

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



UDH
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

TESIS

“Efecto remediador de la lombriz roja (eisenia foetida) sobre los metales pesados en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo de Pillao - Huánuco 2024”

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR: Cabello Salas, Jordy Anibal.

ASESOR: Morales Aquino, Milton Edwin.

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): 73314146

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 44342697

Grado/Título: Maestro en ingeniería, con mención en:
gestión ambiental y desarrollo sostenible.

Código ORCID: 0000-0002-2250-3288

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Camara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
2	Cajahuanca Torres, Raul	Maestro en gestión pública.	22511841	0000-0002-5671-1907
3	Valdivia Martel, Perfecta Sofia	Maestro en ingeniería con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	43616954	0000-0002-7194-3714



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 15:30 horas del día 10 del mes de abril 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. Frank Erick Camara Llanos (Presidente)
- Mg. Raul Cajahuanca Torres (Secretario)
- Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 0551-2025-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"EFECTO REMEDIADOR DE LA LOMBRIZ ROJA (*Eisenia foetida*) SOBRE LOS METALES PESADOS EN SUELOS AGRICOLAS A CAUSA DE PLAGUICIDAS, SAN PABLO DE PILLAO - HUÁNUCO 2024"**, presentado por el (la) Bach. **CABELLO SALAS, JORDY ANIBAL**; 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) **N.º PROBADO** Por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de **15** y cualitativo de **BUENO** (Art. 47)

Siendo las **16:35** horas del día **10** del mes de **Abril** del año **2025**, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Mg. Frank Erick Camara Llanos
DNI: 44287920
ORCID: 0000-0001-9180-7405
Presidente

Mg. Raul Cajahuanca Torres
DNI: 22511841
ORCID: 0000-0002-5671-1907
Secretario

Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel
DNI: 43616954
ORCID: 0000-0002-7194-3714
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: JORDY ANIBAL CABELLO SALAS, de la investigación titulada "Efecto remediador de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) sobre los metales pesados en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo de Pillao - Huánuco 2024", con asesor(a) MILTON EDWIN MORALES AQUINO, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 0994-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 21 % 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, 19 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

122. Cabello Salas, Jordy Anibal.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%
INDICE DE SIMILITUD

20%
FUENTES DE INTERNET

4%
PUBLICACIONES

9%
TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	5%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	vsip.info Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad de Huanuco Trabajo del estudiante	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

DEDICATORIA

A Dios, por su infinita bondad.

A mis padres, Anibal Baldivar y Delia por su cariño y apoyo incondicional a través de mi formación personal y profesional.

A la vez a mis hermanos, Miriam, Sissi, Luz, Aebli, Olga, Edson y Jhordan por el gran cariño que me brindaron durante el desarrollo profesional.

AGRADECIMIENTO

A mi casa de estudios, la Universidad de Huánuco, por los años transcurridos en sus aulas tan acogedoras a la vez por ser la casa de estudios de muchos huanuqueños que tienen el ímpetu de poder formarse profesionalmente.

A todos los catedráticos del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, por ser piezas fundamentales en la fascinación y entrega a esta tan hermosa carrera profesional, llamado Ingeniería Ambiental.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN	XII
CAPÍTULO I.....	13
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	14
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO.....	14
1.3. OBJETIVOS.....	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.6.1. VIABILIDAD AMBIENTAL.....	17
1.6.2. VIABILIDAD ECONÓMICA	17
1.6.3. VIABILIDAD SOCIAL	17
1.6.4. VIABILIDAD OPERATIVA.....	17
1.6.5. VIABILIDAD TÉCNICA	18
CAPÍTULO II.....	19

MARCO TEÓRICO	19
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
2.1.1. ANTECEDENTE INTERNACIONAL.....	19
2.1.2. ANTECEDENTE NACIONAL	20
2.1.3. ANTECEDENTE LOCAL.....	22
2.2. BASES TEÓRICAS.....	24
2.2.1. BIOINDICADORES	24
2.2.2. BIOLOGÍA Y CLASIFICACIÓN DE LAS LOMBRICES	29
2.2.3. LOMBRIZ EISENIA CALIFORNIANA.....	31
2.2.4. CONTAMINACIÓN DE SUELOS.....	32
2.2.5. CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN	33
2.2.6. FUENTES Y TIPOS DE CONTAMINANTES.....	33
2.2.7. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO	34
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	34
2.3.1. METALES PESADOS	34
2.3.2. TOXICIDAD DE METALES PESADOS	35
2.3.3. EFECTOS DE LOS METALES PESADOS EN EL SUELO	36
2.3.4. MOVILIZACIÓN DE METALES PESADOS EN EL SUELO.....	37
2.3.5. MECANISMOS EN LA RETENCIÓN DE METALES	38
2.4. HIPÓTESIS.....	40
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	40
2.4.2. HIPÓTESIS SECUNDARIA.....	40
2.5. VARIABLES.....	40
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE.....	40
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	40
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	41
CAPÍTULO III.....	42

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	42
3.1. TIPOS DE INVESTIGACIÓN	42
3.1.1. ENFOQUE	42
3.1.2. ALCANCE	42
3.1.3. DISEÑO	42
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	42
3.2.1. POBLACIÓN	42
3.2.2. MUESTRAS	43
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. 43	
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	43
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	44
CAPÍTULO IV.....	44
RESULTADOS	44
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	44
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS ..	53
CAPÍTULO V.....	57
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	57
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES.....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de los parámetros químicos (N - pH) como efecto remediador de la lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>) según textura en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024.....	44
Tabla 2 Descripción de los metales pesados (Zn, Cd y Pb) como efecto remediador de la lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>) según textura en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024.....	46
Tabla 3 Descripción de los parámetros químicos (N – Ph) como efecto remediador de la lombriz Roja (<i>Eisenia foetida</i>) según sustratos en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024.....	48
Tabla 4 Descripción de los metales pesados (Zn, Cd y Pb) como efecto remediador de la lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>) según sustratos en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024.....	50
Tabla 5 Descripción de los parámetros químicos (N- pH) como efecto remediador de la lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>) según días de monitoreo en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024.	51
Tabla 6 Descripción de los metales pesados (Zn, Cd y Pb) como efecto remediador de la lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>) según días de monitoreo en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024	52
Tabla 7 Comparación de rangos del efecto remediador de la lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>) sobre los metales pesados en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024.....	53
Tabla 8 Comparación de medias del efecto remediador de la Lombriz Roja (<i>Eisenia foetida</i>) del plomo según estándar de calidad ambiental en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024.....	53
Tabla 9 Comparación de medias del efecto remediador de la Lombriz Roja (<i>Eisenia foetida</i>) del cadmio según estándar de calidad ambiental en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024.....	54

Tabla 10 Comparación de medias del efecto remediador de la Lombriz Roja (Eisenia foetida) del cadmio según sustrato en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024.....	54
Tabla 11 Comparación de medias del efecto remediador de la Lombriz Roja (Eisenia foetida) del plomo según sustrato en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024.....	55
Tabla 12 Comparación de medias del efecto remediador de la Lombriz Roja (Eisenia foetida) del zinc según sustrato en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura de la Lombriz de tierra.....	30
Figura 2 Descripción de los parámetros químicos (N - pH) como efecto remediador de la lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>) según textura en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024.....	45
Figura 3 Descripción de los metales pesados (Zn, Cd y Pb) como efecto remediador de la lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>) según textura en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024.....	47
Figura 4 Descripción de los parámetros químicos (N - pH) como efecto remediador de la lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>) según sustratos en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024.....	49
Figura 5 Descripción de los metales pesados (Cd, Pb y Zn) como efecto remediador de la lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>) según sustratos en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024.....	51

RESUMEN

En el distrito de San Pablo de Pillao, que pertenece a la provincia y región de Huánuco, se desarrolló el proyecto de investigación titulado: “Efecto Remediador de la Lombriz Roja (*Eisenia foetida*) sobre los metales pesados en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo de Pillao – Huánuco 2024”, tuvo como objetivo verificar la eficacia de la integración de la (*Eisenia foetida*) sobre un suelo cultivable contaminado. En cuanto a la metodología, tres grupos de repetición y dos grupos operativos constituyeron el planteamiento experimental durante los 45 días. Para evaluar el impacto, se examinaron los parámetros físicos, químicos y metales pesados del sustrato y que fue contrastados con los Estándares de Calidad Ambiental. Al evaluar se obtuvo los siguientes resultados: revelaron una mejora significativa en los parámetros químicos del sustrato, el contenido de nitrógeno aumentó de 0.170 en suelos franco arenosos a 0.188 en suelos franco limoso, y el pH se incrementó de 4.76 a 5.56. Además, se visualizó una disminución considerable en las cantidades de zinc (Zn) de 18.915 a 14.234 mg/kg, cadmio (Cd) de 1.794 a 0.451 mg/kg y plomo (Pb) de 35.622 a 9.453 mg/kg, siendo estas reducciones más pronunciadas en combinaciones con mayor densidad de lombrices. Se empleó la prueba T de Student para el análisis estadístico el cual indicó que el efecto remediador de *Eisenia foetida* sobre el plomo fue altamente significativo ($p = 0.000$), logrando umbrales muy por debajo del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de 70.00 mg/kg. No obstante, no se observaron diferencias relevantes en la remediación de cadmio ($p = 0.718$) ni de zinc ($p = 0.094$), lo que se sugiere que la eficacia de *Eisenia foetida* varía según el tipo de metal pesado. En conclusión, *Eisenia foetida* representa una herramienta eficaz para perfeccionar las características químicas del suelo y reducir la intensidad de plomo en sustratos polucionados, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental de la región. Sin embargo, se recomienda combinar esta técnica con otras estrategias para abordar de manera integral la contaminación por cadmio y zinc.

Palabras clave: Lombriz Roja, suelos polucionados, suelo agrícola, plaguicidas y biorremediación.

ABSTRACT

In the district of San Pablo de Pillao, province of Huánuco and Huánuco region, where the research work entitled: "Remedial Effect of the Red Worm (*Eiseania Foetida*) on heavy metals in agricultural soils due to pesticides, San Pablo de Pillao - Huánuco 2024" was carried out, the objective was to demonstrate the effect of the incorporation of (*Eisenia foetida*) on a contaminated agricultural soil. The methodology was experimental, with two operational groups and three repetitions. To verify the effect, the physical, chemical and heavy metal parameters of the soil were analyzed and contrasted with the Environmental Quality Standards. When evaluating, the following results were obtained: they revealed a significant improvement in the chemical parameters of the soil, the nitrogen content increased from 0.170 in sandy loam soils to 0.188 in silt loam soils, and the pH increased from 4.76 to 5.56. Furthermore, a significant reduction was observed in the concentrations of zinc (Zn) from 18.915 to 14.234 mg/kg, cadmium (Cd) from 1.794 to 0.451 mg/kg and lead (Pb) from 35.622 to 9.453 mg/kg, with these reductions being more pronounced in combinations with higher worm densities. Statistical analysis using the Student t test indicated that the remediation effect of *Eisenia foetida* on lead was highly significant ($p = 0.000$), achieving levels well below the Environmental Quality Standard (ECA) of 70.00 mg/kg. However, no significant differences were found in the remediation of cadmium ($p = 0.718$) or zinc ($p = 0.094$), suggesting that the effectiveness of *Eisenia foetida* varies according to the type of heavy metal. In conclusion, *Eisenia foetida* represents an effective tool to improve soil chemical properties and reduce lead concentration in contaminated soils, contributing to the environmental sustainability of the region. However, it is recommended to combine this technique with other strategies to comprehensively address cadmium and zinc contamination.

Keywords: Red worm, contaminated soils, agricultural soil, pesticides and bioremediation.

INTRODUCCIÓN

El estudio titulado “Efecto Remediador de la Lombriz Roja (*Eisenia foetida*) sobre los metales pesados en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo de Pillao – Huánuco 2024” estudie la Lombriz Roja como una solución al problema de contaminación de sustratos por causa de plaguicidas en el distrito de San Pablo de Pillao, por lo que se planteó remediar el suelo con el objetivo de estabilizar los sustratos agrícolas.

Búsqueda de técnicas eficaces y sostenibles para la restauración de suelos polucionados ha llevado a explorar soluciones biológicas, como el uso de *Eisenia foetida*, conocida como lombriz roja. Este organismo posee habilidades excepcionales para transformar materia orgánica y reducir agentes contaminantes mediante procesos como la bioacumulación y la mineralización, lo que lo convierte en una herramienta prometedora para la remediación ambiental.

El objetivo fundamental de este trabajo es determinar el efecto remediador de *Eisenia foetida* sobre los metales pesados en suelos agrícolas polucionados por la aplicación de pesticidas en el distrito de San Pablo de Pillao, Huánuco. A través de un diseño experimental, se evaluaron parámetros físicos, químicos y la concentración de metales tóxicos presentes en el suelo antes y después de la aplicación de lombrices. Las evidencias obtenidas no solo aportarán un soporte científico para la creación de estrategias de remediación, sino que también pretenden sensibilizar a las autoridades locales y agricultores sobre la importancia de adoptar prácticas agrícolas sostenibles.

La presente tesis busca aportar al progreso del conocimiento en la gestión de suelos contaminados y ofrecer alternativas prácticas que promuevan un desarrollo sostenible y la restauración del nivel óptimo del sustrato en el distrito de Pillao que está siendo afectado por prácticas agrícolas intensivas.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La demanda, producción, utilización de plaguicidas y fertilizantes ha mostrado un incremento continuo a nivel global en las últimas décadas. Las ventas combinadas a nivel mundial siguen experimentando un crecimiento anual cercano al 4,1% y se estima que alcanzarán los 309.000 millones de dólares estadounidenses para 2025 (Cebem, 2022).

Las principales fuentes de contaminación del sustrato en el Perú por contaminantes metálicos provienen de: (cenizas de combustión, 74 %), (residuos urbanos, 9 %), (turba, 6 %), (residuos de metalurgia, 6 %), (residuos de M.O., 3 %) y (abono, 2 %). (Mas y Azcúe, 1993). Se aprecia, que la contribución de metales como cadmio, cromo, cobre, plomo, mercurio, molibdeno, zinc y de los metaloides como selenio procedente de acciones de industrias es cerca de 10 a 20 veces mayor que la cuantía resultada por la meteorización de manera natural de los restos de sedimentos (Nriagu, 1990).

