponer que se pueden conseguir remociones más altas aplicando dosis más altas.

Figura 10

Hidrocarburos totales C10 a C28 (mg/Kg) en el suelo contaminado con aceite automotriz antes y después de la remediación con diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados



Nota. Datos procesados con IBM SPSS versión 26

En el grupo experimental con 50 % de bokashi con lodos se ha obtenido una mayor reducción de Hidrocarburos totales C10 a C28 (mg/Kg), se redujo en un 56.8%, mientras que en el grupo de 30 % de bokashi con

lodos la reducción fue de 5.5%, lo que nos indica a menos porcentaje de bokashi con lodos la remoción es menor.

Tabla 6

Prueba de normalidad de los datos de hidrocarburos

HIDROCARBUROS TOTALES (C10 A C28)		50 % BOKASHI CON LODOS			
GRUPO 1	T1-1	T1-2	T1-3	T1-4	
	mg/kg	166.679	226.349	206.653	141.937
30 % BOKASHI CON LODOS					
GRUPO 2	T2-1	T2-2	T2-3	T2-4	
	mg/kg	441.764	318.652	513.516	347.511

Nota. Datos procesados con IBM SPSS versión 26

Figura 11

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra			Grupo1	Grupo2
N			4	4
Parámetros normales ^{a,b}	Media		185,4045	405,3607
	Desv. Desviación		38,15765	89,23332
Máximas diferencias extremas	Absoluta		,211	,242
	Positivo		,188	,242
	Negativo		-,211	-,166
Estadístico de prueba			,211	,242
Sig. asin. (bilateral) ^c			^d	^d
Sig. Monte Carlo (bilateral) ^e	Sig.		,803	,621
	Intervalo de confianza al 99%	Límite inferior	,793	,609
		Límite superior	,813	,633

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

d. La significación no se puede calcular porque la suma de las ponderaciones de casos es menor que 5.

e. El método de Lilliefors basado en las muestras 10000 Monte Carlo con la semilla de inicio 2000000.

Nota. Datos procesados con IBM SPSS versión 26

De cada grupo se realizaron 4 mediciones, donde cada grupo posee una significancia mayor a 0.5.

Debido a que el p-valor obtenido en cada grupo de estudio es superior al nivel convencional de significancia (5%), se acepta la hipótesis que señala

que los datos presentan distribución normal, en ambos grupos: Grupo 1, p-valor 0.803 Grupo 2, p-valor 0.621

Por lo anterior, es pertinente el uso de una prueba estadística paramétrica, para el análisis de los datos

Tabla 7

Prueba de normalidad de los datos

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Conductividad (dS/m)	0.279	8	0.067	0.851	8	0.097
Materia Orgánica (%)	0.156	8	,200*	0.923	8	0.456
Potasio disponible (meq/100 g)	0.287	8	0.051	0.811	8	0.058
Calcio disponible (meq/100 g)	0.249	8	0.154	0.858	8	0.114
Capacidad de Intercambio Catónico (meq/100 g)	0.330	8	0.011	0.806	8	0.053
Nitrógeno total (mg/Kg)	0.159	8	,200*	0.918	8	0.415
Hidrocarburos totales C10 a C28 (mg/Kg)	0.197	8	,200*	0.934	8	0.554

Nota. Datos procesados con IBM SPSS versión 26

Los resultados que se han obtenido con la prueba de Shapiro-Wilk, indican que los datos se aproximan a la distribución normal (p-valor mayor a 0.05), por lo que se puede hacer uso de una prueba paramétrica para el análisis

RESULTADOS DE LAS MEDICIONES CON EL MULTIPARAMETRO HANNA HI 9811-5

Tabla 8

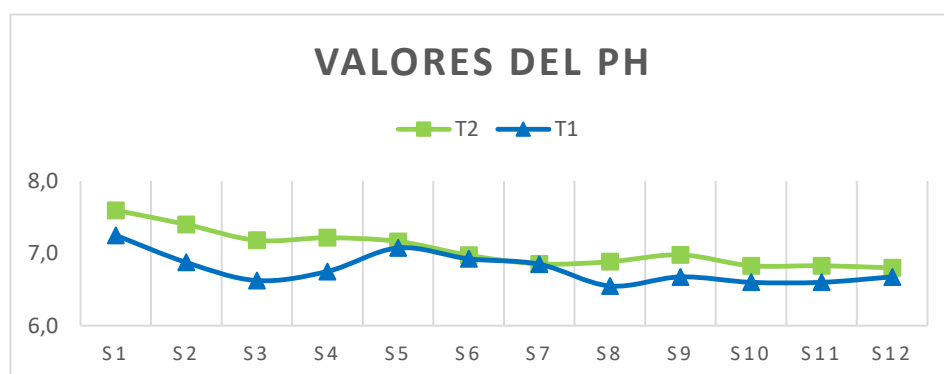
Valores de pH

MUESTRAS	SEMANAS											
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
T2	7,6	7,4	7,2	7,2	7,2	7,0	6,9	6,9	7,0	6,8	6,8	6,8
T1	7,3	6,9	6,6	6,8	7,1	6,9	6,9	6,6	6,7	6,6	6,6	6,7

Nota: Datos procesados en Excel 2016

Figura 12

Valores de pH



Nota: Datos procesados en Excel 2016

Tabla 9

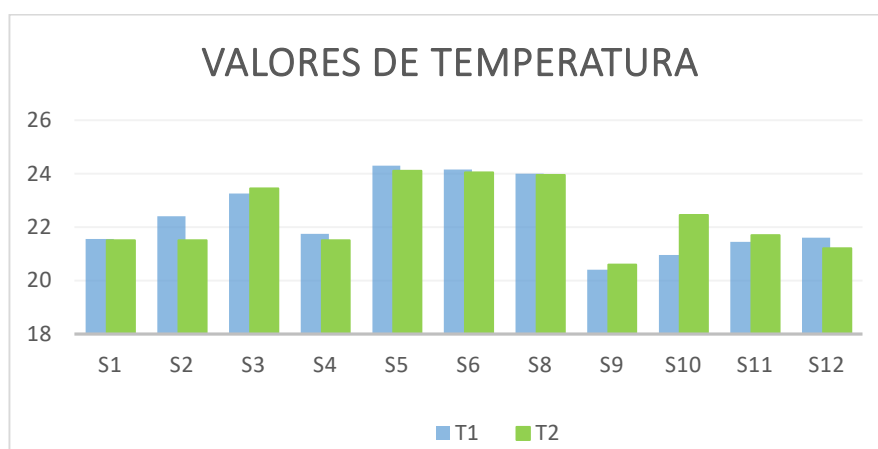
Valores de temperatura

MUESTRA	SEMANAS											
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S8	S9	S10	S11	S12	
T1	21,55	22	23	22	24	24,15	24	20,4	21	21,5	21,6	
T2	21,5	21,5	23	22	24	24,05	24	20,6	22,5	21,7	21,2	
C	21	21	23	21	23	24	23	20	21	21	21	

Nota: Datos procesados en Excel 2016

Figura 13

Valores de temperatura



Nota: Datos procesados en Excel 2016

4.2 CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Hipótesis:

Ha: El efecto remediador de diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados difiere en la mejora de la calidad del suelo contaminado con aceite automotriz

Ho: El efecto remediador de diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados no difiere en la mejora de la calidad del suelo contaminado con aceite automotriz

Nivel de significancia:5%

Estadístico de prueba: t de Student para muestras independientes

Cálculo del p-valor:

Tabla 10

Prueba de hipótesis con t de Student para muestras independientes

	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Conductividad	10.07	0.02	-5.11	6.00	0.00	-9.22	-3.25
Arena	5.32	0.06	-1.53	6.00	0.18	-35.74	8.24
Arcilla	1.00	0.36	0.00	6.00	1.00	-7.06	7.06
Limo	1.62	0.25	1.95	6.00	0.10	-3.46	30.96
pH	6.98	0.04	1.48	6.00	0.19	-0.15	0.60
Relación_CN	9.00	0.02	3.00	6.00	0.02	0.01	0.14
Materia_Orgánica	0.46	0.52	-5.57	6.00	0.00	-3.69	-1.44
P	5.67	0.05	0.76	6.00	0.48	-130.92	249.25
K	1.91	0.22	-12.68	6.00	0.00	-3.98	-2.69
Ca	2.52	0.16	-5.56	6.00	0.00	-2.54	-0.99
CIC	8.58	0.03	-2.72	6.00	0.03	-3.58	-0.19
N	0.92	0.37	-5.74	6.00	0.00	-1914.9	-770.01
Hidrocarburos	5.83	0.05	4.53	6.00	0.00	101.22	338.69

Nota. Datos procesados con IBM SPSS versión 26

Los resultados indican que si existe diferencia entre los indicadores siguientes: Conductividad, Relación C/N, Materia orgánica, Potasio, Calcio, CIC, Nitrógeno y en los hidrocarburos totales, en función a la cantidad de bokashi que se ha empleado en el diseño experimental. Para saber si hubo efecto, se tiene la tabla siguiente:

Tabla 11*Prueba de hipótesis con t de Student para muestras independientes*

Indicador	Norma o estándar	Pre Test	Interpretación	Post Test 30 %	Post Test 50 %	Interpretación
Conductividad	4 – 7 Ds/m	1,32	Baja presencia de sales	4,67	10,91	Incrementó la CE
Arena	40	65	Alto	61,25	75	Incremento
Arcilla	20	10	Media	7,5	7,5	redujo
Limo	40	25	Media	31,25	17,5	redujo
CIC	15-20	10,53	Bajo	13,67	15,55	En el rango medio
Temperatura	18-24°	21	Normal	23	23	Se mantuvo
Materia orgánica	2 – 4 %	3,25	Medio	7,78	10,35	Incremento
pH	6,6 – 7,3	7,98	Moderadamente alcalino	6,33	6,55	Neutro
Fosforo	7 a 14 mg/kg	6,07	Bajo	217.9	158.7	Incremento
Calcio	8 a 14	9,03	Medio	131.1	148,7	Medio
Potasio	0,50-0,80 meq/100g	0,15	Bajo	8,1	11,4	Incremento
Relación C:N	10 a 12	11,30	En el rango	11,38	11,30	En el rango
Nitrógeno	0,1 a 0,2 %	0,166	En el rango	0,39	0,5	Incremento
Hidrocarburos	5000 mg/kg	429,08	Alta presencia de hidrocarburos	405,36	185,40	Redujo en un 57 % la concentración.

Nota: Interpretación de resultados

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En los resultados nos podemos ayudar para afirmar que hubo un efecto remediador al aplicar bokashi con lodos estabilizados en la calidad del suelo contaminado con aceite automotriz, ya que la concentración inicial y final fueron distintas logrando una reducción mayor al 57 %, de igual forma las particularidades químicas del suelo tuvieron una optimización, aumentando el porcentaje de nitrógeno, calcio, fósforo, potasio a rangos altos y medios, además de esto se aumentó la conductividad eléctrica a un rango alto, y no hubo cambios en la clase textural del suelo manteniéndose franco arenosa antes y después del tratamiento.

De acuerdo al trabajo de investigación de (Benancio, 2023) concluyen que la incorporación de abono bokashi tiene efectos favorables en el suelo, de igual manera nos dice que altera el pH, y no altera la clase textural lo que se contrasta con nuestra investigación donde la clase textural de nuestro suelo se mantuvo en franco arenosa antes y después del tratamiento, consiguiendo una estabilización del pH, y optimizando las particularidades físicas y químicas del suelo.