Los contaminantes metálicos alcanzan el suelo por actividad del hombre mediante descargas de minerales, fertilizantes orgánicos, residuos sólidos, entre otros. (Jing et al. 2007; Galán y Romero 2008). Los metales que más se encuentran en el suelo y poseen mayor impacto son: cobre (Cu), cadmio (Cd), plomo (Pb) y mercurio (Hg), por ello estos metales en bajas concentraciones resultan ser perjudiciales (Carpena y Bernal 2007).

Uno de los principales problemas que ponen en peligro la salud humana es la contaminación del suelo, que provoca complejos cambios medioambientales. La minería, extracción de petróleo, industrias, la eliminación de residuos sólidos, evacuación de aguas residuales, el vertido de aguas fecales y el uso de pesticidas agrícolas han tenido un impacto nocivo directo sobre el medio ambiente en los últimos años. Esto

es debido al aumento de la concentración de contaminantes en el suelo, alcanzando un nivel de riesgo tóxico y peligroso (Rodríguez, 2022).

Se señala que esta especie ayuda a mejorar y conservar la calidad de suelo, protegiéndolo de los efectos negativos de los fertilizantes químicos. (Zhong, et al., 2021). Además, porque no hacer mención que las lombrices y los microbios benefician la agricultura mediante su interacción sinérgica (Medina, et al., 2022). Como también, proporcionan a las plantas un acceso más rápido a los nutrientes orgánicos (Yvonne, et al., 2019). Del mismo modo, la aplicación de esta tecnología ayudará a hacer frente al actual aumento de los gastos agrícolas (Gebrehana, et al., 2023).

La economía en el distrito de San Pablo de Pillao es impulsada en su mayoría por la agricultura, específicamente en el cultivo de papas, sin embargo, ocasiona grandes efectos en el sustrato mediante el uso indiscriminado de los plaguicidas y fertilizantes. (Huerta, 2007).

La presente investigación tuvo como prioridad ayudar y ampliar el conocimiento acerca de las diversas estrategias de recuperación para la restauración de suelos, contando con uno de los potenciales que es el vermicompostaje de la Lombriz Roja (*Eisenia foetida*), para convertirse en una de las muchas alternativas que permitirá restaurar los suelos como también su calidad acorde con los niveles establecidos por los estándares normativos.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el efecto remediador de la Lombriz Roja (*Eisenia foetida*) sobre los metales pesados en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo de Pillao 2024?

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

¿Cuáles son las propiedades físicas del suelo antes y después del efecto remediador con la Lombriz Roja (*Eisenia foetida*)?

¿Cuáles son las propiedades químicas del suelo antes y después del efecto remediador con la Lombriz Roja (*Eisenia foetida*)?

¿Cuál es el porcentaje de presencia de metales pesados del suelo antes y después del efecto remediador con la Lombriz Roja (*Eisenia foetida*)?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar cuál es el efecto remediador de la Lombriz Roja (*Eisenia foetida*) sobre los metales pesados en suelos agrícolas a causa de plaguicidas en la Agricultura.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Describir las propiedades físicas del suelo antes y después del efecto remediador con la Lombriz Roja (*Eisenia foetida*).

Describir las propiedades químicas del suelo antes y después del efecto remediador con la Lombriz Roja (*Eisenia foetida*).

Describir el porcentaje de presencia de metales pesados del suelo antes y después del efecto remediador con la Lombriz Roja (*Eisenia foetida*).

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El avance de este estudio es de suma importancia ya que proporcionó base científica sobre la concentración de contaminantes metálicos en el sustrato, por lo tanto, se convierte en una preocupación social debido al uso excesivo de fertilizantes y pesticidas, poniendo así en peligro la salud humana, siendo una problemática actual por lo que la investigación es respuesta a la necesidad de la población de Pillao.

Las características y particularidades de un sustrato polucionado establecerán la alternativa de remediación ambiental que se llevara a

cabo, es decir, los procesos fisicoquímicos que se aplicaran a los metales pesados (Volke y Velasco, 2002).

El proyecto de investigación emergió por la imperiosa necesidad de tratar de reducir la polución del suelo con prácticas agrícolas. Por esta razón es que se presenta a la Lombriz Roja (*Eisenia foetida*) como medida correctora de las tierras agrícolas contaminadas, así como ofrecen soluciones naturales y sostenibles para mejorar la salud del suelo, aumentar el rendimiento y promover el crecimiento robusto de la papa.

A partir de los resultados de este estudio, se pudo verificar que la incorporación de las Lombrices Rojas (*Eisenia foetida*) tiene un resultado favorable en la estructura del sustrato degradado y esto servirá como un antecedente para estudios siguientes que estén relacionados dentro del marco de la línea de investigación establecido

Con los resultados obtenidos, concluyo ofreciendo información básica y una posible alternativa para este tipo de contaminación de suelos agrícolas utilizando lombrices rojas (*Eisenia foetida*), que por conceptos básicos poseen propiedades físicas y químicas que estabilizan el suelo y permiten mantener concentraciones casi constantes que se pueden encontrar de forma natural.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Para la determinación de la concentración inicial y final del análisis del suelo en los tres parámetros fue necesario el uso de un laboratorio, la cual mi casa de estudio no cuenta, en ese sentido se recurren a otras entidades públicas y privadas certificadas.

Alto costo de los análisis de muestras, en ese sentido restringen la cantidad de muestras que se pueden procesar y analizar, lo que puede afectar la representatividad y precisión de los resultados.

El factor climático fue una limitación en el recojo del sustrato para el análisis cero.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

En el avance de este estudio se considerarán diversos juicios que serán los siguientes:

1.6.1. VIABILIDAD AMBIENTAL

El deterioro del sustrato por fertilizantes y plaguicidas no son tratados adecuadamente eso va a conllevar a la contaminación del suelo, la atmosfera y cuerpos de agua; una vez que conocemos el impacto negativo que produce y la conveniente forma de remediación, se logrará dar una alternativa de solución a las diversas dificultades medioambientales

Se utilizará la Lombriz Roja (*Eisenia foetida*) como variable de estudio, debido a su fácil disponibilidad y adaptación al terreno. Los antecedentes demuestran que esta especie es eficaz en la disminución de metales pesados, como el plomo y el cadmio.

1.6.2. VIABILIDAD ECONÓMICA

La labor de la presente investigación se considera factible en el aspecto monetario, para los diversos procesos de análisis, por lo que serán ocupados de manera responsable para realizar la investigación.

1.6.3. VIABILIDAD SOCIAL

Se considera, y se da un valor agregado a las personas quienes merecen un respeto, siempre pensando en no perjudicar su convivencia diaria, haciendo énfasis que serán beneficiarios de manera directa o indirecta del trabajo de investigación.

1.6.4. VIABILIDAD OPERATIVA

La realización de este estudio resulto factible desde el punto de vista operativo debido a que se dispuso de material logístico, llámese transporte, herramientas y sobre todo la labor humana.

1.6.5. VIABILIDAD TÉCNICA

Fue factible contar con el apoyo de consultores del Programa Académico de Ingeniería Ambiental y especialistas en base a la línea de investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTE INTERNACIONAL

Zapata (2019) en su estudio titulado: “Efectos de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*), sobre el crecimiento de microorganismos en suelos contaminados con mercurio de Segovia, Antioquia”, Universidad Militar Nueva Granada - Colombia, tuvo por **objetivo** Analizar el impacto de la lombriz roja californiana en el Crecimiento microbiano en agua contaminada con mercurio en suelos del municipio antioqueño de Segovia, en cuanto a su **metodología**, tomaron cuatro intervenciones en diferentes concentraciones de mercurio y se examinó el desarrollo de microbios con la presencia de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) a través de diferentes cultivos en el laboratorio, cuyo **resultado** evidenció una inmovilización del mercurio y una adaptación de los microorganismos al suelo contaminado., por ello se **concluyó** que existe un aumento significativo en el transcurso del tiempo.

Del Castillo (2023) en sus Tesis titulada: “Estrategias de recuperación de suelos contaminados con metales y metaloides”, Universidad Politécnica de Madrid – Madrid, tuvo por **objetivo** evaluar el desarrollo de microorganismos con la presencia de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*), en cuanto a la **metodología**, se inició con una caracterización, tanto del suelo y su tratamiento, en cuanto a los **resultados**, se determinó que los tratamientos que más incrementaron el pH y la materia orgánica (A, ACP, NPCP y ZCP) fueron los que mostraron mejores resultados en la inmovilización de metales catiónicos (Co, Cu, Ni y Zn), aunque la eficacia fue inferior al 50%. En **conclusión**, el análisis de los efectos de los tratamientos sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo,

la disponibilidad de metales (mediante el ensayo de lixiviación TCLP) y la fitotoxicidad del suelo reveló que en el suelo I los tratamientos A y ACP fueron menos eficaces en la reducción del contenido de aluminio intercambiable, mientras que en el suelo II los tratamientos A y ACP fueron capaces de reducir la cantidad de aluminio intercambiable por debajo del límite de detección.

Ruiz (2022) en su trabajo de investigación Titulada: “Evaluación del efecto de la Aplicación de Biochar en suelos agrícolas basado en la migración de nutrientes”, Universidad Nacional de Colombia – Colombia, el **objetivo** fue determinar el rendimiento y establecer las propiedades del biocarbón que podrían contribuir a las características del suelo, la **metodología** consistió en aplicar el biocarbón a los suelos e integrar los procesos de transporte en un modelo de equilibrio químico en el que intervenían las fases del suelo, las raíces y la liberación de nutrientes, todo ello resuelto mediante diferencias finitas. con el método Godunov que se acopló a Phreeqc, resolviendo así el equilibrio químico, en cuanto a los **resultados**, mostraron un aumento de una unidad en el pH de suelos arenosos, un aumento de entre 24% y 29% en la retención de humedad en todos los tipos de suelo y un de 4% en la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en suelos orgánicos. En **conclusión**, la aplicación de este biochar es una alternativa promisoriosa para el aprovechamiento de residuos agroindustriales y el mejoramiento de suelos.

2.1.2. ANTECEDENTE NACIONAL

Mendieta (2022) en su Tesis titulada: “Remediación de suelo agrícola contaminado con Arsénico aplicando cascara de huevo en la provincia de Canta - Lima”, Universidad Cesar Vallejo, tuvo como **objetivo** principal determinar el nivel de remediación de suelo agrícola afectado por arsénico, utilizando cascara de huevo como tratamiento, en cuanto a su **metodología**, se ejecutó en 3 fases de nueve (9) muestras con tres repeticiones, es decir, 27 muestras con

2000g de suelo agrícola contaminado, con dosis de cascara de huevo de 100 g, 200 g y 300 g, con una granulometría menor igual a 0.355 mm, las cuales se evaluaron en tres periodos de tiempo de 15 días, 30 días y 45 días, los **resultados** obtenidos muestra que el mejor tratamiento fue con dosis de 300 g-45 días con una disminución de la concentración inicial de arsénico de 105 mg/kg a 71,36 mg/kg., equivalente en porcentaje a 61.16%, se **concluyó** que la cascara de huevo si tiene una eficiencia más del 50% en la reducción del arsénico en el distrito de Canta, por consiguiente, a mayor tiempo se lograra un mejor resultado en la reducción de dicho elemento.

Arroyo (2020) en su Tesis titulada: “Métodos de remediación biológica de metales pesados para la remediación de suelos contaminados”, Universidad Cesar Vallejo, tuvo como **objetivo**, Expresar los métodos de remediación biológica de metales pesados que mejoran los suelos contaminados, en cuanto a su **metodología**, el proceso de desarrollo de la técnica de análisis documental implicó una evaluación preliminar de la literatura de palabras clave , cuyos **resultados** afirman que las técnicas empleadas para limpiar suelos contaminados con metales han demostrado tener éxito. Por ello, según las publicaciones revisadas, la fitorremediación alcanzó eficacias del 87%, 70,6%, revisadas% y 59%, mientras que el enfoque de la remediación microbiana demostró eficacias del 100%, 96,8%, 61,0% y 66%. **Concluyendo**, que para lograr resultados positivos, se determinó que la investigación futura debería fomentar el desarrollo de técnicas de remediación biológica como la fitorremediación y la remediación microbiana que combinan plantas.

Huiza (2022) en su tesis Titulada “Remediación de suelos contaminados con metales pesados mediante especies del género Brassica” Universidad Científica del Sur, tuvo por **objetivo** examinar la información existente sobre la capacidad de las especies del género Brassica para la remediación de suelos contaminados con

metales pesados, en la **metodología**, se evaluó un sustituto eficaz para la eliminación y reducción de metales en suelos que es la fitorremediación en la que la protagonista es la planta Brassica, por ello en los **resultados**, se han identificado más de 400 géneros de plantas hiperacumuladoras, con capacidad para concentrar metales hasta 100 veces superiores a las especies no acumuladoras, por ello se **concluye** que con 87 especies distribuidas en 11 géneros, se determinó que la familia Brassicaceae contiene el mayor número de especies categorizadas como plantas hiperacumuladoras de metales.

2.1.3. ANTECEDENTE LOCAL

Fasabi (2023) en su tesis titulada “Efecto de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022”, Universidad de Huánuco, tuvo por **objetivo** evidenciar la influencia de suministrar biochar de fuentes orgánicas como es la cascarilla de arroz en el estado del suelo agrícola degradado, en la **metodología**, se utilizó un predeterminado test que se identificó que el suelo estaba contaminado, los **resultados** destacaron que el carbón activado al 20% produjo evidencia con una composición de 47.67% de arena, 15.33% de arcilla y 37% de limo, mientras que en las particularidades químicas, el pH fue de 7.25, a la vez el biocarbón al 25% produce un 44,33% de arena, un 14,67% de arcilla y un 41% de limo, mientras que las propiedades químicas muestran un pH de 7,38, se **concluye** que el uso de biocarbón para estabilizar suelos contaminados funciona bien y que deben probarse diferentes dosis para obtener resultados óptimos

Paredes (2021). En su tesis titulada “Efecto de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens L.*) y (*Urtica dioica L.*) en la calidad del suelo usado como botadero a cielo abierto, Marabamba, provincia y departamento de Huánuco - 2021”. Universidad de Huánuco tuvo por **objetivo** demostrar los efectos de

la fitorremediación en la calidad del suelo de un vertedero a cielo abierto utilizando dos especies de ortiga (*Urtica urens* L. y *Urtica dioica* L.). En la **metodología**, el planteamiento experimental consistió en cuatro réplicas y dos grupos operativos. Para evaluar el impacto, se analizaron tres contaminantes metálicos: plomo, cadmio y zinc, así como parámetros fisicoquímicos y fisiobiológicos del suelo. Según los **resultados**, el suelo se clasificó como franco arenoso con ortigas y franco con ambos tipos de ortigas, esto tanto en el primer análisis mecánico como en el análisis mecánico final; también hubo una reducción sustancial por la *Urtica urens* L. de 80,5 ppm de Pb y 1,64 ppm de Cd, mientras que *Urtica dioica* L. mostró una reducción significativa de 92,5 ppm de Pb y 1,575 ppm de Cd, por otro lado la *Urtica urens* L. hizo que el potencial de hidrógeno cambiara de (7.39) a moderadamente alcalino (7.9), pero *Urtica dioica* L. hizo que el pH cambiara de 7.38 a 7.8, se **concluye** que, la disminución de metales pesados (Pb y Cd), la promoción de microbios beneficiosos y los indicadores químicos del suelo (pH, MO, P, N y K) se vieron afectados por *Urtica urens* L., mientras que *Urtica dioica* L. tuvo un impacto menor sobre los mismos indicadores.

Pardave, (2023) en su tesis titulada “Eficacia de la biorremediación con crustáceos isópodos (*Porcellio laevis*) para la reducción de metales pesados en suelos contaminados”; en la Universidad de Huánuco tuvo por **objetivo**. la evaluación de la eficiencia de la remediación con crustáceos isópodos para disminuir los rangos de contaminantes metálicos en sustratos polucionados. En la **metodología**, se utilizó un diseño de estudio analítico, basado en la intervención, prospectivo, longitudinal. Como también un pretest y un grupo control que formaron parte de un diseño experimental, en cuanto a la muestra representativa de la población se utilizaron 40 muestras de suelo intervenido de manera negativa por la mina Marca Punta en Cerro de Pasco. Los resultados fue a base de las pruebas estadísticas de comparación múltiple de Tukey

que arrojaron las evidencias más pertinentes, revelando que 15 metales exhibieron diferencias significativas en los tratamientos 1, 2 y 3. De los metales examinados, 14 cumplen con los requisitos para suelos industriales (Antimonio, Bario, Berilio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plata, Selenio, Talio y Vanadio), y nueve cumplen con los requisitos para suelos agrícolas (Bario, Berilio, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plata, Selenio, Talio y Vanadio). Se **concluye** que existe eficiencia para metales con estándares de calidad establecidos, pero también hay metales que muestran una disminución en su concentración en el tratamiento promedio. Sin estándares de calidad establecidos, es imposible evaluar la eficacia de *Porcellio laevis* sobre este tipo de elementos.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. BIOINDICADORES

Los indicadores biológicos se han propuesto como métodos confiables para detectar perturbaciones ambientales causadas por diversos factores estresantes. Debido a la severa degradación ambiental en todo mundo, es necesario encontrar formas de valorar el ecosistema para prevenir el deterioro ambiental, económico y de la salud asociados con dicha problemática. (Gonzales, et al, 2014)

Bioindicadores

Ecured (2019). Manifiesta que las ventajas y desventajas de los bioindicadores son:

Ventajas

- Proporcionar datos de circunstancias pasadas con más raíces.
- Amplio nivel de propagación
- Factible identidad de origen de contaminación
- Potencia para la observación de distintos efectos fisiológicos

Desventajas

- La variación genotípica del tiempo logra turbar el análisis.
- Existe la ocasión que estos han estado desplegado previamente en los componentes.
- Son intervenidos mediante el conducto que habitan. (Ecured, 2019).

Las sustancias minerales son componentes difundidos del suelo que consiste en porciones donde es reducido las piedras, partículas de arcilla y donde no se observa ni con un microscopio ordinario. El elemento mineral que compone el suelo se divide en tres fracciones de tamaño:

- Arenoso: 2 a 0.05 mm
- Limoso: 0.05 a 0.002 mm
- Arcillo: inferior 0.002 mm

Clasificación de los bioindicadores

Según (Gonzales, et al 2014). Detallan las siguientes clasificaciones:

Detectores: organismo que ante presencia de factores estresantes en el ambiente sufren aumento de pérdida, cambios de la acción reproductiva, reducción y sobreabundancia. Los líquenes tienden a menorar en número con la propagación del dióxido de azufre porque destruyen los componentes fúngicos, interrumpiendo así la actividad simbiótica.

Explotadores: organismos que experimentan un crecimiento poblacional explosivo como resultado del enriquecimiento de nutrientes causados por la perturbación ambiental. Por lo tanto, el crecimiento explosivo de algas en aguas eutróficas se debe a los éxitos del gorrión común (*Passer domesticus*) en las ciudades o en las malas hierbas que atraen fácilmente la atención del público y en gran medida de los tomadores de decisiones.

Acumuladores: el organismo que a debido a la resistencia de ciertos contaminantes, pueden acumular en su tejido la concentración que se pueda medida sin sufrir el daño. Por ejemplo, las macroalgas.

Organismo bioindicadores: Los bioindicadores en el sentido más estricto de la palabra proporcionan información cualitativa sobre el bienestar del medio ambiente con la presencia/ausencia o cambios en su representación. Por otro lado, los biomarcadores se definen como cambios morfológicos, genéticos, fisiológicos y de comportamiento asociados con la exposición a componentes que desequilibran el medio ambiente. Aquellos cambios se pueden medir ya que evalúan cuantitativamente el disturbio de la intensidad. Por lo tanto, en cualquier monitoreo ambiental, ambos se deben desarrollar en conjunto, ya que son la principal herramienta de evaluación. (Gonzales, et al 2014).

Anatomía y fisiología de la Lombriz: Los cuerpos de las lombrices suelen estar formados con 143 segmentos y anillos, siendo la primera parte de la cabeza sin ojos, boca y prostomio. Las lombrices de tierra tienen 8 cerdas en cada segmento, que se insertan directamente en la piel cubierta con la cutícula quitinosa, con anillos de 14-15; los genitales están abiertos, donde se puede apreciar los anillos hinchados que corresponde al nombre de clitelo y silla con 33 y 37. Estos segmentos se encuentran separados internamente entre tabique transversal (tabiques), a través de los cuales pasan los tubos. En cuanto al sistema respiratorio: la piel, cuya piel esta ricamente tañida de sangre, mucosidad, que generalmente está cubierto por varias glándulas epidérmicas, para facilitar la respiración, por lo que cuando se expone a la luz solar directa, la lombriz muere se asfixia porque la piel se seca y el sistema circulatorio está cerrado, y la sangre fluye por la vasos, existen básicamente vasos dorsales y ventrales que se conectan entre sí en el tercio anterior y forma pseudo corazones altamente contráctiles (5 pares), su vaso dorsal transporta la sangre desde la

parte posterior del animal hasta el final de frente a través del corazón hacia el vaso central, que fluye a la región posterior (Montes y Ruiz, 2004).

Características externas de la lombriz

Según Mejía, (s.f), los aspectos externos de las lombrices son:

- Son de colores rojos oscuros que no soportan aquella luz solar.
- Pueden vivir hasta 16 años en cautiverio.
- Su peso es de un gramo que alcanza a un tamaño de 6-10 cm
- Respira a través de su piel y es insuficiente
- Su alimentación es de cualquier tipo de desecho orgánico
- El aparato digestivo de la lombriz humedece a pocas horas lo que la naturaleza demora mucho tiempo.
- Arroja el 60% de la M.O. tras el proceso de digestión.
- El suelo que atraviesa a través de la lombriz contiene 5 veces más nitrógeno, 7 veces más potasio, y el doble de magnesio y calcio.
- La lombriz produce 0.0006 kg de humus por día
- Madurez sexual entre el 2 y 3 mes de vida.
- Tiene boca, sin dientes ni mandíbula en el primer anillo es lóbulo carnoso

Características internas de la lombriz

- Tiene sistema digestivo
- Tiene 5 pares de pulmones, 6 par de riñón y 182 conductos excretores.
- Esófago: tiene 6 y 14 anillos y tiene 2 o 3 pares de glándulas calcíferas a cada lado de moren, su función es neutralizar los ácidos orgánicos de carbonato de calcio (los alimentos digeridos se vuelven alcalinos)
- Buche: entre 15 y 16 anillos de órganos, que sirven como almacenamiento de alimento.

- Molleja: entre 17 y 18 anillos de órganos, cuya superficie interna está compuesta por fuertes paredes musculares con los guijarros en ella.
- Tubo digestivo: la acción de realizar a través de enzimas y microorganismos.
- Celoma: una zona de agua corrosiva, que puede irritar el exterior del cuerpo del insecto a través de los poros dorsal.

Alimentación: Para (Montes y Ruiz, 2013). El procesamiento de alimento de desechos orgánico facilita a la lombriz a su morfología, por ello necesitamos alimentarlos con desechos que funcionen bien. Esto significa reducir al máximo la cantidad y nivelar los residuos, si lo combinamos en el compostaje.

Aunque puedan alimentarse de varios tipos de desechos orgánicos, teniendo en cuenta que es importante para la calidad y formación de las lombrices, su alimentación consta en almacenar y mantener el estado de gel para que pueda alimentarse, puesto que no pueden triturarlos; por ello debe monitorearse continuamente después de un periodo de actividad en nuevos alimentos.

Temperatura: Lo adecuado para un desarrollo adecuado de las lombrices es de 20-30°, pero puede vivir entre 0° – 42° (Montez y Ruiz, 2013).

Luz: Según Coronel, (2018), la luz solar o ultravioleta es una de las cosas más peligrosas para los anélidos, porque estos animales son muy sensibles y mueren inmediatamente.

La Lombriz Roja Californiana: Las lombrices rojas se utilizan principalmente en el proceso de lombricultura, que es un organismo biológico de color rojo con una línea central amarilla, de forma cilíndrica con segmentos cuadrados de diferentes tamaños según el alimento, con un peso de hasta 1.4 gramos (Tenecela, 2012).

2.2.2. **BIOLOGÍA Y CLASIFICACIÓN DE LAS LOMBRICES**

Según Ríos, (2010). Manifiesta que la lombriz es un anélido terrestre donde su simetría es bilateral, donde muestran segmentaciones internas y externas. Los gusanos de sustrato son hermafroditas, con gónadas que tienen componentes específicos que se diferencian por grupo taxonómico. Cuando son sexualmente maduros, desarrollan una estructura en la epidermis llamada “clitelo”, que es el sitio de germinación de la semilla o capsula, donde se depositan uno o más huevos, luego esta capsula pasa por la porción anterior y se deposita en el suelo.

Comunidad de las lombrices: Las comunidades de lombrices generalmente consisten de uno a seis grupos, que estará influenciada por el uso del suelo y la biogeografía de las lombrices. Estos organismos constituyen un gran parte de la biomasa animal en el suelo en varios ecosistemas, en zonas templadas y tropicales, estas no se encuentran en bosques con suelo muy ácidos y basura de mala calidad. (Rios, 2010).

Usos de las lombrices: la lombriz tiene importante papel en el ambiente, ya que también es utilizado vivo para la pesca deportiva y recreativa, por otro lado, se transforman en residuos que se desechan en vertedero de abonos para la fertilizar la tierra donde son valorizados para tratamientos de los suelos. (Rios, 2010).

Estructura de la lombriz: su cabeza es bien definida, pero tiene una boca de un lado y un ano del otro, sin embargo, puede moverse en ambas direcciones sin muchos problemas.

Su sistema muscular consta de músculos externos, circulares o transversales donde rodean todo el cuerpo a una serie interna de músculos distales donde actúan las cerdas.

Su sistema circulatorio consta del vaso sanguíneo dorsal que proviene al menos 4 vasos sanguíneos abdominales, se extienden al largo de todo su cuerpo donde están interconectados por

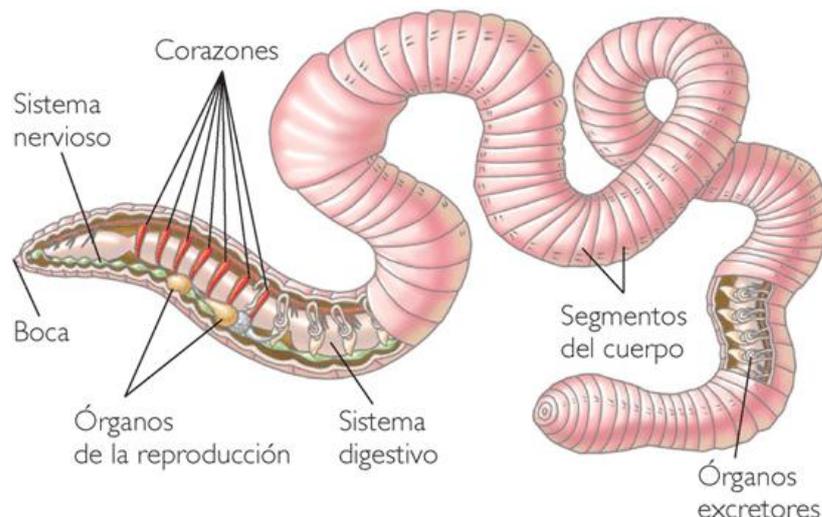
intervalos regulares a una serie, de vasos transversales. La vena dorsal tiene válvulas que tienen corazón. Sin embargo, su bombeo de sangre es principalmente de la actividad muscular. (Juarez, 2010).