En los resultados obtenidos en lo que respecta a las características físicas en la presente investigación se obtuvo cambios en la conductividad eléctrica que tenía 1,39 Ds/m en la muestra inicial aumentado hasta 4,67 Ds/m en el Tratamiento 2 y llegando como máximo a 10,31 Ds/m en el tratamiento 1, lo que nos indica que aumentó considerablemente, sin embargo, llegando a tener una conductividad alta. Por otro, la clase textural al inicio del experimento fue franco arenoso y después del experimento, no hubo alteraciones se mantuvo como tal contrastando con la investigación de Vergaray (2022) donde hicieron uso de la técnica de microcosmo con lodos residuales para remediar terrenos con hidrocarburos, en sus resultados observan un aumento de la conductividad eléctrica similarmente a nuestra investigación sin embargo el pH evidencio un aumento a diferencia de nuestra investigación donde

este tuvo una disminución hasta llegar al punto neutro , de igual manera la textura del suelo no presente cambios significativos manteniéndose tal y como comenzó.

En los resultados obtenidos en lo que respecta a las características químicas, se pudo notar un incremento en la Capacidad de Intercambio Catiónico optimizando esta propiedad, de igual forma la materia orgánica tuvo un incremento notable llegando como máximo hasta 10,35 %, iniciando la muestra inicial con 3,25 %. El pH inicio como moderadamente alcalino con 7,98, a lo largo del tratamiento se fue neutralizando, al final del tratamiento se llegó a obtener un pH de 6,5 considerado como neutro. El resultado de fosforo nos indica que existe un aumento considerable llegando a tener una concentración alta similarmente ocurre con la investigación de Diaz (2021) donde uso biochar de lodos de una PTAR para remediar suelos con hidrocarburos donde tuvieron aumento considerable de fosforo en sus tratamientos donde comenzaron con 105.4 mg/kg y llegaron niveles de 207.7 mg/kg , por otro lado el calcio se mantuvo en el rango medio dentro de la norma establecida por lo que no representa ningún riesgo, el nivel de potasio también tuvo un incremento notable llegando a sobrepasar el rango optimo, en lo que respecta a la relación C: N no hubo cambios significativos sin embargo se encuentra del rango establecido, el porcentaje de nitrógeno tuvo una concentración de 0,166 % en la muestra inicial y llegando a aumentar como máximo hasta 0,5 % que se encuentra dentro del rango alto.

Con respecto a la capacidad de intercambio catiónico esta presento un valor de 10,53 meq/100 gr en la muestra inicial, y después de la aplicación de bocashi con lodos estabilizados esta tuvo un aumento ligero de hasta 15,55 meq/100 gr como máximo y 13,25 como mínimo, sin embargo, discrepan con los resultados obtenidos por Diaz (2021) donde adiciono biochar de lodos donde su muestra testigo presento 29.1 meq/100 g, sin embargo, a los 45 días llego a niveles de 52.6 meq/100g un aumento considerable , sin embargo en nuestra investigación solo hubo un incremento de 5 unidades , esto es debido a que el pH, tuvo una

tendencia a reducir lo que produjo que la CIC incremente en pocas unidades.

De igual forma en nuestros resultados obtuvimos que el pH tiene una tendencia a disminuir a lo largo del proceso hasta mantenerse estable en el punto neutro sin embargo esto difiere en lo que respecta a la investigación de Diaz (2021) donde la aplicación de biochar de lodos incrementa el nivel del pH, donde tuvo un comienzo inicial de 5.1 y llegando a alcanzar como máximo 7.16 de manera similar ocurre con la investigación de Villena (2019), donde su muestra inicial comienza con 6.82 de pH, y a lo largo del tratamiento incrementa a 7,7 lo que difiere con nuestra investigación donde la muestra inicial comenzó con 7,98 y llegó a reducir hasta 6,5 en un punto neutro.

En los resultados obtenidos de Materia orgánica hubo un aumento considerable en el porcentaje de este, habiendo comenzado con 3,25 % y llegando a 10,35% un aumento notable, lo que se asemeja con la investigación de Diaz (2021) donde su muestra inicial comenzó con 2.34% y al aplicar biochar de lodos se notó un incremento de hasta el 5.06 % similarmente ocurre con la investigación de Vergaray (2022) , donde su muestra testigo presentó inicialmente 2,73 % y tras la aplicación de la técnica de microcosmo de lodos residuales logró aumentar hasta el 7.11 % , esto es debido a las enmiendas agregadas que poseen altos contenidos de MO que ayudan a los suelos a degradar polutantes.

En la investigación el resultado con respecto al contenido de Nitrógeno tuvo una tendencia de incrementar de 0,16 a 0,5 %, lo que se asemeja a los resultados de Diaz (2021) que notó un incremento habiendo comenzado con 54.2 mg/kg inicialmente y terminando con 73,9 mg/kg como máximo, esto se debe principalmente a la adición de lodos los cuales poseen altos niveles de nitrógeno, de igual manera el bokashi al estar preparado con eses de gallinas poseen altos niveles de nitrógeno que aportan al incremento de este.

En los resultados obtenidos de la relación C: N no hubo diferencias significativas, donde mantuvo su valor de 11,3 en los dos tratamientos,

habiendo comenzado con 11,3 sin embargo difiere con la investigación de Vergaray (2022) donde usó microcosmos de lodos como biorremediadores donde tuvo una tendencia de reducción de 39.5 a 7.11. Por otro lado, que la relación C: N sea menos de < 15 es una buena señal de que los nutrientes están disponibles para los microorganismos.

En los resultados obtenidos en lo que respecta a la concentración de hidrocarburos totales de Petróleo (HTP) tipo F2, se puede notar una disminución mayor al 57 % en el tratamiento 1, sin embargo, en el tratamiento 2 solo hubo una reducción mínima de 5 % por lo que se puede afirmar que a mayor porcentaje de bokashi con lodos estabilizados hay una mayor remoción del contaminante, contrastando con la investigación de (Martinez, Vega, Angulo, Leigue, 2023) donde usaron lodo estabilizado con proporciones del 30 y 70 % del suelo contaminado lograron un porcentaje de remoción del 42,9 % de hidrocarburos totales de petróleo, esto se debe al uso de bokashi en nuestra enmienda, que posee microorganismos benéficos que ayudaron a que la remediación sea más efectiva.

Por otro lado, Delgado (2021) en su trabajo de investigación donde uso biosolidos compostados provenientes de una PTAR, evidenciaron que las propiedades físico químicas eran optimas además que tenía un pH adecuado, y también lograron una remoción de 36,3 % de HTP, de igual manera Diaz (2021) donde uso biochar de lodos de una PTAR para remediar suelos con hidrocarburos en sus tratamientos pudo evidenciar una disminución máxima de 54.59% de HTP fracción 2. La mayor remoción lograda en este es causa que los biosolidos poseen menos carga de microorganismos a diferencia del bocashi mezclado con lodos estabilizados el cual combina las dos propiedades microbiológicas para obtener mejores resultados como los obtenidos.

CONCLUSIONES

Se concluye que, la adición de la mezcla de bokashi y lodos estabilizados como enmienda al suelo favorece al incremento de la conductividad de 1,32 a 10,9, el pH comenzó con 7,98 moderadamente alcalino y redujo hasta 6,55 neutro, la CIC comenzó con 10,53 y finalizó con 15,55, la relación C: N inicio con 11,30 y se mantuvo en 11,30 que se encuentran dentro del rango, la materia orgánica aumento de 3,25 a 10,35 %, de igual forma el contenido de N, P, K, Ca.

Se concluye que, la adición de la mezcla de bokashi y lodos estabilizados como enmienda al suelo tiene efecto en la minimización de la concentración de aceite automotriz, habiendo comenzando con 10000 mg/kg el suelo y lográndose reducir en un 57 % como máximo en el grupo 1 la reducción original fue de 5700 mg/kg es decir la muestra final tuvo una concentración de 4300 mg /kg los cuales se encuentran dentro del ECA para suelo industrial/extractivo.

En el experimento realizado, el pre-test comenzó con (429,082 mg/kg) y llegando a reducir como mínimo en un 5 %, en el grupo experimental 2 “T2-4” (405 mg/kg). Por otra parte, en el grupo experimental 1 “T1-4” comenzó el pre-test con (429,082 mg/kg) y llegó a reducir como máximo en un 57 % (185,40 mg/kg), siendo más efectiva por lo tanto se concluye que, la adición de la mezcla de bokashi y lodos estabilizados como enmienda al suelo tuvo mayor efecto en el grupo experimental 1 (T1-1), tanto en los parámetros fisicoquímicos potenciando estos, así como en la reducción de Hidrocarburos Totales de Petróleo.

Se pudo determinar el efecto positivo de la aplicación de lodos en el proceso de remediación de un suelo afectado con aceite. Esto se logró al aumentar de manera significativa la remoción del contaminante, gracias a un incremento en la suficiencia metabólica de las bacterias del suelo y sus tasas de degradación. Así, se respalda el potencial de los lodos estabilizados y el bokashi para mejorar los parámetros físico químicos, ofreciendo, además, una alternativa de gestión para este subproducto del tratamiento de aguas residuales.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un secado solar durante un mes a los lodos recolectados con el propósito que este pierda su humedad, y también disminuya los microorganismos patógenos, esta etapa de higienización favorecerá el manejo en el desarrollo del experimento.

En la etapa de preparación del abono bokashi es fundamental monitorear la pila, ya que esta no debe de sobrepasar temperaturas mayores a 50 grados centígrados, por lo que es necesario un volteo interdiario de acuerdo a la temperatura del lugar.

Se recomienda en los tratamientos realizar un monitoreo periódico de la humedad, así como también realizar volteos para facilitar la entrada de oxígeno para favorecer la respiración de los microorganismos que se encargan de biodegradar los contaminantes, de igual forma se recomienda tener los tratamientos en un lugar donde no pueda entrar el agua de la lluvia ni los rayos del sol directamente.