Según Juárez, (2010), su sistema nervioso central consta de ganglios faríngeos, comúnmente llamado cerebro, cordón ventral donde se extiende bajo el tubo digestivo. La lombriz crece de otros sentidos además del tacto, por el cual el organismo primitivo tiene 3 elementos básicos en el sistema nervioso: conductores, receptores y efectores, precisamente en el desarrollo sobre la cadena nervioso de las lombrices, los conductores se organizan en caminos ascendentes y descendentes. El sistema nervioso tiene 3 tipos de neuronas especializadas.

El aparato digestivo consta de faringe muscular, esófago delgado, una pieza o recipiente de pared delgada par alimentos, una molleja muscular que se utiliza para moler la tierra que se dirige al intestino largo y recto.

Figura 1

Estructura de la Lombriz de tierra



Nota. Las lombrices suelen medir de 9 cm a 30, pero pueden crecer más, son de la familia de anélidos aligóquetos del orden heplotaxida

Las lombrices de tierra son utilizadas para la biorremediación de suelos degradados por contaminantes metálicos como el Pb y el Cd. La lombriz Roja (*Eisenia foetida*) fueron preparadas para la

eliminación de Pb y Cd, donde el plomo y el cadmio generalmente son absorbidos por el tracto intestinal de las lombrices de tierra. Concentrándose principalmente en el intestino medio y posterior.

El moco secretado por las lombrices promueve la mineralización de compuestos orgánicos activando microorganismos degradantes.

La lombriz posee una cavidad bucal en la parte frontal del cuerpo. A medida que excava en el suelo, captura y extrae nutrientes del suelo, que son producidos por materia orgánica como hojas o raíces. Las lombrices de tierra son esenciales para la salud del suelo porque llevan nutrientes y minerales a la superficie de la tierra mediante sus excrementos, y los túneles que excavan permiten la circulación de oxígeno en el sustrato.

Rol en el ecosistema: La lombriz tiene un papel importante en el ambiente húmedo, que se considera especies claves según, (Juárez, 2010).

- Establece el zoo masa (biomasa animal) de los suelos
- Colabora sobre la formación de los suelos
- Participa firma el ciclo del carbono y del nitrógeno (N)
- Promueve sobre la actividad microbiana.
- Es importante para las cadenas tróficas, teniendo como base la alimentación de aves y mamíferos.

2.2.3. LOMBRIZ EISENIA CALIFORNIANA

A la lombriz Eisenia Californiana se le conoce también como lombriz foetida o lombriz roja de genero Fisenia, perteneciente aquella familia Lombricida del orden de heplotaxidos, pertenecientes a la subclase de los oligoquetos. En los EE. UU de América fue donde que descubrieron las características para el ecosistema y fueron ahí en el que se ejecutaron los primeros criaderos, (Juárez, 2010).

Gardiner, (1978), detalla la clasificación sistemática de la lombriz.

ÁMBITO: Animal

FILO: Anélida

CARÁCTER: Oligoqueto

CLASE: Opisthoro

RAZA: Lombricidae

TIPO: Eisenia

Según, Ramírez, (2013), manifiesta que los lumbrídeos pertenece a la Phylum Annelida; es decir es un animal que su cuerpo está formado por series de círculos superpuestos, llamados metaneras, ambos tienen la misma anatomía y organización que los órganos se repiten regularmente. La agricultura representa entre el 20% y el 50% de la masa de tierra cultivable en Europa, según la ubicación se distinguen tres grupos: oligohúmicos que sustentan el suelo en materia orgánica, que suele encontrarse en la capa más profunda del suelo, meso húmica que se encuentra en tonos relativamente ricos, precisamente en la capa superficial y polyhúmica que es filamentosa, compuesta de pequeños gusanos y se encuentran en abundancia cerca de la superficie o en las raíces.

2.2.4. CONTAMINACIÓN DE SUELOS

La existencia de una determinada cantidad de partículas, materiales, sustancias químicas sólidas o líquidas contaminantes que degradan la superficie terrestre haciendo que pierda una o más de sus funciones se conoce como contaminación del suelo. Cuando están presentes materiales químicos o sintéticos, o cuando se altera de alguna manera el hábitat natural del suelo, se considera que el suelo está contaminado.

2.2.5. CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN

El suelo es influenciado de manera negativa por actividades antropogénicas y también por variaciones que se ejecutan de manera natural en el medio ambiente. En otros términos, el sustrato es alterado por la agricultura, industrias, una sobrepoblación; todo esto mediante el uso indiscriminado de pesticidas, movilización de sustancias producto de los desechos que forman parte de los vertederos, un proceso en el que un líquido pasa a través de un material poroso (percolación); en este caso de aguas que se encuentran en la superficie terrestre e incluso de la salida en chimeneas de micropartículas que se quedan en el suelo después de estar situadas en la atmósfera.

2.2.6. FUENTES Y TIPOS DE CONTAMINANTES

Las repercusiones están determinadas por los tipos de contaminantes y sus fuentes; a veces se descubren en un corto plazo debido a una contaminación particular con una sustancia venenosa, y otras veces no se detectan de inmediato, pero tienen efectos desastrosos a largo plazo. El origen de la contaminación del suelo puede dividirse en dos categorías: antropogénica (resultante de la actividad humana en cualquiera de sus actividades, incluidas las agrícolas, industriales y cívicas) y natural (erupciones volcánicas, incendios naturales, deposiciones y resultados de procesos químicos y/o biológicos).

Los contaminantes pueden ser tanto inorgánicos como orgánicos, y su toxicidad puede ser primaria si proviene de la fuente original, o secundaria si resulta de alguna transformación dentro del suelo.

La llamada contaminación de forma natural o autóctona de tipo inorgánico ocurre debido a la falta de equilibrio generado cuando se acumula un elemento no orgánico en el suelo en concentraciones perjudiciales para los organismos vivos. Un ejemplo de esto es que, como resultado de las lluvias ácidas sobre sustratos con elevadas

concentraciones de gibsita, se moviliza el Al^{3+} que origina efectos tóxicos sobre plantas, aguas y animales también; en suelos desarrollados próximos a zonas ricas en piritas, puede suceder un efecto parecido. La oxidación del sulfuro de hierro puede producir una acidificación del medio que favorece la movilización de metales. No obstante, las situaciones más graves son las que se derivan de la contaminación debida a la actividad humana.

2.2.7. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO

Desde la pérdida de recursos naturales y financieros hasta amenazas nocivas para la salud humana, los suelos contaminados pueden tener una amplia gama de consecuencias. Los principales peligros del suelo contaminado son:

Riesgos toxicológicos por inhalación para la salud humana incluyen problemas respiratorios y alérgicos.

Polución de aguas superficiales y subterráneas y, por lo tanto, también de los cultivos y animales de granja por utilización de dichas aguas para riego y en las granjas.

Volatilización de determinados compuestos, con la consiguiente contaminación atmosférica y riesgo para la salud.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

2.3.1. METALES PESADOS

Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que reciben esta designación debido a diversos criterios. De los 118 elementos conocidos por el hombre, 84 son metales, de estos últimos solamente 40 elementos son metales pesados. Uno de los criterios de clasificación es la densidad, aquellos metales de densidad, mayor o igual a 4 g/cm^3 son considerados pesados, sin embargo, este valor mínimo varía desde 4,5 hasta 5 g/cm^3 . Otros factores utilizados son el número atómico y el peso atómico, con valores que van desde 63.55 (Cu) y 200.59 (Hg).

Las especies tienen un umbral diferente de concentraciones de metales que pueden considerarse nocivos. El elemento puede ser peligroso para algunas especies, pero necesario en bajas concentraciones para otras. En consecuencia, la actividad tóxica de los contaminantes está influenciada tanto por su accesibilidad al organismo como por la secuencia de procesos fisiológicos y bioquímicos que provocan, que finalmente se manifiestan como síntomas de intoxicación. (Brad y Weil, 2002).

2.3.2. TOXICIDAD DE METALES PESADOS

La toxicidad de los metales pesados en un ambiente determinado depende de diversos factores, ya sean referidos netamente al metal como factores que relacionan con el medio y la influencia de este sobre los metales pesados. Los factores que evalúan la toxicidad de los metales según las influencias del medio son llamados factores fisicoquímicos. Estos tienen un efecto conjunto con los factores previamente mencionados sobre el grado de toxicidad y en este caso específicamente sobre la incorporación de los metales pesados a los medios acuáticos (Ernest., 2003).

- El **pH** afecta a la especiación química y a la movilidad de muchos metales pesados, además de jugar un papel importante en las interacciones con parámetros como la dureza del agua y compuestos orgánicos (Sinhg., 2003).
- El **potencial redox** de un ambiente, dado, influye sobre los fenómenos de especiación metálica. Los sedimentos están sometidos a unas condiciones redox determinadas, que pueden afectar el estado de los metales, así, pueden producir su precipitación.
- Los **iones Inorgánicos**, tanto aniones como cationes, pueden tener superficies con cargas negativas, estos pueden ser compensados por cationes absorbidos, los cuales pueden ser reemplazados por otros cationes presentes en el ecosistema. De este modo, los metales pesados pueden ser eliminados de la

mezcla, teniendo en cuenta que solo de forma temporal. Esto refleja su bioasimilación y su toxicidad. (Mc Grath., 2001).

- La **Temperatura** afecta la solubilidad y la disposición de estado orgánico en los organismos del sistema acuático, lo que determinara la respuesta frente al toxico.

El comportamiento y la acción toxica de los metales pesados está determinada por su accesibilidad al medio en cuestión, como por la serie de reacciones bioquímicas y fisiológicas que provocan y que en última instancia se manifiestan como signos y síntomas de intoxicación (Volke., 2002).

2.3.3. EFECTOS DE LOS METALES PESADOS EN EL SUELO

Cuando la concentración de contaminantes metálicos en el sustrato supera los límites máximos permitidos, genera resultados expeditos como: la inhibición del crecimiento y desarrollo normales de las plantas, alteraciones en el funcionamiento de otros elementos del ambiente, y la reducción de las poblaciones de microbios del suelo (Cunningham, 1995).

Los metales pueden estar presentes en el suelo en forma de complejos metálicos solubles, incluidos hidróxidos, complejos metálicos carbonatos, incluidos hidróxidos, carbonatos y óxidos, así como iones libres y óxidos, así como iones libres. Su impacto directo sobre los organismos vivos ocurre a través del bloqueo de las actividades biológicas, es decir, la inactivación enzimática por la formación de enlaces entre el metal y los grupos-SH (sulfhídricos) de las proteínas, las cuales causan daños irreversibles en los diferentes organismos (Ángeles., 2005).

- El **pH** es un factor crucial, puesto que en su totalidad de los contaminantes metálicos son más permutables con un pH acido, menos el S, Mo, Se y Cr, que tienden a estar más disponibles en condiciones alcalinas. Esta variable es clave para determinar el dinamismo de cationes, ya que, en suelos con pH

prudentemente alto, los metales tienden a precipitarse como hidróxidos. En suelos muy alcalinos, estos metales pueden volver a disolverse como hidroxicomplejos. La adsorción de metales pesados fuertemente influenciada por el pH del suelo, lo que también afecta la biodisponibilidad de sus compuestos (Deng., 2004).

- La **materia orgánica** tiene la capacidad de retener ciertos metales, como el Cu, en formas que no son accesibles para las plantas. Por esta razón, algunas plantas que crecen en suelos con alto contenido de materia orgánica pueden mostrar deficiencia de metales como el Cu, Pb y Zn. Sin embargo, esto no indica que los suelos no estén contaminados, ya que la cantidad de poblaciones microbianas disminuye considerablemente.
- La **textura** del suelo influye en la penetración y absorción de la contaminación por componentes metálicos. Como, la arcilla tiene de a retener los metales, manteniéndolos atrapados en sus sitios de intercambio. En cambio, los suelos arenosos tienen una baja capacidad para fijar metales, los cuales se desplazan rápidamente hacia las capas más profundas y pueden polucionar los acuíferos. (Rugh., 1996).

2.3.4. MOVILIZACIÓN DE METALES PESADOS EN EL SUELO

La contaminación del suelo por metales está asociada principalmente a una variedad de actividades humanas. Estos tienen la capacidad de moverse en la solución del suelo a través de diversos procesos biológicos y químicos, pero también pueden quedar estancados una vez. (Angelova., 2004).

En términos de su disponibilidad y potencial de los elementos traza para filtrarse desde los perfiles del suelo hacia las aguas subterráneas y la movilidad relativa de los oligoelementos es

crucial. Esta movilidad varía dependiendo de si los elementos son antropogénicos o naturales. (Xiong., 1997).

Las siguientes variables afectan la forma en que se absorben los metales pesados:

El suelo: pH, potencial redox, composición iónica de la solución del suelo, capacidad de intercambio, materia orgánica, carbonatos y textura.

Tipo de contaminación: origen del metal, tipo de deposición y factores ambientales como la temperatura, la humedad, fluctuaciones, cambios de estado redox y acidificación. (Lombi., 2001).

Los contaminantes metálicos añadidos al sustrato pueden optar diferentes rutas: quedan suspendidos en el sustrato, bien por encontrarse disueltos en la fase acuosa, aprovechando los sitios de intercambio o precisamente absorbidos sobre componentes inorgánicos del suelo, relacionados con M.O. y/o sedimentados como puros o mixtos, pueden ser asimilados por las plantas y así formar parte de las cadenas tróficas, se desplazan a la atmosfera por el proceso de volatilización y se transportan a las aguas que se encuentran en la superficie o también subterráneas. (Christie., 2004).

Para esclarecer la conducta de los contaminantes metálicos en los sustratos y poder prevenir una toxicidad potencial se amerita el análisis de: si se encuentran disponibles y el movimiento de estos. No solo depende de la concentración de los contaminantes metálicos para saber el nivel de toxicidad, sino también de su movimiento y reactividad con otros componentes del medio ambiente.

2.3.5. MECANISMOS EN LA RETENCIÓN DE METALES

El sustrato posee diferentes mecanismos de retención de contaminantes metálicos (Alloway, 1995):

- **Acidificación** Producto de la corrosión de sulfuros minerales y abonos de NH_4^+ por la fijación biológica de N, precipitación acida de la atmosfera (SO_x y NO_x) sobre los sustratos, degradación de M.O., desgaste de bases por lixiviación y vertidos de componentes ácidos contaminantes.
- **Cambios en las condiciones redox** Estados oxidantes pueden causar la corrosión y disolución de sulfuros insolubles. A la inversa, estados de reducción pueden guiar a la disolución de óxidos y a la liberación de sus elementos traza sedimentados en la mezcla. Los sulfuros de oligoelementos solubles también sedimentan en condiciones de reducción extremadamente fuertes.
- **Complejo de especies con ligandos orgánicos.** Los ligandos son constituyentes químicos que se mezclan con los metales en un complejo químico (Novotny, 1995).
- **Cambios en la composición iónica de la solución del suelo** Pueden tener un notable efecto en la adsorción de elementos traza y su consenso en complejos inorgánicos solubles y no solubles.

Al transportarse los contaminantes metálicos pueden sufrir distintos procedimientos de emigración en forma soluble o lavado y en forma de partículas:

- Lavado ascendente, forman en su mayoría sales que se encuentran hidratadas.
- Lavado descendente, el metal pesado de la superficie terrestre puede disiparse, alcanzando la capa freática, si existe, y llegar a las aguas que se encuentran en el subterráneo.
- Lavado lateral desde zonas topográficamente más elevadas hacia zonas topográficamente más bajas
- Arrastre disuelto por las aguas de escorrentía, por la superficie terrestre
- Arrastre particulado se produce desde zonas topográficamente más altas hacia zonas más bajas.

2.4. HIPÓTESIS.

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Hi: La Lombriz Roja (*Eiseania foetida*) tiene efecto remediador sobre los metales pesados en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo de Pillao 2024.

Ho: La Lombriz Roja (*Eiseania foetida*) no tiene efecto remediador sobre los metales pesados en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo de Pillao 2024.

2.4.2. HIPÓTESIS SECUNDARIA

Hi: Las propiedades físicas del suelo varían después del efecto remediador de la Lombriz Roja (*Eiseania foetida*).

Ho: Las propiedades físicas del suelo no varían después del efecto remediador de la Lombriz Roja (*Eiseania foetida*).

Hi: Las propiedades químicas del suelo varían después del efecto remediador de la Lombriz Roja (*Eiseania foetida*).

Ho: Las propiedades químicas del suelo no varían después del efecto remediador de la Lombriz Roja (*Eiseania foetida*).

Hi: Los metales pesados reducen significativamente del suelo después del efecto remediador de la Lombriz Roja (*Eiseania foetida*).

Ho: Los metales pesados no reducen significativamente del suelo después del efecto remediador de la Lombriz Roja (*Eiseania foetida*).

2.5. VARIABLES.

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE.

Metales pesados en el suelo agrícola.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE.

Efecto remediador de la Lombriz Roja (*Eisenia foetida*)

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Título: “Efecto remediador de la Lombriz Roja (*Eisenia foetida*) sobre los metales pesados en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo de Pillao -Huánuco 2024”.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE
Variable Independiente Efecto remediador de la Lombriz Roja	Aprovecha su capacidad para absorber y acumular contaminantes presentes en el sustrato como son los metales pesados y radiactivos. Técnica que nos permite la restauración en un porcentaje del sustrato.	Bioindicador que se utiliza para remediar suelos contaminados por metales pesados por su capacidad biorremediador.	Lombriz Roja (<i>Eisenia foetida</i>)	Cantidad de Lombriz Roja Tamaño de la Lombriz	Numérica Discreta
Variable Dependiente metales pesados en el suelo agrícola.	Condición inadecuada del sustrato por concentración de metales pesados, que intervienen de manera negativa para el desarrollo de cultivos.	Para las mediciones se hará uso de equipos como Peachímetro, espectrofotómetro antes y después de la intervención mediante la remediación.	Parámetros Físicos Propiedades Químicas Metales Pesados	Textura Nitrógeno pH Cadmio Zinc Plomo	Numérica Continua

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

El vigente estudio tuvo como clasificación: Experimental acorde la participación del investigador, es **prospectivos** porque se encontró diversos variables y mediciones, en cuanto a la cantidad de variables de variables de estudio fue **longitudinal**, porque la variable de estudio se midió varias veces, desde un punto de vista es de tipo **analítico**, ya que posee dos variables independiente y dependiente. (Supo y Zacarías, 2020).

3.1.1. ENFOQUE

El método de investigación es de tipo cuantitativo, porque se planteó una pregunta clara y específica a partir de la cual se recopilaron y analizaron datos mediante un proceso estadístico para identificar patrones de comportamiento, además se analizó objetivamente la realidad utilizando procesos secuenciales y deductivos para lograr resultados con precisión (Supo, 2014).

3.1.2. ALCANCE

Según Supo (2014), tendrá un nivel aplicativo porque se trata de mejorar directamente las condiciones de la población en estudio.

3.1.3. DISEÑO

El diseño del trabajo de investigación será de tipo experimental, ya que se manipulará la variable independiente (V.I), efecto y se calculará la respuesta de la variable dependiente (V.D), concentración de suelo contaminado

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población de estudio será de 500 m² de área de suelo, cuyas características fueron de un suelo degradado.

3.2.2. MUESTRAS

Para trabajar el volumen de la muestra se considerará 50 m² de suelo agrícola en estado de contaminación será distribuirá en un terreno con 100 kg, estarán destinados al estudio del efecto de la Lombriz Roja (*Eisenia foetida*) sobre la calidad del suelo. A la vez se envió a laboratorio un análisis cero, como también el resultado tuvo la duración de 45 días, fraccionando el tres partes iguales en ese sentido el primer análisis fue enviado a los 15 días, el segundo a los 30 días y finalmente a los 45 días analizando los parámetros físicos, químicos y metales pesados.

GE₁: O₁ -----→X-----→O₂

GE₂: O₁ -----→X-----→O₂

GE₃: O₁ -----→X-----→O₂

El presente diagrama describe la siguiente leyenda:

- O₁: Observación Inicial.
- X: Aplicación de la Lombriz Roja (*Eisenia foetida*).
- O₂: Observación Final.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Se uso la Guía de muestreo de suelos Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAN y el D:S. N° 002-2013-MINAN

Muestreo de Comprobantes de la Remediación (MC)

De acuerdo con su guía, el objetivo era demostrar que las medidas de remediación tomadas en un suelo contaminado produjeron concentraciones que fueron estadísticamente significativamente mínimos o similares a los valores especificados en el ECA del sustrato o los rangos de recuperación particulares determinados con base en el Estudio de Evaluación de Riesgos a la Salud y al Ambiente (ERSA).

Para áreas de contaminación de forma regular menores a 1000m²

Se utilizó un diseño para recolectar muestras de una región contaminada; había cinco sitios y cinco muestras en total: cuatro en cada lado del cuadrado y una en el medio.

Para muestras superficiales

La fosa o calicata tendrá 30 cm de profundidad y se realizará a mano porque es una forma rápida, sencilla y económica. Para obtener las muestras compuestas se utilizarán varios pozos de prueba; a pesar de que este procedimiento sólo requiere una pequeña cantidad de tierra, se utilizará para obtener las muestras compuestas. Las muestras se recogerán mediante el método de cuarteo.

Manejo de muestras

Empezando de la recolección de los ejemplares y entrega a la entidad laboratorista, se tiene que tener en cuenta pautas para preservar sus particularidades. Es fundamental desempeñar los protocolos establecidos por la entidad del laboratorio para asegurar su integridad.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el proceso y estudio de la información se utilizó el software IBM SPSS software, versión 24, que resultó de gran ventaja para la exploración analítica de datos mediante métricas de síntesis como dispersión y tendencia central.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Tabla 1

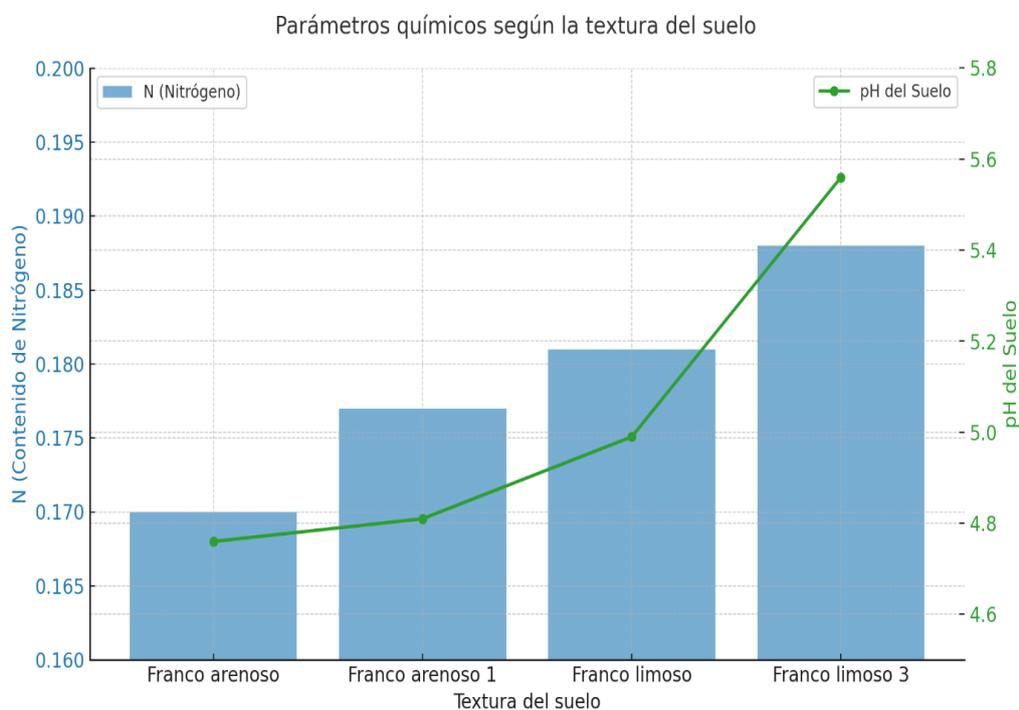
Descripción de los parámetros químicos (N - pH) como efecto remediador de la lombriz roja (Eisenia foetida) según textura en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024

Textura	N			pH		
	X	Var	SD	X	Var	SD
Franco arenoso	0,170	.	.	4,76	.	.
Franco arenoso 1	0,177	0,000	0,002	4,81	0,00	0,01
Franco limoso	0,181	0,000	0,003	4,99	0,00	0,04
Franco limoso 3	0,188	0,000	0,004	5,56	0,01	0,09

Nota. En la tabla 1 se evidencia que el tratamiento con *Eisenia foetida* mejora las propiedades químicas del suelo, mostrando un incremento en el contenido de nitrógeno (N) desde 0.170 en el suelo franco arenoso hasta 0.188 en el franco limoso 3, lo que sugiere que las texturas más finas retienen mejor los nutrientes debido a la mejora en la estructura del suelo generada por la actividad de las lombrices. Asimismo, el pH mostró un aumento desde 4.76 (franco arenoso) hasta 5.56 (franco limoso 3), indicando una neutralización progresiva de la acidez, con mayor impacto en suelos de textura fina. Estos resultados reflejan que la actividad biológica de *Eisenia foetida* promueve la descomposición de materia orgánica y el equilibrio químico del suelo, optimizando su uso agrícola. La baja varianza y desviación estándar (Var y SD) confirman la consistencia de los datos, destacando la efectividad del tratamiento especialmente en suelos franco limosos

Figura 2

Descripción de los parámetros químicos (N - pH) como efecto remediador de la lombriz roja (Eisenia foetida) según textura en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024



Nota. De acuerdo al gráfico 2 se muestra la relación entre los parámetros químicos del suelo (contenido de nitrógeno y pH) y la textura del suelo tras el tratamiento con *Eisenia foetida*. Las barras azules representan el contenido promedio de nitrógeno (N), que aumenta de 0.170 en suelos franco arenosos a 0.188 en suelos franco limosos, indicando una mejora en la retención de nutrientes. La línea verde muestra el pH, que incrementa de 4.76 a 5.56, reflejando una neutralización de la acidez, especialmente en texturas más finas. Ambos resultados destacan el efecto remediador de la lombriz roja, con mayor impacto en suelos franco limosos.