En un siguiente estudio de investigación se recomienda aplicar porcentajes mayores al 50 % de bokashi con lodos estabilizados para obtener resultados más significativos en lo que respecta a la eliminación de hidrocarburos y la optimización de sus parámetros fisicoquímicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AcademiaLab (2024) Asimilación (Biología). Ejemplos de asimilación biológica. Contenido relacionado. <https://acortar.link/G7BAH8>
- AcademiaLab (2024) Cometabolismo en Biorremediación. Cometabolismo. <https://acortar.link/npTE1p>
- Ali N, Wang F, Xu B, Safdar B, Ullah A, Naveed M, Wang C, Rashid MT (2019). Production and Application of Biosurfactant Produced by *Bacillus licheniformis* in Enhanced Oil Recovery and Motor Oil Removal from Contaminated Sand. <https://acortar.link/6vFd4k>
- Amigos de la tierra (2015) Manual Básico para hacer Compost. *Tierra* <https://acortar.link/i1bb8v>
- Ávila, J. (2016). *Estudio de la movilidad que presenta el diésel en un suelo contaminado empleando surfactantes* [Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo digital UPM. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.39207>
- Benancio, S. (2023) *Efecto de diferentes dosis de bocashi en la recuperación de suelos afectados por la degradación eólica, Huánuco, 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. <https://acortar.link/3RkyS8>
- Bordino, J. (2021) Biorremediación: qué es, tipos y ejemplos. *Tecnología ecológica*. Ecología Verde. <https://acortar.link/Sy0655>
- Buendía, H. (2012). Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos mediante compost de aserrín y estiércoles. Instituto de investigación (RIIGEO), 15(30), 123-130. <https://acortar.link/SICQXh>
- Calderón, C, Bautista, G, & Rojas, S, (2018) Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. *Revista Scielo* <https://cutt.ly/YNhUUtd>
- Cota-Ruiz, K., Nuñez-Gastelúm, J. A., Delgado-Rios, M., & Martinez-Martinez, A. (2019). BIORREMEDIACIÓN: ACTUALIDAD DE CONCEPTOS Y APLICACIONES. *Biotecnia*, 21(1), 37-44. <https://acortar.link/mWmZQW>

- Crespo, C. (2016). Biorremediación de hidrocarburos [presentación de diapositivas]. Slideshare. <https://slideplayer.es/slide/6173515/>
- Cultiva futuro (2023). Bokashi: La revolución del abono organico que regenera los suelos. La creciente popularidad del bokashi en Africa: una alternativa en tiempos de escasez. <https://acortar.link/TbC3QA>
- Cruz. J, Lincango. J, (2021) *Evaluacion del proceso de biorremediacion de suelos contaminados por hidrocarburos totales de petroleo utilizando trichoderma sp. Y Bacillus pumilus, mediante el sistema de biopilas a escala de laboratorio*. [Tesis de pregrado, Universidad Politecnica salesiana sede quito). <https://acortar.link/ElqDFH>
- Delgado. L, (2021) *Biorremediacion de suelos contaminados por diésel mediante el aprovechamiento de los biosolidos compostados por la empresa Ecothani S.A.C, Cusco-2021* [Tesis de pregrado, Universidad Continental] <https://acortar.link/NJAQCz>
- Diaz. J, Perez. M, (2021) *Biochar de lodos de una planta de tratamiento de aguas residuales para remediar suelos contaminados con hidrocarburos en Huachipa, 2021*. [Tesis de pregrado, CI] <https://acortar.link/7hmWZ3>
- Doctoragro (2024). Bokashi:fuentes sostenible de nitrógeno y gran regenerador de suelos. <https://acortar.link/RiwpMh>
- EcologiaVerde (2024). Cultivo y cuidados de las plantas. Bokashi o Bocashi compost: qué es y cómo hacerlo. <https://acortar.link/gXMx4m>
- EcologiaVerde (2024). Contaminación del suelo causas, consecuencias y soluciones. <https://acortar.link/mAv71B>
- Ecosistemas (2004) La calidad del suelo y sus indicadores, Revista Científica de Ecología y Medio ambiente. <https://cutt.ly/l1OKTHJ>
- Ecosistemas (2003) El papel de los microorganismos en la biodegradación de compuestos tóxicos. Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio ambiente. <https://acortar.link/DIAIUc>
- EPA (2016) Composting at Home. *Environmental Protection Agency*. <https://www.epa.gov/recycle/composting-home>

- EPA (2023) Basic Information about Biosolids. *Environmental Protection Agency*. <https://acortar.link/igz8LT>
- Estoesagricultura (2023). Como hacer abono Bocashi (Abono orgánico). Fertilizantes,Solidos. <https://acortar.link/p81iaQ>
- Environmental Works (2021) Tipos de Remediación de suelos. Obras Ambientales. <https://acortar.link/VhnN1t>
- Fibras y Normas de colombia (2023) Terminos y definiciones .Lodos activados:definicion clasificacion y tipos. <https://acortar.link/owetox>
- FAO (2022) Día Mundial del Suelo de 2022: la FAO publica el primer informe mundial sobre suelos negros. <https://acortar.link/029EHg>
- FAO (2015) Manual del compostaje del Agricultor Experiencias en América Latina. *Food and Agriculture Organization*. <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/339921/>
- FAO (2023) Portal de suelos de la FAO. ¿Qué es el suelo? *Food and Agriculture Organization*. <https://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>
- Food And Agriculture Organization (2024) Portal de suelos de la FAO. Propiedades quimicas. <https://acortar.link/rSyysx>
- Food And Agriculture Organization (2024) Portal de suelos de la FAO. Propiedades fisicas del suelo. <https://acortar.link/lftLeh>
- Food And Agriculture Organization (2024) Portal de suelos de la FAO. Propiedades biologicas. <https://acortar.link/FleoHa>
- Garbisu. G, (2008) Ecologistas en acción: Fitorremediación, el ecologista nº57. <https://www.ecologistasenaccion.org/17857/fitorremediacion/>
- Gusiatin. M, Kulikowska. D, Bernat. K, (2024). Lodos de depuradora municipales como recurso en la economía circular. *Energías*. 2024; 17(11):2474. <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/11/2474>
- Huanca. Y, (2023) *Efecto del bokashi en suelos contaminados provenientes de actividades mineras auríferas, del sector Caluguro del Canton Santa*

- Rosa Provincia de el Oro. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Cuenca] <https://acortar.link/Vg9FUy>
- Instituto Nacional de Agricultura Tacuarembó (2015). Semana de la Ciencia y Tecnología Jornada de Puertas Abiertas. INIA. <https://cutt.ly/WNhIVkk>
- Iza, L. Vera, G. (2023). *Biorremediación de muestras de suelo contaminado con hidrocarburos totales de petróleo (TPH)*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <https://acortar.link/z8BDqK>
- Jaramillo, D. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia Facultad de ciencia Medellín. <https://acortar.link/hDThO1>
- Kumar. N, Tyagi. B, (2020). *Biorremediación: principios y aplicación en gestión ambiental, toxicidad, mecanismos de degradación, desintoxicación y desafíos de contaminantes*. Elsevier. <https://acortar.link/1XWUwQ>
- Litoclean (2023). Tecnología e ingenio para una remediación óptima del suelo contaminado. Descontaminación de suelos. <https://acortar.link/U9fZs8>
- Madrid, M. (2021). *El suelo, Composición, Estructura, Tipos e importancia*. geoplaneta.net. <https://acortar.link/l4e3eD>
- Maldonado, Y. (2020). Origen y formación de los suelos. GEOLOGIAWEB. <https://acortar.link/VWARcS>
- Martínez, P., Pérez, E. Pinto, J., Gurrola, B., Osorio, A. (2011) *Biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos empleando lodos residuales como fuente alterna de nutrientes*. Revista internacional de contaminación ambiental. <https://acortar.link/BxKQXy>
- Martínez. R. Sabrina S., Vega A., Angulo M., Leigue M. (2023). *Bioremediación de suelos contaminados con hidrocarburos a través de bioestimulación con lodos residuales*. Universidad Católica boliviana. <https://acortar.link/oH2fY9>
- Martínez, J. A., et al. (2019). Remediación de suelos contaminados: fundamentos y casos de estudio. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10882/10514>

- MINEM (2020) Perú entre los primeros lugares del ranking mundial de producción y reservas mineras. *Ministerio de Energía y Minas*. <https://cutt.ly/G1OI2PI>
- MINAM (2014) Guía Para Muestreo de Suelos y Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de suelos. Ministerio del ambiente. <https://cutt.ly/RNhPNai>
- MINAM (2019) Estándar de Calidad Ambiental. Estándar de Calidad Ambiental - Informes y publicaciones - Ministerio del Ambiente. <https://cutt.ly/0Nhp50u>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2023) Estadística Ambiental. SINIA <https://sinia.minam.gob.pe/indicadores-estadisticas>
- Mintek Resources (2021) ¿Qué es la Remediación de suelos?,. Secado, Ambiental, Estabilización. <https://acortar.link/zHOxz9>
- Miñan. M, (2024). Concepto de petróleo: según autores, significado y ejemplos. EJEMPLOS VERDES. <https://conceptos.es/petroleo>
- Palma-López D.J., Sánchez-Hernández R. (2023). Uso y manejo del suelo, Vol 3. En: Hacia un conocimiento global y multidisciplinario del recurso suelo. Bautista F y Ayala F. (Eds). Sociedad mexicana de las ciencias del suelo. Texcoco, Estado de México. 311 pp. <https://acortar.link/Us8gcH>
- Pasaye, L. Márquez, L. Ignacio, J. Sánchez, J. (2020) *Impacto del aceite residual automotriz en un suelo: remediación por bioestimulación*. Artículo científico de la revista Scielo. <https://acortar.link/v9Mv4c>
- Rodríguez. M, (2020) El suelo como suministro de nutrimentos. Colegio de postgraduados campus montecillo. <https://cutt.ly/4NhDkRN>
- Rosen. M, (2015) Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation. Sustainability. <https://cutt.ly/DNhDW03>
- Sabando, E. Zambrano, E. (2022) *Estabilización de fangos activos provenientes de la planta de tratamiento de agua residual, mediante la técnica de bokashi hidrocarburos* [Tesis de pregrado, Escuela superior politécnica de Manabí]. <https://acortar.link/FUkAap>

Servicios Ecologicos (2022) Caracterización y Descontaminación de suelos. *Servicios ecológicos*. <https://acortar.link/e4oiB4>

Stivers L. (2023) Introducción a los suelos: La calidad de los suelos. *PennState Extension*. <https://acortar.link/xHz1Z3>

Suarez. J, (2021) Deslizamientos: *Técnicas de Remediación*. Geología viva. <https://acortar.link/9UzW67>

Supo. J, & Zacarias. H, (2024) Metodología de la Investigación Científica (cuarta edición, Vol.1). Bioestadística EEDU. <https://acortar.link/7VFQo6>

TheCircularLab (2024) La importancia de tener una buena calidad del suelo. <https://www.thecircularlab.com/calidad-del-suelo/>

UTECO (2024). Impacto ambiental de los talleres mecánicos por el inapropiado manejo de sus residuos. <https://utecotec.com/impacto-ambiental-de-los-talleres-mecanicos-por-el-inapropiado-manejo-de-sus-residuos/>

Velasquez, J. (2017). Contamination of soil and water by hydrocarbons in Colombia. Analysis of phytoremediation as a biotechnology strategy for recovery. *Revista de Investigacion Agraria y Ambiental*, 8(1), 21-28. <https://acortar.link/l2RTAZ>

Vergaray. V, (2022) *Aplicacion de la tecnica del microcosmo para evaluar la capacidad de los lodos residuales como biorremediadores de suelos contaminados con hidrocarburos* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://acortar.link/jP58Gx>

Zarate (2014) *Evaluacion del impacto de la contaminacion con diesel en las propiedades mecanicas de un suelo arcilloso* [Tesis de postgrado, Universidad Autonoma de Queretaro]. <https://acortar.link/FHLeSq>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACION

Arteaga Rodil, J. (2025) *Efecto de diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados para mejorar la calidad de suelos contaminados con aceite automotriz Huánuco, 2024*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. <https://...>