Tabla 2

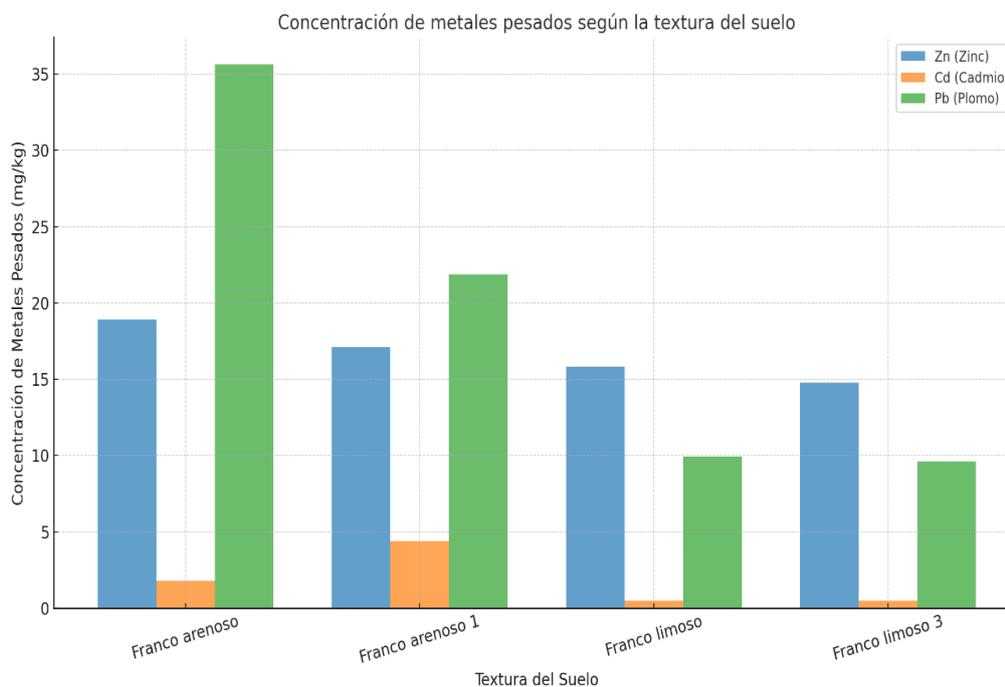
Descripción de los metales pesados (Zn, Cd y Pb) como efecto remediador de la lombriz roja (Eisenia foetida) según textura en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024

Textura	Zn			Cd			Pb		
	X	Var	SD	X	Var	SD	X	Var	SD
Franco arenoso	18,915	.	.	1,794	.	.	35,622	.	.
Franco arenoso 1	17,135	1,251	1,119	4,386	24,428	4,942	21,875	246,198	15,691
Franco limoso	15,836	0,500	0,707	0,503	0,002	0,044	9,955	0,008	0,092
Franco limoso 3	14,780	0,596	0,772	0,482	0,002	0,045	9,622	0,057	0,238

Nota. En la Tabla 2 se evidencia que el tratamiento con *Eisenia foetida* reduce significativamente la concentración de metales pesados (Zn, Cd, Pb) en suelos agrícolas, con mayor eficacia en texturas más finas. El zinc (Zn) disminuye de 18.915 en suelos franco arenosos a 14.780 en suelos franco limosos 3, reflejando una mejora constante. El cadmio (Cd) muestra fluctuaciones, pero alcanza valores mínimos de 0.503 y 0.482 en texturas franco limosas, lo que sugiere que estas texturas favorecen la interacción con la materia orgánica. Por último, el plomo (Pb) registra una reducción drástica, de 35.622 en suelos franco arenosos a 9.622 en franco limoso 3, destacando la alta eficacia de las lombrices en la remoción de este metal. La baja variabilidad de los datos en texturas más finas refuerza la consistencia y efectividad del tratamiento, posicionando a *Eisenia foetida* como un agente remediador clave en suelos contaminados con metales pesados.

Figura 3

Descripción de los metales pesados (Zn, Cd y Pb) como efecto remediador de la lombriz roja (Eisenia foetida) según textura en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024



Nota. De acuerdo al grafico 3 se muestra la disminución de los metales pesados (Zn, Cd, Pb) en función de la textura del suelo tras el tratamiento con *Eisenia foetida*. Las barras indican una reducción progresiva en zinc (Zn) y plomo (Pb), siendo más pronunciada en suelos de textura fina (franco limoso y franco limoso 3). El cadmio (Cd) presenta fluctuaciones, pero alcanza los valores más bajos en texturas franco limosas. Estos resultados destacan la eficacia del tratamiento, especialmente en suelos con mayor capacidad de retención.

Tabla 3

Descripción de los parámetros químicos (N – Ph) como efecto remediador de la lombriz Roja (Eisenia foetida) según sustratos en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024

		N	pH
Sustrato/pre	1KG sustrato	0,170	4,76
Sustrato/lombrices	50 kg suelo/ 100 lombrices	0,178	4,81
15 días	40 kg suelo/ 80 lombrices	0,175	4,80
Sustrato/lombrices	50 kg suelo/ 63 lombrices	0,183	5,02
30 días	40 kg suelo/ 49 lombrices	0,179	4,96
Sustrato/lombrices	50 kg suelo/ 67 lombrices	0,191	5,63
45 días	40 kg suelo/ 51 lombrices	0,185	5,50

Nota. En la tabla 3 se evidencia que el contenido de nitrógeno (N) y el (pH) del suelo mejoran de manera progresiva conforme se optimizan las proporciones de sustrato y lombrices. El nitrógeno incrementa desde 0.170 en 1 kg de sustrato puro hasta 0.191 en 50 kg de suelo con 67 lombrices, lo que indica que mayores cantidades de lombrices en proporción al suelo potencian la fijación de nutrientes. De manera similar, el pH sube de 4.76 a 5.63 en las mismas condiciones, evidenciando una neutralización más efectiva de la acidez del suelo. Las combinaciones con más lombrices por unidad de sustrato, como 50 kg de suelo con 67 lombrices, generan mayores beneficios, confirmando que *Eisenia foetida* mejora significativamente la calidad química del suelo, adaptándose a diferentes sustratos y proporciones.

Figura 4

Descripción de los parámetros químicos (N - pH) como efecto remediador de la lombriz roja (Eisenia foetida) según sustratos en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024



Nota. De acuerdo al gráfico 04 se muestra los parámetros químicos del suelo (N y pH) según diferentes combinaciones de sustrato y cantidad de lombrices. Las barras representan el contenido de nitrógeno (N), con valores que aumentan progresivamente en las configuraciones con mayor cantidad de lombrices, alcanzando el máximo con 50 kg de sustrato y 67 lombrices. La línea superpuesta ilustra el pH del suelo, que también mejora, reflejando una reducción en la acidez. Estos resultados destacan la efectividad de *Eisenia foetida* en la mejora de la calidad química del suelo bajo distintas condiciones.

Tabla 4

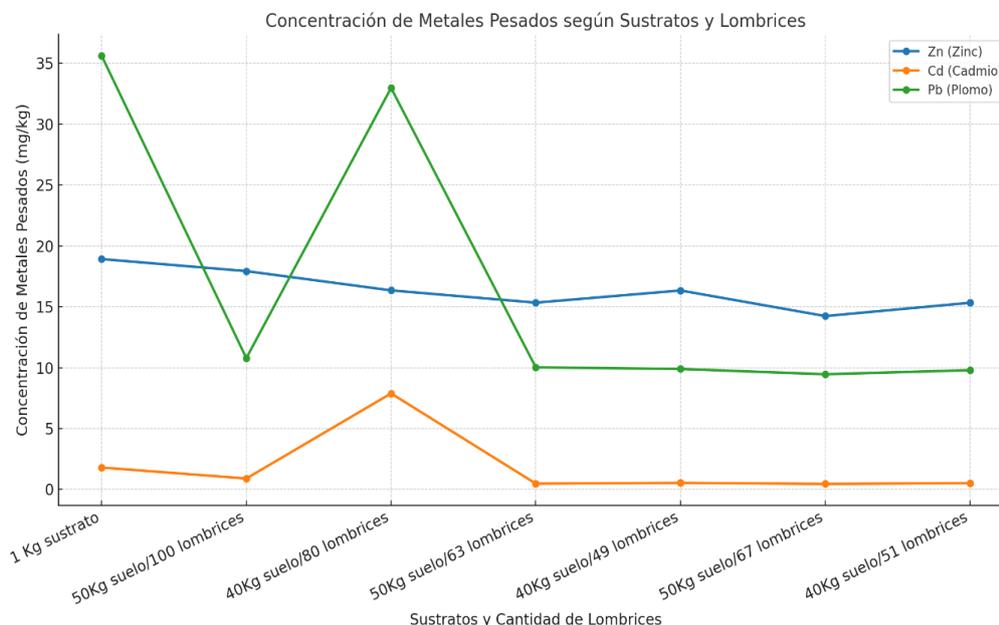
Descripción de los metales pesados (Zn, Cd y Pb) como efecto remediador de la lombriz roja (Eisenia foetida) según sustratos en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024

		Zn	Cd	Pb
Sustrato/pre	1 kg sustrato	18,915	1,794	35,622
Sustrato/lombrices 15	50 kg suelo/ 100 lombrices	17,926	0,892	10,780
días	40 kg suelo/ 80 lombrices	16,344	7,881	32,970
Sustrato/lombrices 30	50 kg suelo/ 63 lombrices	15,336	0,472	10,020
días	40 kg suelo/ 49 lombrices	16,336	0,534	9,890
Sustrato/lombrices 45	50 kg suelo/ 67 lombrices	14,234	0,451	9,453
días	40 kg suelo/ 51 lombrices	15,326	0,514	9,790

Nota. Se muestra en la Tabla 4 la reducción de metales pesados (Zn, Cd, Pb) en el suelo según diferentes combinaciones de sustrato y lombrices tratadas con *Eisenia foetida*. Los valores de zinc (Zn) disminuyen de 18.915 en 1 kg de sustrato a 14.234 con 50 kg de suelo y 67 lombrices, reflejando una remediación más efectiva con mayor densidad de lombrices. El cadmio (Cd) muestra una notable reducción, pasando de 1.794 en el sustrato puro a 0.451 en las mismas condiciones optimizadas. De manera similar, el plomo (Pb) presenta una disminución drástica, de 35.622 a 9.453, evidenciando una alta capacidad de las lombrices para reducir su concentración. Estas observaciones confirman que la combinación de mayor proporción de lombrices y sustrato optimiza la remediación de metales pesados en el suelo.

Figura 5

Descripción de los metales pesados (Cd, Pb y Zn) como efecto remediador de la lombriz roja (Eisenia foetida) según sustratos en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024



Nota. De acuerdo al gráfico 5 se muestra la disminución de los metales pesados (Zn, Cd, Pb) en función de las distintas combinaciones de sustratos y cantidades de lombrices tratadas con *Eisenia foetida*. Se observa que Zinc (Zn) Presenta una reducción progresiva, alcanzando su concentración más baja con 50 kg de suelo y 67 lombrices, Cadmio (Cd) Muestra una notable disminución, logrando valores mínimos con mayor densidad de lombrices en los sustratos, Plomo (Pb): También disminuye significativamente, evidenciando una remediación eficiente bajo las mismas condiciones.

Tabla 5

Descripción de los parámetros químicos (N- pH) como efecto remediador de la lombriz roja (Eisenia foetida) según días de monitoreo en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024

		N		pH	
		Media	Varianza	Media	Varianza
Días de monitoreo	Monitoreo 0	0,170	.	4,76	.
	Monitoreo 15 días	0,177	0,000	4,81	0,00
	Monitoreo 30 días	0,181	0,000	4,99	0,00
	Monitoreo 45 días	0,188	0,000	5,56	0,01

Nota. En la Tabla 05 se muestra la evolución de los parámetros químicos en suelos agrícolas tratados con *Eisenia foetida* como agente biorremediador ante la

contaminación por plaguicidas en San Pablo de Pillao - Huánuco. Se observa un incremento progresivo en el contenido de nitrógeno, pasando de 0,170 en el día 0 a 0,188 en el día 45, lo que indica una mejora en la disponibilidad de este nutriente, probablemente debido a la actividad de las lombrices en la descomposición de materia orgánica. Asimismo, el pH del suelo aumentó de 4,76 a 5,56 en el mismo período, sugiriendo una reducción en la acidez del suelo, posiblemente por la producción de compuestos alcalinizantes derivados de la actividad biológica de las lombrices. La baja varianza en los valores de nitrógeno y pH refuerza la estabilidad de los datos, destacando la efectividad de *Eisenia foetida* en la mejora de la calidad química del suelo. Estos resultados sugieren que la lombriz roja californiana contribuye significativamente a la recuperación de suelos degradados por agroquímicos, favoreciendo su fertilidad y sostenibilidad para el cultivo agrícola.

Tabla 6

Descripción de los metales pesados (Zn, Cd y Pb) como efecto remediador de la lombriz roja (Eisenia foetida) según días de monitoreo en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024

Días de monitoreo	Zn		Cd		Pb	
	Media	Varianza	Media	Varianza	Media	Varianza
Monitoreo 0	18,915	.	1,794	.	35,622	.
Monitoreo 15 días	17,135	1,251	4,386	24,428	21,875	246,198
Monitoreo 30 días	15,836	0,500	0,503	0,002	9,955	0,008
Monitoreo 45 días	14,780	0,596	0,482	0,002	9,622	0,057

Nota. En la Tabla 06 se muestra la variación de metales pesados en suelos agrícolas tratados con *Eisenia foetida* como agente biorremediador ante la contaminación por plaguicidas en San Pablo de Pillao - Huánuco. Se observa una reducción progresiva en las concentraciones de zinc (Zn), cadmio (Cd) y plomo (Pb) a lo largo del monitoreo de 45 días, indicando un efecto positivo de la lombriz roja en la remoción de estos metales. El Zn disminuyó de 18,915 mg/kg en el día 0 a 14,780 mg/kg en el día 45, mientras que el Cd, tras un aumento a 4,386 mg/kg en el día 15, descendió drásticamente a 0,482 mg/kg en el día 45, sugiriendo una posible movilización inicial antes de su estabilización. Asimismo, el Pb experimentó una notable reducción, pasando de 35,622 mg/kg a 9,622 mg/kg en el mismo período, evidenciando un proceso de inmovilización o bioacumulación facilitado por la actividad biológica de *Eisenia foetida*. La disminución de la varianza en los últimos monitoreos refuerza la estabilidad de la tendencia observada. Estos resultados confirman que la lombriz roja desempeña un papel clave en la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados, contribuyendo a su recuperación y sostenibilidad para la actividad agrícola

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

ANÁLISIS INFERENCIAL

Tabla 7

*Comparación de rangos del efecto remediador de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) sobre los metales pesados en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024*

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Metales pesados	Zn	13,270	3	4,423	5,653	0,094
	Cd	20,215	3	6,738	0,827	0,560
	Pb	602,425	3	200,808	2,446	0,241

Nota. En la Tabla 7 se evidencia que los resultados de la prueba T de Student para comparar el efecto remediador de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) sobre los metales pesados en suelos agrícolas en San Pablo De Pillao, Huánuco, revelan que, para el Zinc (Zn), el valor de p (0,094) se encuentra cercano al umbral de significancia de 0,05, sugiriendo una tendencia a la mejora de los suelos, aunque no es estadísticamente significativa. En cambio, para los metales Cadmio (Cd) y Plomo (Pb), los valores de p de 0,560 y 0,241 respectivamente indican que no hay diferencias significativas en la remediación de estos metales por parte de las lombrices, lo que sugiere que la lombriz roja no tiene un impacto considerable en la reducción de Cadmio y Plomo en los suelos evaluados. Estos resultados sugieren que la lombriz roja podría tener un efecto moderado sobre el Zinc, pero no presenta una capacidad remediadora clara para los otros metales pesados estudiados.

Tabla 8

*Comparación de medias del efecto remediador de la Lombriz Roja (*Eisenia foetida*) del plomo según estándar de calidad ambiental en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024*

		Media	Desv. Desviación	t	gl	p-valor
Par 1	Plomo	16,93	11,89	-11,805	6	0,000
	ECA plomo	70,00	0,000			

Nota. En la tabla 8, los resultados de la comparación de medias utilizando la prueba t de Student muestran que el efecto remediador de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) sobre los niveles de plomo en suelos agrícolas de San Pablo de Pillao, Huánuco, es altamente significativo. La media de plomo en los suelos tratados con lombrices fue de 16,93, considerablemente inferior al valor del estándar de calidad ambiental (ECA) para el plomo, que es 70,00. El valor t obtenido (-11,805) y el valor p (0,000) indican que la diferencia observada es estadísticamente significativa, lo que demuestra que las

lombrices rojas tienen un efecto efectivo en la reducción de los niveles de plomo, contribuyendo a mejorar la calidad del suelo en áreas contaminadas por plaguicidas.

Tabla 9

Comparación de medias del efecto remediador de la Lombriz Roja (Eisenia foetida) del cadmio según estándar de calidad ambiental en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024

		Media	Desv. Desviación	t	gl	p-valor
Par 1	Cadmio	1,791	2,728	0,379	6	0,718
	ECA cadmio	1,400	0,000			

Nota. Los resultados indican que no existe una diferencia significativa entre la media de cadmio en los suelos tratados con lombrices rojas (1,791) y el valor del estándar de calidad ambiental para cadmio (1,400), dado que el valor p (0,718) es mayor que 0,05. El valor t de 0,379 también sugiere que las diferencias observadas no son estadísticamente significativas, lo que implica que la lombriz roja no tiene un efecto remediador significativo en la reducción de los niveles de cadmio en los suelos agrícolas evaluados. Estos resultados sugieren que el tratamiento con lombrices rojas no contribuye de manera notable a la mejora de los niveles de cadmio en comparación con el estándar de calidad ambiental en esta área.

Tabla 10

Comparación de medias del efecto remediador de la Lombriz Roja (Eisenia foetida) del cadmio según sustrato en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024

		Rango promedio	H de Kruskal- Wallis	Gl	p-valor
Sustrato	1 kg sustrato	6	6,000	6	0,423
	100 lombrices	5			
	80 lombrices	7			
	63 lombrices	2			
	49 lombrices	4			
	67 lombrices	1			
	51 lombrices	3			

Nota. En la tabla 10 se compara la distribución de los valores del cadmio según sustrato, en el rango promedio mayor sugiere en el sustrato con 80 lombrices que indica valores más alto de cadmio; el p-valor es mayor a 0,05 (0,423) lo cual indica que no hay evidencia suficiente para afirmar que existen diferencias significativas. Esto sugiere que

la presencia de lombrices no tuvo un efecto notable sobre la concentración de estos metales pesados.

Tabla 11

Comparación de medias del efecto remediador de la Lombriz Roja (Eisenia foetida) del plomo según sustrato en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024

		Rango promedio	H de Kruskal- Wallis	GI	p-valor
Sustrato	1 kg sustrato	6	6,000	6	0,563
	100 lombrices	5			
	80 lombrices	7			
	63 lombrices	2			
	49 lombrices	4			
	67 lombrices	1			
	51 lombrices	3			

Nota. En la tabla 11 se compara la distribución de los valores del plomo según sustrato, en el rango promedio mayor sugiere en el sustrato con 80 lombrices que indica valores más altos de plomo; el p-valor es mayor a 0,05 (0,563) lo cual indica que no hay evidencia suficiente para afirmar que existen diferencias significativas. Esto sugiere que la presencia de lombrices no tuvo un efecto notable sobre la concentración de estos metales pesados.

Tabla 12

Comparación de medias del efecto remediador de la Lombriz Roja (Eisenia foetida) del zinc según sustrato en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo De Pillao - Huánuco 2024

		Rango promedio	H de Kruskal- Wallis	GI	p-valor
Sustrato	1 kg sustrato	6			
	100 lombrices	5			
	80 lombrices	7			
	63 lombrices	2	6,000	6	0,454
	49 lombrices	4			
	67 lombrices	1			
	51 lombrices	3			

Nota. En la tabla 12 se compara la distribución de los valores del Zinc según sustrato, en el rango promedio mayor sugiere en el sustrato con 80 lombrices que indica valores más alto de zinc; el p-valor es mayor a 0,05 (0,454) lo cual indica que no hay evidencia suficiente para afirmar que existen diferencias significativas. Esto sugiere que la presencia de lombrices no tuvo un efecto notable sobre la concentración de estos metales pesados.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con los resultados conseguidos, se estipula que *Eisenia foetida* mejora significativamente los parámetros químicos del suelo, con un aumento en el contenido de nitrógeno (N) de 0.170 en suelos franco arenosos a 0.188 en suelos franco limosos, y una mejora en el pH de 4.76 a 5.56. Estos cambios reflejan la capacidad de las lombrices para mineralizar la materia orgánica y neutralizar la acidez del suelo, con mayor efectividad en texturas más finas como los suelos limosos, debido a su mayor capacidad de retención de nutrientes. La baja varianza y desviación estándar indican la consistencia del tratamiento. Estos hallazgos destacan el potencial de *Eisenia foetida* como herramienta para la remediación de suelos agrícolas afectados por plaguicidas, especialmente en suelos franco limosos. Sin embargo, los resultados sugieren que, en texturas más gruesas, como los suelos franco arenosos, el impacto es menor, lo que invita a explorar estrategias complementarias para optimizar la remediación en este tipo de suelos. Los resultados muestran que la aplicación de *Eisenia foetida* mejora dichos parámetros bajo diferentes combinaciones de sustrato y cantidad de lombrices, destacando que la configuración con 50 kg de suelo y 67 lombrices presentó los mayores valores de nitrógeno (0.195) y pH (5.56).

Los resultados evidencian que *Eisenia foetida* es altamente efectiva en la remediación de metales pesados en el suelo, con reducciones significativas en las concentraciones de zinc (Zn), cadmio (Cd) y plomo (Pb). Bajo condiciones óptimas, con 50 kg de suelo y 67 lombrices, el zinc disminuyó de 18.915 a 14.234, el cadmio de 1.794 a 0.451, y el plomo de 35.622 a 9.453, destacando una mayor remediación al incrementar la densidad de lombrices y la proporción de sustrato. Esto se atribuye a la capacidad de las lombrices para bioacumular y transformar metales pesados, mejorando la calidad del suelo y promoviendo su uso agrícola sostenible. Estos hallazgos respaldan el uso de *Eisenia foetida* como una solución eficaz y sostenible para la reducción de la contaminación por metales pesados en suelos agrícolas. Se ha demostrado que la presencia de metales pesados (Zn, Cd, Pb) varía según

las combinaciones de sustrato y la densidad de lombrices tratadas con *Eisenia foetida*, siendo los efectos más pronunciados cuando se utilizan 50 kg de suelo y 67 lombrices.

Realizando un análisis inferencial, los resultados de la prueba t de Student indican que el efecto remediador de *Eisenia foetida* sobre los metales pesados en suelos agrícolas es limitado. Para el zinc (Zn), el valor de p (0,094) sugiere una tendencia hacia la mejora del suelo, aunque no es estadísticamente significativa, lo que señala un posible efecto moderado. Sin embargo, los valores de p para el cadmio (Cd) (0,560) y el plomo (Pb) (0,241) muestran que no hay diferencias significativas en la remediación de estos metales, lo que sugiere que la lombriz roja no presenta un impacto considerable en su reducción. Estos resultados destacan que, aunque *Eisenia foetida* podría tener un efecto específico y limitado sobre el zinc, su capacidad remediadora para cadmio y plomo en las condiciones evaluadas es baja, lo que invita a explorar estrategias complementarias para mejorar su eficacia en la remediación de suelos contaminados.

Por otro lado, se demuestra que *Eisenia foetida* tiene un efecto altamente significativo en la remediación de plomo (Pb) en suelos agrícolas de San Pablo de Pillao, Huánuco. La media de plomo en suelos tratados con lombrices fue de 16,93, muy por debajo del estándar de calidad ambiental (ECA) para este metal, establecido en 70,00. El valor t de -11,805 y el valor p de 0,000 confirman que la reducción observada es estadísticamente significativa. Estos hallazgos resaltan la capacidad efectiva de las lombrices rojas para disminuir los niveles de plomo en suelos contaminados, contribuyendo significativamente a la recuperación de su calidad y sostenibilidad agrícola.

Sin embargo, los resultados muestran que el tratamiento con *Eisenia foetida* no tiene un efecto remediador significativo sobre los niveles de cadmio (Cd) en los suelos agrícolas evaluados. La media de cadmio en los suelos tratados fue de 1,791, cercana al estándar de calidad ambiental (ECA) de 1,400, pero sin diferencias significativas, como lo indica el valor p (0,718) mayor a 0,05 y el valor t (0,379). Los resultados limitan el potencial de la lombriz como técnica de remediación de cadmio en las condiciones

evaluadas, indicando que no contribuye exitosamente a la disminución de los niveles de este elemento en el suelo.

CONCLUSIONES

Especialmente en suelos franco limosos, suelos donde se observan aumentos notables en el pH y el contenido de nitrógeno, *Eisenia foetida* mejora considerablemente los parámetros químicos del suelo. Este impacto resulta de la capacidad de las lombrices de tierra para neutralizar la acidez y mineralizar la materia orgánica, aunque su eficacia se ve disminuida en suelos de textura gruesa, acidifican y mineralizan la materia orgánica. Las mejores combinaciones para optimizar estos parámetros fueron 50 kg de suelo y 67 lombrices, lo que subraya la necesidad de variar las proporciones de sustrato y lombrices en función de las proporciones del tipo de suelo.

En circunstancias ideales, *Eisenia foetida* puede reducir significativamente el plomo, el cadmio y el zinc, lo que la convierte en un candidato prometedor para remediar suelos contaminados con metales pesados. Esto ilustra su capacidad de bioacumularse y transformar contaminantes, ambos factores que contribuyen a mejorar la calidad del suelo. Las más exitosas combinaciones en este método fueron aquellas con mayor densidad de lombrices y sustrato (50 kg de tierra y 67 lombrices), subrayando su uso en la sostenibilidad agrícola de suelos contaminados.

Los resultados de la prueba t de Student sugieren que *Eisenia foetida* tiene un efecto limitado en la remediación de metales pesados en las condiciones evaluadas. Aunque se observa una tendencia a mejorar los niveles de zinc, los efectos no son estadísticamente significativos, y la reducción de cadmio y plomo es baja. Esto resalta la necesidad de combinar esta herramienta con otras estrategias para maximizar su eficacia en la remediación de suelos contaminados.

En suelos agrícolas de San Pablo de Pillao, Huánuco, *Eisenia foetida* demuestra un efecto altamente significativo en la reducción de plomo, logrando niveles muy por debajo del estándar de calidad ambiental (ECA). Esto confirma la eficacia de la lombriz roja para remediar este metal pesado, mejorando la calidad y sostenibilidad del suelo agrícola en la región, y posicionándola como una herramienta clave en su recuperación ambiental.

Eisenia foetida no presenta un efecto remediador significativo sobre los niveles de cadmio en suelos agrícolas, según los resultados de la prueba t de Student. Esto limita su aplicabilidad como herramienta única para la remediación de este metal pesado y sugiere la necesidad de explorar técnicas complementarias o condiciones mejoradas para abordar de manera efectiva la contaminación por cadmio en el suelo.

RECOMENDACIONES

En cuanto al ajuste de proporciones de lombrices y sustrato según el tipo de suelo; se recomienda implementar combinaciones de 50 kg de suelo con 67 lombrices en suelos franco limosos para optimizar los efectos positivos en los parámetros químicos (nitrógeno y pH). En suelos franco arenosos o de textura gruesa, se sugiere combinar *Eisenia foetida* con otras estrategias de fertilización o acondicionadores del suelo para mejorar los resultados, debido a la menor efectividad observada en este tipo de suelos.

Se sugiere el uso combinado de *Eisenia foetida* con otras técnicas de remediación; dado que *Eisenia foetida* tiene un efecto limitado en la remediación de cadmio y zinc, se recomienda explorar la integración de técnicas complementarias como la fitoestabilización, el uso de enmiendas químicas (por ejemplo, cal o zeolitas) o tecnologías de biorremediación avanzadas para lograr una reducción más eficiente de estos metales pesados.

Se recomienda un monitoreo continuo de la calidad del suelo, esto ayudara a establecer un sistema de monitoreo constante de las propiedades químicas del suelo (pH, contenido de nitrógeno y concentración de metales pesados) antes, durante y después del tratamiento con *Eisenia foetida*. Esto permitirá evaluar la sostenibilidad a largo plazo de las mejoras observadas y detectar posibles limitaciones del tratamiento.

Diseñar programas de capacitación para los agricultores del distrito de San Pablo de Pillao sobre el manejo adecuado de *Eisenia foetida* y su incorporación en sistemas agrícolas. Esto incluye la preparación de sustratos, condiciones óptimas para las lombrices y prácticas sostenibles para evitar la reincorporación de metales pesados en los suelos. Promover la sensibilización sobre los riesgos del uso intensivo de fertilizantes y plaguicidas y su impacto en la contaminación del suelo, fomentando prácticas agrícolas responsables y sostenibles.

Se recomienda realizar Investigaciones futuras para optimizar el uso de *Eisenia foetida* para determinar las condiciones óptimas de humedad, temperatura y densidad de población de *Eisenia foetida* que maximicen su capacidad de remediación. Investigar el uso de lombrices en combinación con

otros tipos de materia orgánica o enmiendas orgánicas que potencien su capacidad para bioacumular metales pesados. Evaluar el impacto a largo plazo de la remediación con *Eisenia foetida* en la productividad agrícola y la salud del suelo.