ANEXOS

ANEXO 1

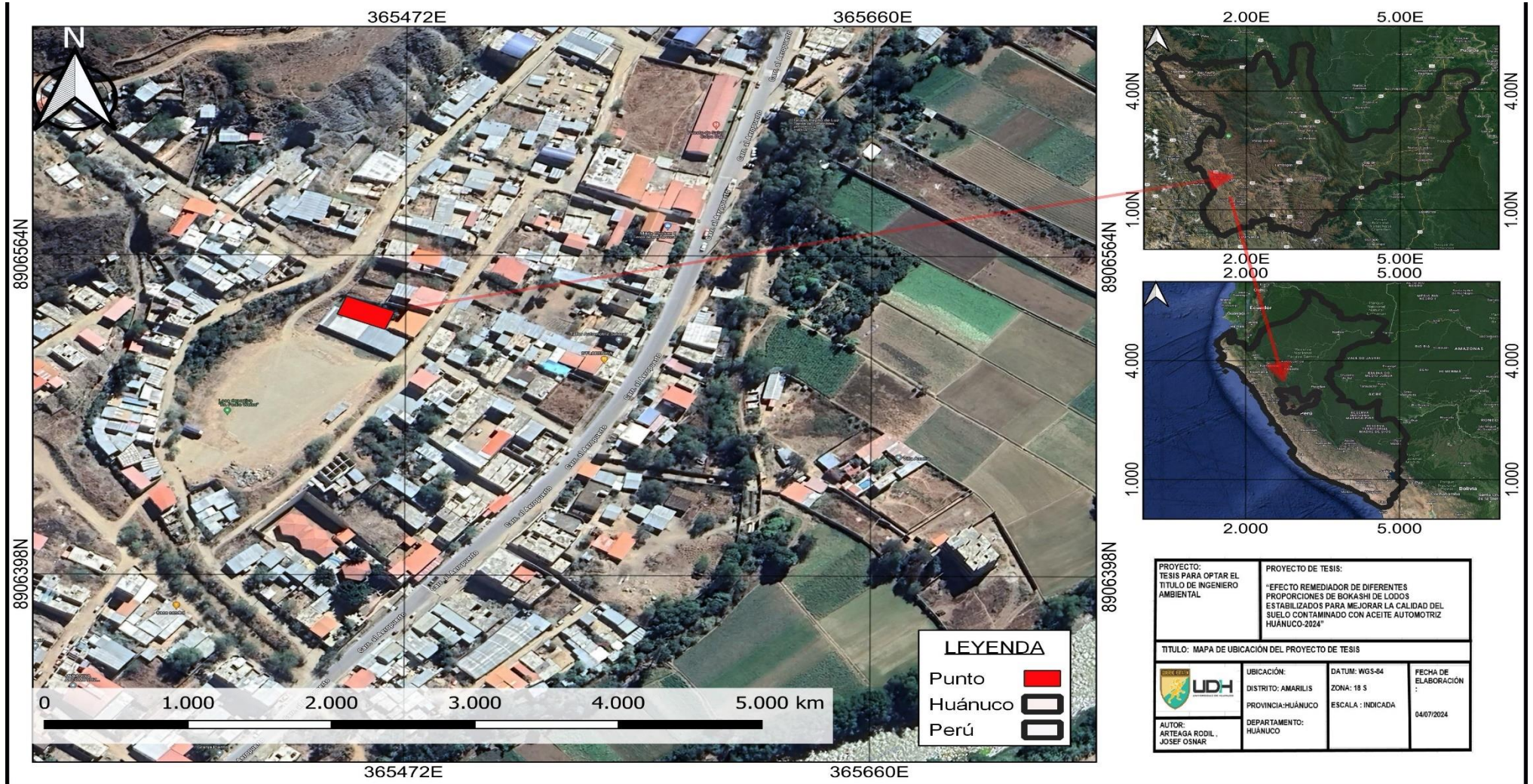
MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO DEL PROYECTO: “Efecto remediador de diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados para mejorar la calidad del suelo contaminado con aceite automotriz Huánuco-2024”.

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables e indicadores	Metodología
¿Cuál es el efecto remediador de diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados para mejorar la calidad del suelo contaminado con aceite automotriz?	Determinar el efecto remediador de diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados para mejorar la calidad del suelo contaminado con aceite automotriz	El efecto remediador de diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados difiere en la mejora de la calidad del suelo contaminado con aceite automotriz	Variable de calibración Remediación Lodos grupo “A” Lodos grupo “B”	Tipo: Prospectivo longitudinal y Analítico
Problemas específicos	Objetivos específicos		Variable evaluativa	Enfoque:
¿Cuáles son las propiedades físicas del suelo contaminado con aceite automotriz antes y después de la remediación con diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados?	Comparar las propiedades físicas del suelo contaminado con aceite automotriz antes y después de la remediación con diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados.		Calidad del suelo	Cuantitativo
¿Cuáles son las propiedades químicas del suelo contaminado con aceite automotriz antes y después de la remediación con diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados?	Comparar las propiedades químicas del suelo contaminado con aceite automotriz antes y después de la remediación con diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados.		Propiedades físicas ✓ Textura ✓ Conductividad Eléctrica ✓ Temperatura	Diseño: Es un experimento verdadero, es decir experimental
¿Cuál es la concentración de aceite automotriz antes y después de la remediación con diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados?	Comparar la concentración de aceite automotriz antes y después de la remediación con diferentes proporciones de bokashi con lodos estabilizados		Propiedades químicas PH, K, N, M.O total /carbono, Ca, ClC Hidrocarburos: Aceite automotriz (HTP)	Nivel: Explicativo Población y muestra: Suelo de Colpa Baja 110 Kg de suelo

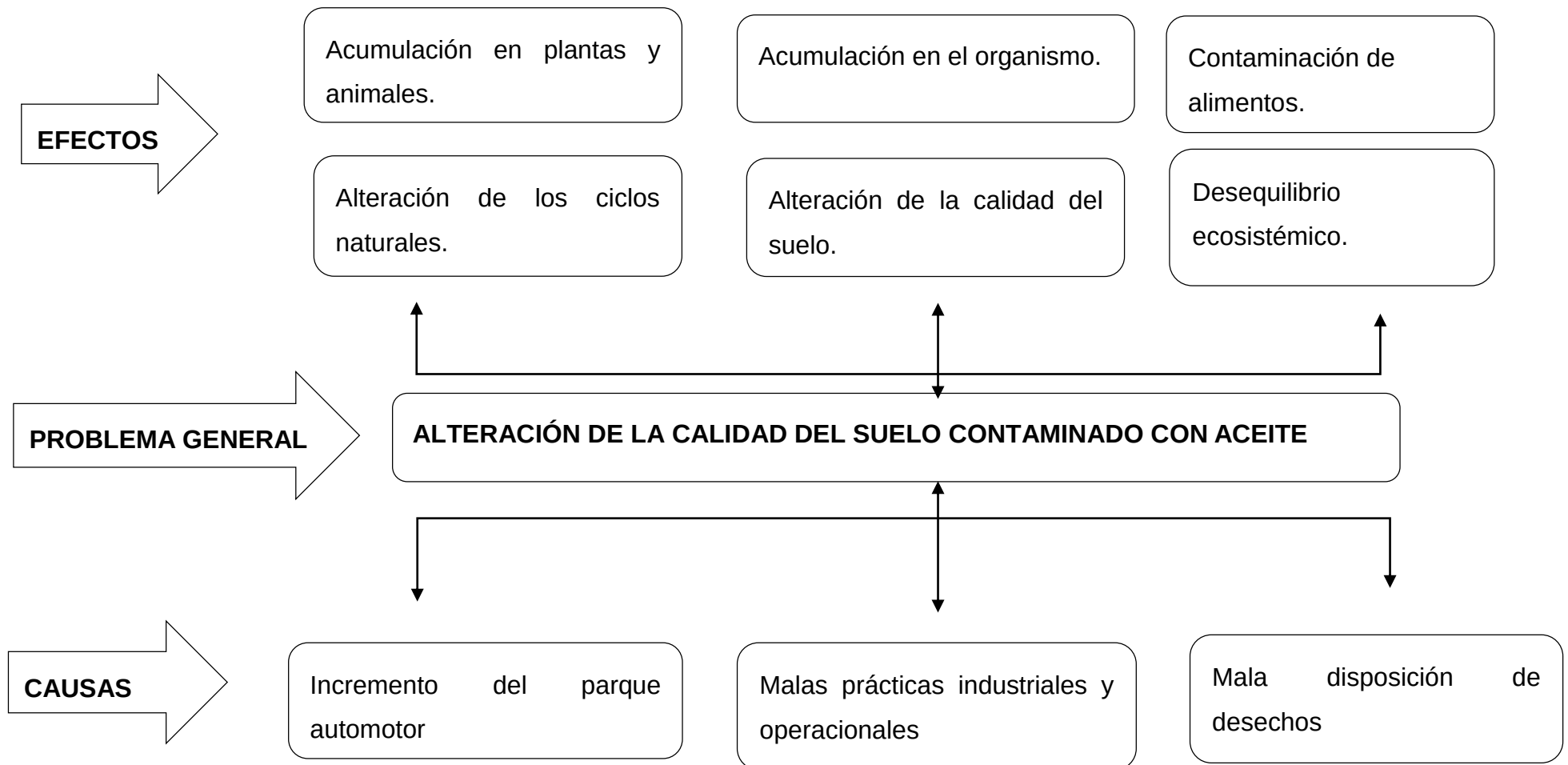
ANEXO 2

MAPA DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN



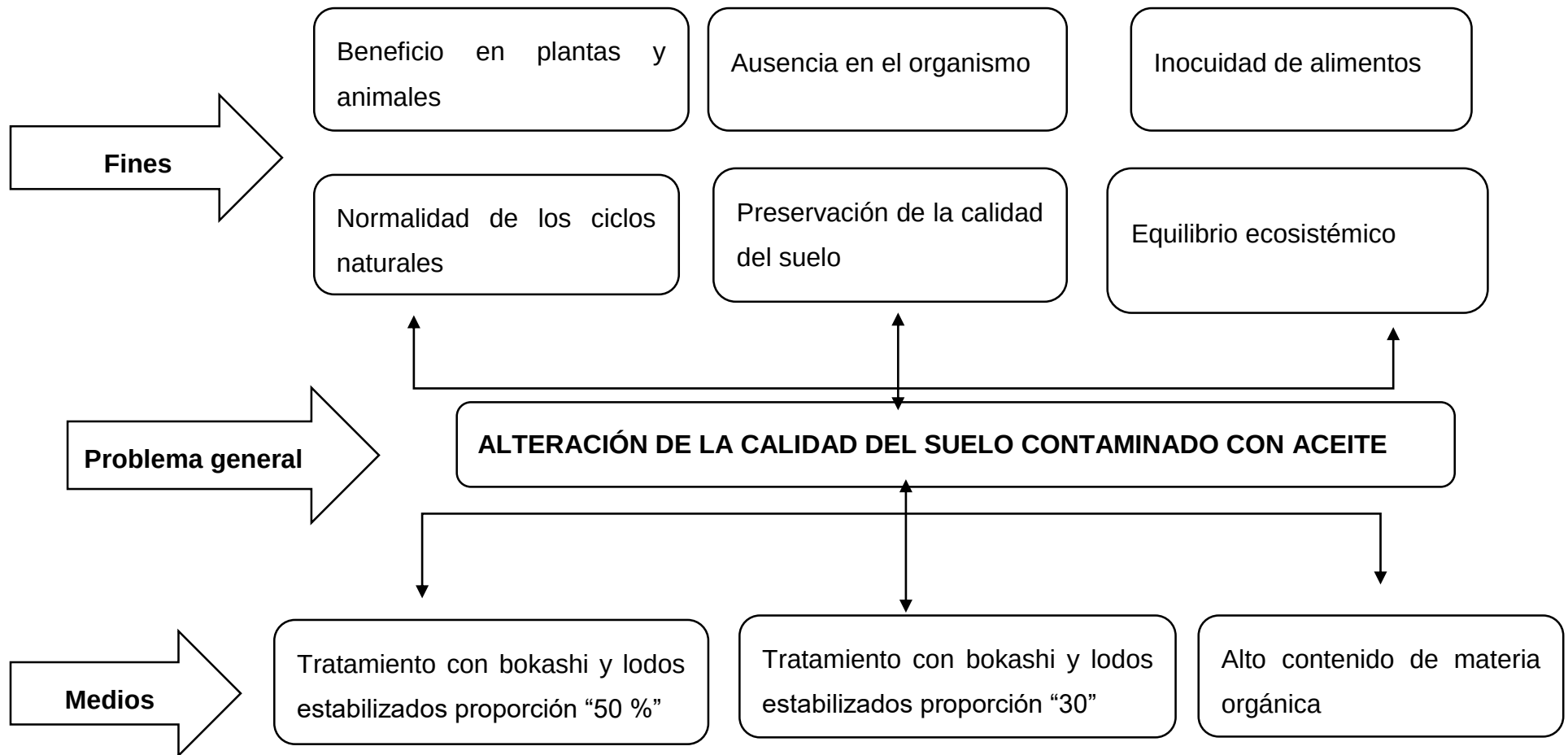
ANEXO 3

DIAGRAMA DE CAUSAS Y EFECTOS



ANEXO 4

DIAGRAMA DE MEDIOS Y FINES



ANEXO 5

Informe de laboratorio: Fertilizante orgánico



INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-25673

N° Id.: 0000125336

I.- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

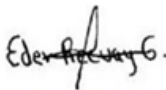
1.- RAZON SOCIAL : ARTEAGA RODIL JOSEF OSNAR
2.- DIRECCIÓN : CALLE SAN JUAN BOSCO S/N PUEBLO COLPA BAJA HUANUCO - HUANUCO - HUANUCO
3.- PROYECTO : ANÁLISIS
4.- PROCEDENCIA : HUANUCO
5.- SOLICITANTE : ARTEAGA RODIL JOSEF OSNAR
6.- PRODUCTO : Fertilizante

II.- DATOS DEL SERVICIO

1.- ORDEN DE SERVICIO N° : 0000005193-2024-0000
2.- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2024-09-18

III.- DATOS DEL ÍTEM DE ENSAYO

1.- MUESTREO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
3.- NÚMERO DE MUESTRAS : 1
4.- FECHA DE RECEPCIÓN : 2024-09-05
5.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN : Las muestras llegaron a temperatura ambiente
6.- PERÍODO DE ENSAYO : 2024-09-05 al 2024-09-18


Eder Sergio Recuay Granados
Supervisor de laboratorio Agronomía
Ing. Químico
CIP N° 221809



INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-25673

N° Id.: 0000125336

V.- RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-75106
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS				HUANUCO-COLPA BAJA-CHUNAPAMPA
DESCRIPCIÓN ^(A)				MUESTRA DE FERTILIZANTE ORGANICO
TIPO DE PRODUCTO ^(A)				Fertilizante Organico
SUB TIPO PRODUCTO ^(A)				Abono
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA) ^(A)				05-09-2024
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA) ^(A)				05-09-2024
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Conductividad (1:10) ²	uS/cm	NA	0,01	3 184,00
pH (1:10) ²	Unidad de pH	NA	0,01	7,53
Humedad ²	%	0,05	0,10	8,67
Impurezas (Material Extraño) ^(**)	%	0,03	0,10	19,63
Preparacion de Fertilizante ^(**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO
Relación C/N (Carbono y Nitrógeno) ²	no unidad	NA		9,7
Cloruro en Fertilizante ^(**)	%	0,03	0,10	0,14
Materia Orgánica ²	%	0,05	0,10	25,46
Metales Totales ICP-OES - Fertilizantes Organicos				
Azufre ²	%	0,01	0,03	0,20
Boro ²	mg/Kg	1,00	3,00	98,00
Calcio ²	%	0,01	0,03	2,31
Cobre ²	mg/Kg	1,00	3,00	80,10
Fosforo ²	% P2O5	0,02	0,06	1,82
Hierro ²	mg/Kg	1,00	3,00	14 466,90
Magnesio ²	%	0,02	0,06	0,79

^(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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.

NA: No Aplica

^(A)Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-25673

N° Id.: 0000125336

ITEM	1			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-75106			
DESCRIPCIÓN ^(A)	MUESTRA DE FERTILIZANTE ORGANICO			
TIPO DE PRODUCTO ^(A)	Fertilizante Organico			
SUB TIPO PRODUCTO ^(A)	Abono			
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA) ^(A)	05-09-2024			
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA) ^(A)	05-09-2024			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Manganeso ²	mg/Kg	1,00	3,00	440,00
Potasio. ²	% K ₂ O	0,01	0,03	1,37
Sodio ²	mg/Kg	30,00	90,00	689,80
Zinc ²	mg/Kg	1,00	3,00	427,70
Nitrógeno Total - Fertilizante ²	%	0,30	0,60	1,14

^(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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.

NA: No Aplica

^(A)Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Informe de Laboratorio: Análisis de caracterización de suelo del Tratamiento Control Pre-test



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



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-25671

N° Id.: 0000125334

I.- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

- | | |
|------------------|--|
| 1.- RAZON SOCIAL | : ARTEAGA RODIL JOSEF OSNAR |
| 2.- DIRECCIÓN | : CALLE SAN JUAN BOSCO S/N PUEBLO COLPA BAJA HUANUCO - HUANUCO - HUANUCO |
| 3.- PROYECTO | : ANÁLISIS |
| 4.- PROCEDENCIA | : HUANUCO |
| 5.- SOLICITANTE | : ARTEAGA RODIL JOSEF OSNAR |
| 6.- PRODUCTO | : Suelos |

II.- DATOS DEL SERVICIO

- | | |
|----------------------------------|------------------------|
| 1.- ORDEN DE SERVICIO N° | : 0000005193-2024-0000 |
| 2.- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: | 2024-09-24 |

III.- DATOS DEL ÍTEM DE ENSAYO

- | | |
|----------------------------|---|
| 1.- MUESTREO POR | : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA |
| 3.- NÚMERO DE MUESTRAS | : 1 |
| 4.- FECHA DE RECEPCIÓN | : 2024-09-05 |
| 5.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN | : Las muestras llegaron a temperatura ambiente |
| 6.- PERÍODO DE ENSAYO | : 2024-09-05 al 2024-09-24 |

Eder Sergio Recuay Granados
Supervisor de laboratorio Agronomía
Ing. Químico
CIP N° 221809



INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-25671

N° Id.: 0000125334

V.- RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-75104
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS				HUANUCO-COLPA BAJA-CHUNAPAMPA
DESCRIPCIÓN ^(*)				CARACTERIZACION SUELO + HIDROCARBUROS
TIPO DE PRODUCTO ^(*)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(*)				
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*)				05-09-2024
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Conductividad (Extracto 1:1) ²	dS/m	NA	0,01	1,32
pH (Extracto 1:1) ²	Unidad de pH	NA	0,01	7,98
Preparación de Muestras Suelos (**) ^(*)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO
Relación C/N en Suelos (**) ^(*)	no unidad	NA	NA	11,3
Acidez Cambiable ²	meq/100g	0,20	0,50	<0,50
Aluminio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,02	<0,02
Carbonatos ²	%	0,20	0,50	1,58
Clase Textural				
Arena ²	%	NA	NA	65
Arcilla ²	%	NA	NA	10
Limo ²	%	NA	NA	25
Clase Textural ²	no unidad	NA	NA	Fr,A
Hidrógeno Cambiable ²	meq/100g	0,100	0,020	<0,020
Materia Orgánica (*) ^(*)	%	0,200	0,400	3,248
Boro Disponible ²	mg/Kg	0,06	0,15	0,41
Fósforo Disponible Olsen ²	mg/Kg	2,00	6,00	6,07
Bases Cambiables (Ca, Mg, K y Na)				
Calcio Cambiable ²	meq/100g	0,03	0,10	8,92
Magnesio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	1,47
Potasio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	0,13

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

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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.

NA: No Aplica

A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso; Fr. = Franco; Fr.L. = Franco Limoso; L = Limoso; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso; Ar.A. = Arcillo; Arenoso; Ar.L. = Arcillo Limoso; Ar. = Arcilloso

^(A) Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-25671

N° Id.: 0000125334

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-75104
DESCRIPCIÓN ^(*)				CARACTERIZACION SUELO + HIDROCARBUROS
TIPO DE PRODUCTO ^(*)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(*)				
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*)				05-09-2024
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Sodio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	<0,03
Bases Disponibles (Ca, Mg, K y Na)				
Potasio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	0,15
Calcio Disponible ²	meq/100g	0,03	0,10	9,03
Sodio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	1,32
Magnesio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	1,67
Suma de Bases Disponibles ²	meq/100g	0,00	0,00	12,18
Relación (Ca+Mg)/K Disponible ²	no unidad			70,9
Relación Ca/Mg Disponibles ²	no unidad			5,4
Capacidad de Intercambio Catiónico ²	meq/100g	0,20	0,50	10,53
Micronutrientes (Cu, Mn, Fe y Zn)				
Cu (DTPA) ²	mg/Kg	0,20	0,60	1,58
Fe (DTPA) ²	mg/Kg	0,30	1,00	3,71
Mn (DTPA) ²	mg/Kg	0,10	0,30	28,32
Zn (DTPA) ²	mg/Kg	0,20	0,70	4,88
Nitrógeno Total ²	mg/Kg	50,00	150,00	1 660,00

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

(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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.

NA: No Aplica

A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso; Fr. = Franco; Fr.L. = Franco Limoso; L = Limoso; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso; Ar.A. = Arcillo; Arenoso; Ar.L. = Arcillo Limoso; Ar. Arcilloso

(*) Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

Informe de Laboratorio: Análisis de Hidrocarburos del Pre-test



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



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-25671

N° Id.: 0000125334

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-75104
DESCRIPCIÓN ^(*)				CARACTERIZACION SUELO + HIDROCARBUROS
TIPO DE PRODUCTO ^(*)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(*)				
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*)				05-09-2024
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Hidrocarburos Totales de Petróleo Fracción 2 (C10 a C28) ^(**)	mg/Kg	4,920	10,000	429,082

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

^(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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.

NA: No Aplica

A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso; Fr. = Franco; Fr.L. = Franco Limoso; L = Limoso; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso
Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso; Ar.A. = Arcillo; Arenoso; Ar.L. = Arcillo Limoso; Ar. Arcilloso

^(A) Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Informe de Laboratorio: Análisis de caracterización de suelo e hidrocarburos del Tratamiento 1-1 (T1-1)



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



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-37865

N° Id.: 0000137528

V.- RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-110857
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS				HUANUCO-COLPA BAJA-CHUNAPAMPA
DESCRIPCIÓN ^(*)				T1-1,CARACTERIZACION SUELO+HIDROCARBUROS
TIPO DE PRODUCTO ^(*)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(*)				
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*)				11-12-2024
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Conductividad (Extracto 1:1) ^z	dS/m	NA	0,01	11,84
pH (Extracto 1:1) ^z	Unidad de pH	NA	0,01	6,31
Preparación de Muestras Suelos ^(**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO
Relación C/N en Suelos ^(**)	no unidad	NA	NA	11,3
Acidez Cambiable ^z	meq/100g	0,20	0,50	<0,50
Aluminio Cambiable ^z	meq/100g	0,01	0,02	<0,02
Carbonatos ^z	%	0,20	0,50	<0,50
Clase Textural				
Arena ^z	%	NA	NA	70
Arcilla ^z	%	NA	NA	5
Limo ^z	%	NA	NA	25
Clase Textural ^z	no unidad	NA	NA	Fr,A
Hidrógeno Cambiable ^z	meq/100g	0,100	0,020	<0,020
Materia Orgánica ^(*)	%	0,200	0,400	9,865
Boro Disponible ^z	mg/Kg	0,06	0,15	1,78
Fósforo Disponible Olsen ^z	mg/Kg	2,00	6,00	138,19
Bases Cambiables (Ca, Mg, K y Na)				
Calcio Cambiable ^z	meq/100g	0,03	0,10	7,72
Magnesio Cambiable ^z	meq/100g	0,01	0,03	5,48
Potasio Cambiable ^z	meq/100g	0,01	0,03	1,83
Sodio Cambiable ^z	meq/100g	0,01	0,03	0,09
Bases Disponibles (Ca, Mg, K y Na)				

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

^(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

^z Ensayo acreditado por el IAS

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.

NA: No Aplica

A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso
Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo ; Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. Arcilloso

^(*)Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

Pág.3 de 5

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-37865

N° Id.: 0000137528

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-110857
DESCRIPCIÓN ^(A)				T1-1.CARACTERIZACION SUELO+HIDROCARBUROS
TIPO DE PRODUCTO ^(A)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(A)				
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)				11-12-2024
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Suma de Bases Disponibles ^(**)	meq/100g	0,00	0,00	39,01
Relación (Ca+Mg)/K Disponible ^(**)	no unidad			2,2
Relación Ca/Mg Disponibles ^(**)	no unidad			1,4
Potasio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	11,36
Calcio Disponible ²	meq/100g	0,03	0,10	14,99
Sodio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	2,27
Magnesio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	10,39
Capacidad de Intercambio Catiónico ²	meq/100g	0,20	0,50	15,64
Micronutrientes (Cu, Mn, Fe y Zn)				
Cu (DTPA) ²	mg/Kg	0,20	0,60	5,16
Fe (DTPA) ²	mg/Kg	0,30	1,00	36,01
Mn (DTPA) ²	mg/Kg	0,10	0,30	38,63
Zn (DTPA) ²	mg/Kg	0,20	0,70	62,50
Nitrógeno Total ²	mg/Kg	50,00	150,00	5 080,00
Hidrocarburos Totales de Petróleo Fracción 2 (C10 a C28) ^(*)	mg/Kg MS	4,920	10,000	166,679

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

^(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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.

NA: No Aplica

A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso

Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo ; Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. Arcilloso

^(A)Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

Informe de Laboratorio: Análisis de caracterización de suelo e hidrocarburos del Tratamiento 1-2 (T1-2)



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



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-37867

N° Id.: 0000137530

V.- RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-110862
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS				HUANUCO-COLPA BAJA-CHUNAPAMPA
DESCRIPCIÓN ^(*)				T1-2,CARACTERIZACION SUELO+HIDROCARBUROS
TIPO DE PRODUCTO ^(*)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(*)				
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*)				11-12-2024
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Conductividad (Extracto 1:1) ²	dS/m	NA	0,01	9,91
pH (Extracto 1:1) ²	Unidad de pH	NA	0,01	6,29
Preparación de Muestras Suelos (**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO
Relación C/N en Suelos (**)	no unidad	NA	NA	11,3
Acidez Cambiable ²	meq/100g	0,20	0,50	<0,50
Aluminio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,02	<0,02
Carbonatos ²	%	0,20	0,50	<0,50
Clase Textural				
Arena ²	%	NA	NA	75
Arcilla ²	%	NA	NA	10
Limo ²	%	NA	NA	15
Clase Textural ²	no unidad	NA	NA	Fr,A
Hidrógeno Cambiable ²	meq/100g	0,100	0,020	<0,020
Materia Orgánica (*)	%	0,200	0,400	10,925
Boro Disponible ²	mg/Kg	0,06	0,15	1,66
Fósforo Disponible Olsen ²	mg/Kg	2,00	6,00	143,37
Bases Cambiables (Ca, Mg, K y Na)				
Calcio Cambiable ²	meq/100g	0,03	0,10	7,93
Magnesio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	5,03
Potasio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	1,67
Sodio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	0,09
Bases Disponibles (Ca, Mg, K y Na)				

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

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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.

NA: No Aplica

A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso
Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo ; Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. Arcilloso

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-37867

N° Id.: 0000137530

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-110862
DESCRIPCIÓN ^(A)				T1-2,CARACTERIZACION SUELO+HIDROCARBUROS
TIPO DE PRODUCTO ^(A)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(A)				
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)				11-12-2024
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Suma de Bases Disponibles (**)	meq/100g	0,00	0,00	38,71
Relación (Ca+Mg)/K Disponible (**)	no unidad			2,3
Relación Ca/Mg Disponibles (**)	no unidad			1,5
Potasio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	11,18
Calcio Disponible ²	meq/100g	0,03	0,10	14,96
Sodio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	2,29
Magnesio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	10,27
Capacidad de Intercambio Catiónico ²	meq/100g	0,20	0,50	15,34
Micronutrientes (Cu, Mn, Fe y Zn)				
Cu (DTPA) ²	mg/Kg	0,20	0,60	5,28
Fe (DTPA) ²	mg/Kg	0,30	1,00	34,75
Mn (DTPA) ²	mg/Kg	0,10	0,30	39,33
Zn (DTPA) ²	mg/Kg	0,20	0,70	63,82
Nitrógeno Total ²	mg/Kg	50,00	150,00	5 620,00
Hidrocarburos Totales de Petróleo Fracción 2 (C10 a C28) (*)	mg/Kg MS	4,920	10,000	226,349

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

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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.

NA: No Aplica

 A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso; Fr. = Franco; Fr.L. = Franco Limoso; L = Limoso; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso; Ar.A. = Arcillo; Arenoso; Ar.L. = Arcillo Limoso; Ar. Arcilloso

(A) Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

Informe de Laboratorio: Análisis de caracterización de suelo e hidrocarburos del Tratamiento 1-3 (T1-3)



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



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-37869

N° Id.: 0000137532

V.- RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-110865
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS				HUANUCO-COLPA BAJA-CHUNAPAMPA
DESCRIPCIÓN ^(*)				T1-3,CARACTERIZACION SUELO+HIDROCARBUROS
TIPO DE PRODUCTO ^(*)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(*)				
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*)				11-12-2024
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Conductividad (Extracto 1:1) ²	dS/m	NA	0,01	8,12
pH (Extracto 1:1) ²	Unidad de pH	NA	0,01	6,37
Preparación de Muestras Suelos (**) ²	no unidad	NA	NA	FINALIZADO
Relación C/N en Suelos (**) ²	no unidad	NA	NA	11,3
Acidez Cambiable ²	meq/100g	0,20	0,50	<0,50
Aluminio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,02	<0,02
Carbonatos ²	%	0,20	0,50	<0,50
Clase Textural				
Arena ²	%	NA	NA	75
Arcilla ²	%	NA	NA	5
Limo ²	%	NA	NA	20
Clase Textural ²	no unidad	NA	NA	Fr,A
Hidrógeno Cambiable ²	meq/100g	0,100	0,020	<0,020
Materia Orgánica (*) ²	%	0,200	0,400	10,928
Boro Disponible ²	mg/Kg	0,06	0,15	2,46
Fósforo Disponible Olsen ²	mg/Kg	2,00	6,00	152,46
Bases Cambiables (Ca, Mg, K y Na)				
Calcio Cambiable ²	meq/100g	0,03	0,10	7,98
Magnesio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	5,49
Potasio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	1,80
Sodio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	0,13
Bases Disponibles (Ca, Mg, K y Na)				

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

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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.

NA: No Aplica

A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso; Fr. = Franco; Fr.L. = Franco Limoso; L = Limoso; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso
Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso; Ar.A. = Arcillo; Arenoso; Ar.L. = Arcillo Limoso; Ar. = Arcilloso

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-37869

N° Id.: 0000137532

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-110865
DESCRIPCIÓN ^(*)				T1-3,CARACTERIZACION SUELO+HIDROCARBUROS
TIPO DE PRODUCTO ^(*)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(*)				
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*)				11-12-2024
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Suma de Bases Disponibles (**)	meq/100g	0,00	0,00	38,28
Relación (Ca+Mg)/K Disponible (**)	no unidad			2,3
Relación Ca/Mg Disponibles (**)	no unidad			1,5
Potasio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	11,07
Calcio Disponible ²	meq/100g	0,03	0,10	14,85
Sodio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	2,23
Magnesio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	10,13
Capacidad de Intercambio Catiónico ²	meq/100g	0,20	0,50	15,85
Micronutrientes (Cu, Mn, Fe y Zn)				
Cu (DTPA) ²	mg/Kg	0,20	0,60	5,27
Fe (DTPA) ²	mg/Kg	0,30	1,00	35,14
Mn (DTPA) ²	mg/Kg	0,10	0,30	29,98
Zn (DTPA) ²	mg/Kg	0,20	0,70	62,46
Nitrógeno Total ²	mg/Kg	50,00	150,00	5 630,00
Hidrocarburos Totales de Petróleo Fracción 2 (C10 a C28) (*)	mg/Kg MS	4,920	10,000	206,653

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

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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.

NA: No Aplica

 A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo ; Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. Arcilloso

(A) Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

Informe de Laboratorio: Análisis de caracterización de suelo e hidrocarburos del Tratamiento 1-4 (T1-4)



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



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-37872

N° Id.: 0000137535

V.- RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-110870
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS				HUANUCO-COLPA BAJA-CHUNAPAMPA
DESCRIPCIÓN ^(*)				T1-4,CARACTERIZACION SUELO+HIDROCARBUROS
TIPO DE PRODUCTO ^(*)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(*)				
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*)				11-12-2024
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Conductividad (Extracto 1:1) ²	dS/m	NA	0,01	13,75
pH (Extracto 1:1) ²	Unidad de pH	NA	0,01	6,33
Preparación de Muestras Suelos ^(**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO
Relación C/N en Suelos ^(**)	no unidad	NA	NA	11,3
Acidez Cambiable ²	meq/100g	0,20	0,50	<0,50
Aluminio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,02	<0,02
Carbonatos ²	%	0,20	0,50	<0,50
Clase Textural				
Arena ²	%	NA	NA	80
Arcilla ²	%	NA	NA	10
Limo ²	%	NA	NA	10
Clase Textural ²	no unidad	NA	NA	Fr,A
Hidrógeno Cambiable ²	meq/100g	0,100	0,020	<0,020
Materia Orgánica ^(*)	%	0,200	0,400	9,664
Boro Disponible ²	mg/Kg	0,06	0,15	2,36
Fósforo Disponible Olsen ²	mg/Kg	2,00	6,00	201,13
Bases Cambiables (Ca, Mg, K y Na)				
Calcio Cambiable ²	meq/100g	0,03	0,10	8,00
Magnesio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	5,09
Potasio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	1,77
Sodio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	0,09
Bases Disponibles (Ca, Mg, K y Na)				

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

^(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Limite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Limite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso
Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo ; Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. Arcilloso

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-37872

N° Id.: 0000137535

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-110870
DESCRIPCIÓN ^(A)				T1-4.CARACTERIZACION SUELO+HIDROCARBUROS
TIPO DE PRODUCTO ^(A)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(A)				
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)				11-12-2024
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Suma de Bases Disponibles ^(**)	meq/100g	0,00	0,00	40,07
Relación (Ca+Mg)/K Disponible ^(**)	no unidad			2,1
Relación Ca/Mg Disponibles ^(**)	no unidad			1,4
Potasio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	12,14
Calcio Disponible ²	meq/100g	0,03	0,10	14,68
Sodio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	2,56
Magnesio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	10,70
Capacidad de Intercambio Catiónico ²	meq/100g	0,20	0,50	15,38
Micronutrientes (Cu, Mn, Fe y Zn)				
Cu (DTPA) ²	mg/Kg	0,20	0,60	5,04
Fe (DTPA) ²	mg/Kg	0,30	1,00	34,05
Mn (DTPA) ²	mg/Kg	0,10	0,30	41,77
Zn (DTPA) ²	mg/Kg	0,20	0,70	62,42
Nitrógeno Total ²	mg/Kg	50,00	150,00	4 950,00
Hidrocarburos Totales de Petróleo Fracción 2 (C10 a C28) ^(*)	mg/Kg MS	4,920	10,000	141,937

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

^(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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.

NA: No Aplica

 A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo ; Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. Arcilloso

Informe de Laboratorio: Análisis de caracterización de suelo e hidrocarburos del Tratamiento 2-1 (T2-1)



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



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-37853

N° Id.: 0000137516

V.- RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-110823
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS				HUANUCO-COLPA BAJA-CHUNAPAMPA
DESCRIPCIÓN ^(*)				T2-1,CARACTERIZACION SUELO+HIDROCARBUROS
TIPO DE PRODUCTO ^(*)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(*)				
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*)				11-12-2024
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Conductividad (Extracto 1:1) ^z	dS/m	NA	0,01	4,95
pH (Extracto 1:1) ^z	Unidad de pH	NA	0,01	7,01
Preparación de Muestras Suelos (**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO
Relación C/N en Suelos (**)	no unidad	NA	NA	11,3
Acidez Cambiable ^z	meq/100g	0,20	0,50	<0,50
Aluminio Cambiable ^z	meq/100g	0,01	0,02	<0,02
Carbonatos ^z	%	0,20	0,50	3,35
Clase Textural				
Arena ^z	%	NA	NA	35
Arcilla ^z	%	NA	NA	15
Limo ^z	%	NA	NA	50
Clase Textural ^z	no unidad	NA	NA	Fr,L
Hidrógeno Cambiable ^z	meq/100g	0,100	0,020	<0,020
Materia Orgánica (*)	%	0,200	0,400	7,029
Boro Disponible ^z	mg/Kg	0,06	0,15	1,80
Fósforo Disponible Olsen ^z	mg/Kg	2,00	6,00	446,59
Bases Cambiables (Ca, Mg, K y Na)				
Calcio Cambiable ^z	meq/100g	0,03	0,10	9,92
Magnesio Cambiable ^z	meq/100g	0,01	0,03	4,13
Potasio Cambiable ^z	meq/100g	0,01	0,03	1,35
Sodio Cambiable ^z	meq/100g	0,01	0,03	0,04
Bases Disponibles (Ca, Mg, K y Na)				

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

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

^z Ensayo acreditado por el IAS

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.

NA: No Aplica

A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso
Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo ; Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. Arcilloso

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-37853

N° Id.: 0000137516

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-110823
DESCRIPCIÓN ^(*)				T2-1, CARACTERIZACION SUELO+HIDROCARBUROS
TIPO DE PRODUCTO ^(*)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(*)				
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*)				11-12-2024
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Suma de Bases Disponibles (**)	meq/100g	0,00	0,00	27,88
Relación (Ca+Mg)/K Disponible (**)	no unidad			2,3
Relación Ca/Mg Disponibles (**)	no unidad			1,9
Potasio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	8,32
Calcio Disponible ²	meq/100g	0,03	0,10	12,46
Sodio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	0,61
Magnesio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	6,50
Capacidad de Intercambio Catiónico ²	meq/100g	0,20	0,50	15,44
Micronutrientes (Cu, Mn, Fe y Zn)				
Cu (DTPA) ²	mg/Kg	0,20	0,60	4,86
Fe (DTPA) ²	mg/Kg	0,30	1,00	36,76
Mn (DTPA) ²	mg/Kg	0,10	0,30	33,16
Zn (DTPA) ²	mg/Kg	0,20	0,70	42,76
Nitrógeno Total ²	mg/Kg	50,00	150,00	3 620,00
Hidrocarburos Totales de Petróleo Fracción 2 (C10 a C28) (*)	mg/Kg MS	4,920	10,000	441,764

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

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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.

NA: No Aplica

A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso; Fr. = Franco; Fr.L. = Franco Limoso; L = Limoso; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso; Ar.A. = Arcillo; Arenoso; Ar.L. = Arcillo Limoso; Ar. = Arcilloso

Informe de Laboratorio: Análisis de caracterización de suelo e hidrocarburos del Tratamiento 2-2 (T2-2)



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



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-37855

N° Id.: 0000137518

V.- RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-110826
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS				HUANUCO-COLPA BAJA-CHUNAPAMPA
DESCRIPCIÓN ^(*)				T2-2,CARACTERIZACION SUELO+HIDROCARBUROS
TIPO DE PRODUCTO ^(*)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(*)				
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*)				11-12-2024
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Conductividad (Extracto 1:1) ²	dS/m	NA	0,01	4,47
pH (Extracto 1:1) ²	Unidad de pH	NA	0,01	6,42
Preparación de Muestras Suelos ^(**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO
Relación C/N en Suelos ^(**)	no unidad	NA	NA	11,4
Acidez Cambiable ²	meq/100g	0,20	0,50	<0,50
Aluminio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,02	<0,02
Carbonatos ²	%	0,20	0,50	<0,50
Clase Textural				
Arena ²	%	NA	NA	70
Arcilla ²	%	NA	NA	5
Limo ²	%	NA	NA	25
Clase Textural ²	no unidad	NA	NA	Fr.A
Hidrógeno Cambiable ²	meq/100g	0,100	0,020	<0,020
Materia Orgánica ^(*)	%	0,200	0,400	8,021
Boro Disponible ²	mg/Kg	0,06	0,15	0,49
Fósforo Disponible Olsen ²	mg/Kg	2,00	6,00	153,78
Bases Cambiables (Ca, Mg, K y Na)				
Calcio Cambiable ²	meq/100g	0,03	0,10	6,43
Magnesio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	4,54
Potasio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	1,44
Sodio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	0,09
Bases Disponibles (Ca, Mg, K y Na)				

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

^(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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.

NA: No Aplica

A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso; Fr. = Franco; Fr.L. = Franco Limoso; L = Limoso; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso
Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso; Ar.A. = Arcillo; Arenoso; Ar.L. = Arcillo Limoso; Ar. = Arcilloso

...

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-37855

N° Id.: 0000137518

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-110826
DESCRIPCIÓN ^W				T2-2,CARACTERIZACION SUELO+HIDROCARBUROS
TIPO DE PRODUCTO ^W				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^W				
FECHA y HORA DE MUESTREO ^W				11-12-2024
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Suma de Bases Disponibles (**)	meq/100g	0,00	0,00	30,97
Relación (Ca+Mg)/K Disponible (**)	no unidad			2,7
Relación Ca/Mg Disponibles (**)	no unidad			1,6
Potasio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	7,83
Calcio Disponible ²	meq/100g	0,03	0,10	12,92
Sodio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	1,96
Magnesio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	8,26
Capacidad de Intercambio Catiónico ²	meq/100g	0,20	0,50	12,76
Micronutrientes (Cu, Mn, Fe y Zn)				
Cu (DTPA) ²	mg/Kg	0,20	0,60	4,40
Fe (DTPA) ²	mg/Kg	0,30	1,00	33,90
Mn (DTPA) ²	mg/Kg	0,10	0,30	27,61
Zn (DTPA) ²	mg/Kg	0,20	0,70	49,97
Nitrógeno Total ²	mg/Kg	50,00	150,00	4 090,00
Hidrocarburos Totales de Petróleo Fracción 2 (C10 a C28) (*)	mg/Kg MS	4,920	10,000	318,652

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

^(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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.

NA: No Aplica

 A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso; Fr. = Franco; Fr.L. = Franco Limoso; L = Limoso; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso; Ar.A. = Arcillo; Arenoso; Ar.L. = Arcillo Limoso; Ar. = Arcilloso

Informe de Laboratorio: Análisis de caracterización de suelo e hidrocarburos del Tratamiento 2-3 (T2-3)



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



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-37858

N° Id.: 0000137521

V.- RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-110840
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS				HUANUCO-COLPA BAJA-CHUNAPAMPA
DESCRIPCIÓN ^(*)				T2-3,CARACTERIZACION SUELO+HIDROCARBUROS
TIPO DE PRODUCTO ^(*)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(*)				
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*)				11-12-2024
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Conductividad (Extracto 1:1) ²	dS/m	NA	0,01	4,49
pH (Extracto 1:1) ²	Unidad de pH	NA	0,01	6,39
Preparación de Muestras Suelos ^(**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO
Relación C/N en Suelos ^(**)	no unidad	NA	NA	11,4
Acidez Cambiable ²	meq/100g	0,20	0,50	<0,50
Aluminio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,02	<0,02
Carbonatos ²	%	0,20	0,50	<0,50
Clase Textural				
Arena ²	%	NA	NA	70
Arcilla ²	%	NA	NA	5
Limo ²	%	NA	NA	25
Clase Textural ²	no unidad	NA	NA	Fr,A
Hidrógeno Cambiable ²	meq/100g	0,100	0,020	<0,020
Materia Orgánica ^(*)	%	0,200	0,400	7,582
Boro Disponible ²	mg/Kg	0,06	0,15	1,80
Fósforo Disponible Olsen ²	mg/Kg	2,00	6,00	137,35
Bases Cambiables (Ca, Mg, K y Na)				
Calcio Cambiable ²	meq/100g	0,03	0,10	6,27
Magnesio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	4,28
Potasio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	1,37
Sodio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	0,08
Bases Disponibles (Ca, Mg, K y Na)				

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

^(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Limite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Limite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

A = Arena; A,Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso; Fr. = Franco; Fr.L. = Franco Limoso; L = Limoso; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso

Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso; Ar.A. = Arcillo; Arenoso; Ar.L. = Arcillo Limoso; Ar. = Arcilloso

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-37858

N° Id.: 0000137521

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-110840
DESCRIPCIÓN ^(A)				T2-3,CARACTERIZACION SUELO+HIDROCARBUROS
TIPO DE PRODUCTO ^(A)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(A)				
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)				11-12-2024
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Suma de Bases Disponibles ^(**)	meq/100g	0,00	0,00	31,75
Relación (Ca+Mg)/K Disponible ^(**)	no unidad			2,7
Relación Ca/Mg Disponibles ^(**)	no unidad			1,5
Potasio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	8,06
Calcio Disponible ²	meq/100g	0,03	0,10	13,11
Sodio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	2,02
Magnesio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	8,57
Capacidad de Intercambio Catiónico ²	meq/100g	0,20	0,50	12,45
Micronutrientes (Cu, Mn, Fe y Zn)				
Cu (DTPA) ²	mg/Kg	0,20	0,60	3,89
Fe (DTPA) ²	mg/Kg	0,30	1,00	29,63
Mn (DTPA) ²	mg/Kg	0,10	0,30	25,22
Zn (DTPA) ²	mg/Kg	0,20	0,70	41,26
Nitrógeno Total ²	mg/Kg	50,00	150,00	3 870,00
Hidrocarburos Totales de Petróleo Fracción 2 (C10 a C28) ^(*)	mg/Kg MS	4,920	10,000	513,516

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

^(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Limite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Limite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso

Informe de Laboratorio: Análisis de caracterización de suelo e hidrocarburos del Tratamiento 2-4 (T2-4)



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



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-37862

N° Id.: 0000137525

V.- RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-110852
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS				HUANUCO-COLPA BAJA-CHUNAPAMPA
DESCRIPCIÓN ^(*)				T2-4,CARACTERIZACION SUELO+HIDROCARBUROS
TIPO DE PRODUCTO ^(*)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(*)				
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*)				11-12-2024
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Conductividad (Extracto 1:1) ²	dS/m	NA	0,01	4,77
pH (Extracto 1:1) ²	Unidad de pH	NA	0,01	6,39
Preparación de Muestras Suelos ^(**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO
Relación C/N en Suelos ^(**)	no unidad	NA	NA	11,4
Acidez Cambiable ²	meq/100g	0,20	0,50	<0,50
Aluminio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,02	<0,02
Carbonatos ²	%	0,20	0,50	<0,50
Clase Textural				
Arena ²	%	NA	NA	70
Arcilla ²	%	NA	NA	5
Limo ²	%	NA	NA	25
Clase Textural ²	no unidad	NA	NA	Fr,A
Hidrógeno Cambiable ²	meq/100g	0,100	0,020	<0,020
Materia Orgánica ^(*)	%	0,200	0,400	8,496
Boro Disponible ²	mg/Kg	0,06	0,15	1,66
Fósforo Disponible Olsen ²	mg/Kg	2,00	6,00	134,09
Bases Cambiables (Ca, Mg, K y Na)				
Calcio Cambiable ²	meq/100g	0,03	0,10	7,31
Magnesio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	4,62
Potasio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	1,51
Sodio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	0,08
Bases Disponibles (Ca, Mg, K y Na)				

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

^(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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.

NA: No Aplica

A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso; Fr. = Franco; Fr.L. = Franco Limoso; L = Limoso; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso

Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso; Ar.A. = Arcillo; Arenoso; Ar.L. = Arcillo Limoso; Ar. Arcilloso

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-37862

N° Id.: 0000137525

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-110852
DESCRIPCIÓN ^(A)				T2-4,CARACTERIZACION SUELO+HIDROCARBUROS
TIPO DE PRODUCTO ^(A)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(A)				
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)				11-12-2024
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Suma de Bases Disponibles ^(**)	meq/100g	0,00	0,00	32,99
Relación (Ca+Mg)/K Disponible ^(**)	no unidad			2,8
Relación Ca/Mg Disponibles ^(**)	no unidad			1,6
Potasio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	8,19
Calcio Disponible ²	meq/100g	0,03	0,10	13,94
Sodio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	2,09
Magnesio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	8,77
Capacidad de Intercambio Catiónico ²	meq/100g	0,20	0,50	14,03
Micronutrientes (Cu, Mn, Fe y Zn)				
Cu (DTPA) ²	mg/Kg	0,20	0,60	4,58
Fe (DTPA) ²	mg/Kg	0,30	1,00	29,11
Mn (DTPA) ²	mg/Kg	0,10	0,30	35,52
Zn (DTPA) ²	mg/Kg	0,20	0,70	51,93
Nitrógeno Total ²	mg/Kg	50,00	150,00	4 330,00
Hidrocarburos Totales de Petróleo Fracción 2 (C10 a C28) ^(*)	mg/Kg MS	4,920	10,000	347,511

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

^(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

 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.

NA: No Aplica

 A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo ; Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. Arcilloso

Informe de Laboratorio: Análisis de caracterización de suelo e hidrocarburos del Tratamiento Control –Post-test



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



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-37876

N° Id.: 0000137539

V.- RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-110875
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS				HUANUCO-COLPA BAJA-CHUNAPAMPA
DESCRIPCIÓN ^(*)				T-CONTROL,CARACTERIZACION SUELO+HIDROCARBUROS
TIPO DE PRODUCTO ^(*)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(*)				
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*)				11-12-2024
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Conductividad (Extracto 1:1) ²	dS/m	NA	0,01	0,63
pH (Extracto 1:1) ²	Unidad de pH	NA	0,01	7,52
Preparación de Muestras Suelos ^(**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO
Relación C/N en Suelos ^(**)	no unidad	NA	NA	11,3
Acidez Cambiable ²	meq/100g	0,20	0,50	<0,50
Aluminio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,02	<0,02
Carbonatos ²	%	0,20	0,50	2,12
Clase Textural				
Arena ²	%	NA	NA	70
Arcilla ²	%	NA	NA	10
Limo ²	%	NA	NA	20
Clase Textural ²	no unidad	NA	NA	Fr,A
Hidrógeno Cambiable ²	meq/100g	0,100	0,020	<0,020
Materia Orgánica ^(*)	%	0,200	0,400	2,328
Boro Disponible ²	mg/Kg	0,06	0,15	2,15
Fósforo Disponible Olsen ²	mg/Kg	2,00	6,00	8,56
Bases Cambiables (Ca, Mg, K y Na)				
Calcio Cambiable ²	meq/100g	0,03	0,10	7,83
Magnesio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	1,64
Potasio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	0,17
Sodio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	0,06
Bases Disponibles (Ca, Mg, K y Na)				

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

^(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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.

NA: No Aplica

A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso; Fr. = Franco; Fr.L. = Franco Limoso; L = Limoso; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso

Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso; Ar.A. = Arcillo; Arenoso; Ar.L. = Arcillo Limoso; Ar. Arcilloso

...

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-37876

N° Id.: 0000137539

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-110875
DESCRIPCIÓN ^(A)				T-CONTROL, CARACTERIZACION SUELO+HIDROCARBUROS
TIPO DE PRODUCTO ^(A)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(A)				
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)				11-12-2024
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Suma de Bases Disponibles ^(**)	meq/100g	0,00	0,00	13,06
Relación (Ca+Mg)/K Disponible ^(**)	no unidad			50,2
Relación Ca/Mg Disponibles ^(**)	no unidad			4,3
Potasio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	0,23
Calcio Disponible ²	meq/100g	0,03	0,10	9,48
Sodio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	1,17
Magnesio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	2,19
Capacidad de Intercambio Catiónico ²	meq/100g	0,20	0,50	9,70
Micronutrientes (Cu, Mn, Fe y Zn)				
Cu (DTPA) ²	mg/Kg	0,20	0,60	1,40
Fe (DTPA) ²	mg/Kg	0,30	1,00	4,91
Mn (DTPA) ²	mg/Kg	0,10	0,30	14,37
Zn (DTPA) ²	mg/Kg	0,20	0,70	4,79
Nitrógeno Total ²	mg/Kg	50,00	150,00	1 200,00
Hidrocarburos Totales de Petróleo Fracción 2 (C10 a C28) ^(*)	mg/Kg MS	4,920	10,000	299,291

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

^(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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.

NA: No Aplica

A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso

ANEXO 6

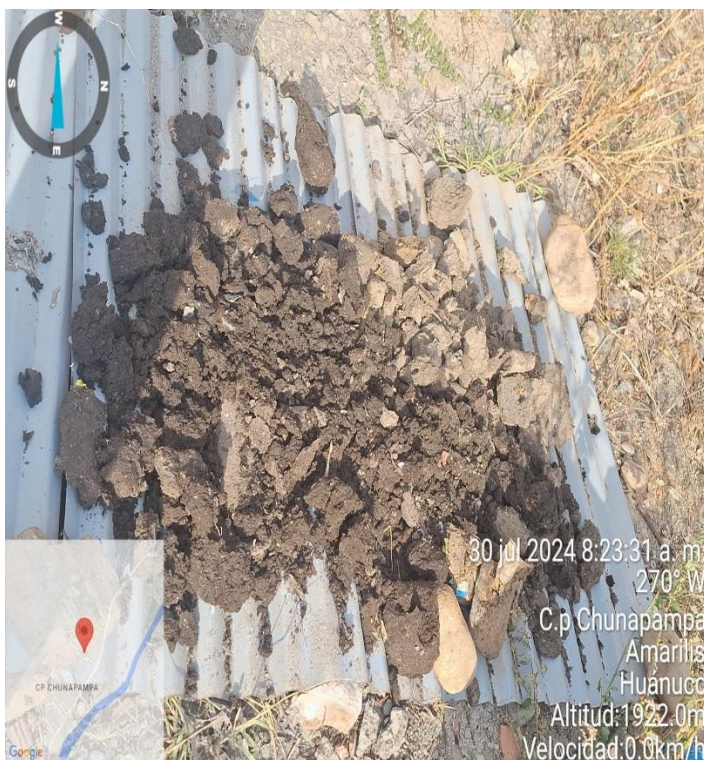
Registro fotográfico del proyecto: Recolección de lodos



Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Chunapampa



Recolección de lodos



Secado de lodos



Tamizado de lodos

Registro fotográfico del proyecto: Preparación de Bokashi



Agregando estiércol de gallina (gayinasa)



Agregando el inoculo



Removiendo la pila



Control de temperatura

Registro fotográfico del proyecto: Contaminación del suelo



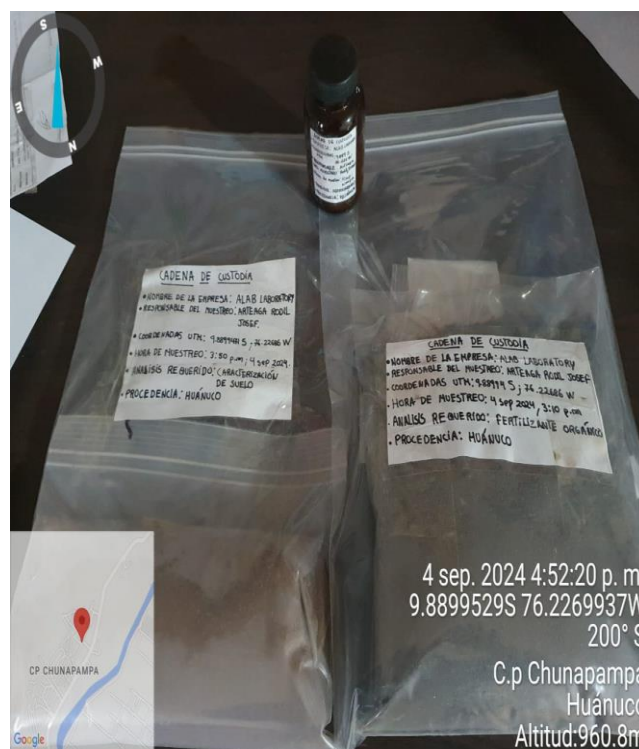
Supervisión del docente



Contaminación del suelo



Toma de muestras



Muestras rotuladas

Registro fotográfico del proyecto: Desarrollo del proyecto



Tratamientos del experimento



Toma de muestras

Muestras recolectadas