Se recomienda que las autoridades locales y regionales promuevan políticas públicas que incentiven el uso de técnicas sostenibles de remediación del suelo, como el vermicompostaje con *Eisenia foetida*, en zonas agrícolas afectadas por la contaminación. Incluir programas de subsidios o financiamiento para los agricultores que adopten esta técnica, facilitando el acceso a lombrices y herramientas necesarias para implementar el sistema.

Realizar estudios sobre el destino final de los metales pesados bioacumulados en los tejidos de *Eisenia foetida*, garantizando que su manejo y disposición final no generen riesgos ambientales o de salud. Estudiar la viabilidad de reciclar los residuos generados en el proceso de vermicompostaje como fertilizantes o enmiendas, asegurándose de que estén libres de contaminantes peligrosos.

Recomendar la reducción progresiva del uso de plaguicidas y fertilizantes sintéticos en las zonas agrícolas del distrito, incentivando el uso de alternativas orgánicas o de menor impacto ambiental. Implementar sistemas de rotación de cultivos y manejo integrado de plagas, que reduzcan la dependencia de productos químicos y contribuyan a la recuperación de los suelos contaminados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkorta, I., Becerril, I. y Garbisu, C. (2010). Fito estabilización de suelos contaminados con metales. *Revista de Salud Ambiental*, 25 (2), 135–146. <http://dx.doi.org/10.1515/REVEH.2010.25.2.135>.
- Alloway, B. (1995). *Evaluación de suelos y especies con potencial de acumulación de metales pesados*. Universidad de Chihuahua.
- Baker, A. y Walter, P. (1990). Heavy metal Tolerance in Plants Evolutionary Aspects. En Shaw. A.J. (Ed), *Heavy Metal Tolerance in Plants: Evolutionary Aspects* (pp. 155-177). CRC Press.
- Barcena (2023) *Estrategias de recuperación de suelos contaminados con metales y metaloides* [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://oa.upm.es/76991/>
- Centro Boliviano de Estudios Multidisciplinarios. (06 de diciembre de 2022). *Día mundial del No uso de Plaguicidas*. <https://cebem.org/?p=11898>
- Cunningham, D., Berti, W. y Huang, W. (1995). Phytoremediation of contaminated soils, ScienceDirect ELSEVIER. *Trends in Biotechnology*, 13(9), 393-397. [https://doi.org/10.1016/S0167-7799\(00\)88987-8](https://doi.org/10.1016/S0167-7799(00)88987-8)
- Deng. H., Ye. Z. y Wong. M. (2004). Accumulation of lead, zinc, copper and cadmium by 12 wetland plant species thriving in metal-contaminated sites in China. ScienceDirect ELSEVIER. *Environmental Pollution*, 132(1), 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.03.030>
- Fasabi C. (2023). *Efectos de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, colpa baja, Huánuco, 2022*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Huánuco]. <https://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14257/4177/Fasabi%20Cantaro%2c%20Inx%20Yanderi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Garbisu, C. y Alkorta, I. (2001). Phytoextraction a cost-effective plant-based technology for the removal of metals from the environment. ScienceDirect ELSEVIER. *Bioresource Technology*, 77(3), 229-236. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00108-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00108-5)

- Isabel C.Z. (2016). Efectos de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), sobre el crecimiento de microorganismos en suelos contaminados con mercurio de Segovia, Antioquia, 27 (1), pp. 77-90, DOI: <http://dx.doi.org/10.18359/rcin.1911>
- Lombi, E. et al. (2003). Lability of Cd, Cu and Zn in Polluted Soil treated with Lime Beringite and Red Mud and Identification of a Non-Labile Colloidal Fraction of Metals Using isotopic Techniques. ACS Publications. *Environmental Science & Technology*, 37(5), 979-984. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es026083w>
- Lombi, E. et al. (2001). Phytoremediation of heavy metal-contaminated soils: natural hyperaccumulation versus chemically enhanced phytoextraction. American Society of Agronomy. *Journal of Environmental Quality*, 30(6), 1919-1926. <https://doi.org/10.2134/jeq2001.1919>
- Mas, A. y Azcue, J. (1993). Dialnet-Promociones Publicaciones Universitarias. *Metales en sistemas biológicos*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=84659>
- Nriagu, J. (2010). Global metal pollution: poisoning the biosphere? Taylor Francis. *Environment: science and policy for sustainable development*, 32(7), 7-33. <https://doi.org/10.1080/00139157.1990.9929037>
- Novotny, V. (1995). Diffuse Sources of Pollution by Toxic Metals and Impact on Receiving Waters. Springer, Berlin, Heidelberg. *Heavy Metals*. 33-52. https://doi.org/10.1007/978-3-642-79316-5_3
- Neugschwandtner, R. (2008). Phytoextraction of Pb and Cd from a contaminated agricultural soil using different EDTA application regimes: Laboratory versus filed scale measures of efficiency. Research Gate. *Geoderma*. 144(3-4), 446-454. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2007.11.021>
- Nriagu, J. O. (1990). Global metal pollution: poisoning the biosphere? *Environment: science and policy for sustainable development*, 32(7), 7-33.

- Nriagu, J. (1984). Changing metal cycles and human health. Springer Link. *Life Sciences Research Report*. 28(1). <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-69314-4>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s.f.). *Propiedades Físicas del Suelo*. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- Paredes Tello, E. (2021) *Efecto de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (Urtica urens L.) y (Urtica dioica L.) en la calidad del suelo usado como botadero a cielo abierto, Marabamba, provincia y departamento de Huánuco – 2021* [Tesis de Pregrado, Universidad De Huánuco]. <https://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/3187/Paredes%20Tello%2c%20Erick%20Ei%3%adas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pardave Tineo, J. (2023) *Eficacia de la biorremediación con crustáceos isópodos (Porcellio laevis) para la reducción de metales pesados en suelos contaminados* [Tesis de Pregrado, Universidad De Huánuco]. <https://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14257/4944/Pardave%20Tineo%2c%20Jimena.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Peter, C., Xiaolin, L. y Baodong, C. (2004). Arbuscular mycorrhiza can depress traslocation of zinc to shoots of host plants in soils moderately polluted with zinc. SPRINGER LINK. *Plant and Soil. An International Journal on Plant-Soil Relationships*, 1(261), 209-217. <https://doi.org/10.1023/B:PLSO.0000035542.79345.1b>
- Ruiz Márquez, N. (2022). *Evaluación del efecto de la aplicación de biochar en suelos agrícolas basado en la migración de nutrientes* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/81468/1017248628.2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, E. (2022). *Fitorremediación de suelos contaminados con cadmio, proveniente de los agroquímicos, mediante extracción usando el Taraxacum officinale (Diente de león) y el Aloe vera (Sábila)* [Tesis de

Pregrado, Universidad Católica de Cuenca].
<https://dspace.ucacue.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c9dd404d-e89c-4f7c-8cc6-c74bced5c34a/content>

Supo, J. (2014). *Seminarios de Investigación Científica*. 2º Edición, Editorial Bioestadístico. Arequipa, Perú.

Supo, J., & Zacarías, V. H. (2020). *Metodología de la investigación científica: Para las Ciencias de la Salud y las Ciencias Sociales (3ra Edición ed.)*. Arequipa, Perú: BIOESTADISTICO EEDU EIRL.

Sindh, O. et al. (2003). LPhytoremediation: an overview of metallic ion decontamination from soil. *Springer Link, Applied Microbiology and Biotechnology*, 61(1), 405-412. <https://doi.org/10.1007/s00253-003-1244-4>

Trujillo, J. (31 de mayo de 2018). Huánuco es el segundo productor de papa en el país con 400 variedades. *Tu Diario*. <https://tudiariohuanuco.pe/actualidad/huanuco-es-el-segundo-productor-de-papa-en-el-pais-con-400-variedades/>

Volke, T. y Velasco, J. (2002). *Tecnologías de remediación para suelos contaminados*. [Archivo PDF]. <http://www.ecopuerto.com/Bicentenario/informes/TecnologiasRemediacion.pdf>

Vyslouzilová, M. et al. (2003). As, Cd, Pb and Zn uptake by different *Salix* spp. Grown at soils enriched by high loads of these elements. *Research Gate. Plant Soil Environment*. 49(5), 191-196. <https://doi.org/10.17221/4112-PSE>

Xiong, Z. (1997). Bioaccumulation and Physiological effects of excess lead in a road side pioneer species *Sonchus oleraceus* L. *Science Direct. Environmental Pollution*. 97(3). 275-279. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(97\)00086-9](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(97)00086-9)

Yoon, J. et al. (2006). Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. *Science Direct. Science of the Total*

Environment.

368(2-3).

456-464.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.01.016>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Cabello Salas, J. (2025). *Efecto remediador de la lombriz roja (eisenia foetida) sobre los metales pesados en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo de Pillao - Huánuco 2024*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. url: <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA.

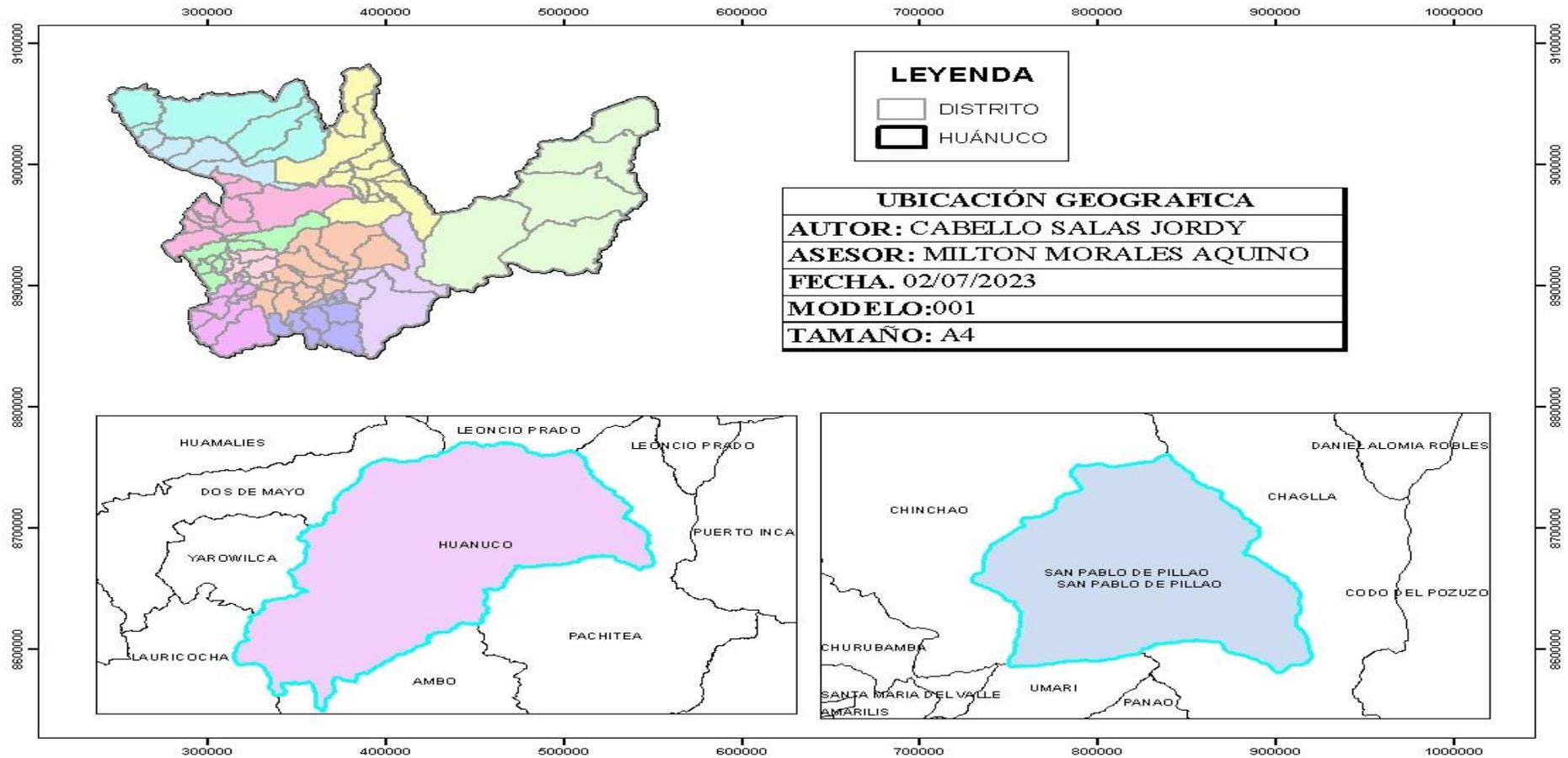
“Efecto remediador de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) sobre los metales pesados en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo de Pillao 2024”.

Problema principal	Objetivo principal	Hipótesis principal	Variables/Indicadores	Metodología
¿Cuál es el efecto remediador de la Lombriz Roja (<i>Eisenia foetida</i>) sobre los metales pesados en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San Pablo de Pillao 2024?	Determinar cuál es el efecto remediador de la Lombriz Roja (<i>Eisenia foetida</i>) sobre los metales pesados en suelos agrícolas a causa de plaguicidas, San pablo de Pillao 2024.	H1: La Lombriz Roja (<i>Eisenia foetida</i>) tiene efecto remediador sobre los metales pesados en suelos agrícolas a causa de plaguicidas. Ho: La Lombriz Roja (<i>Eisenia foetida</i>) no tiene efecto remediador sobre los metales pesados en suelos agrícolas a causa de plaguicidas.	Independiente: Efecto de la Lombriz Roja • Lombriz Roja (<i>Eisenia foetida</i>). Dependiente Concentración de metales pesados en el suelo. Propiedades Físicas • Textura Propiedades Químicas. • pH • N Metales pesados • Plomo • Zinc	Tipo: Experimental, prospectivo, Longitudinal y Analítico Enfoque: Cuantitativo. Diseño: Experimental, Prospectivo, Longitudinal y Analítico Población: Muestra:
Problemas secundarios	Objetivos secundarios	Hipótesis secundarias		
¿Cuáles son las propiedades físicas del suelo antes y después del efecto remediador con la Lombriz Roja (<i>Eisenia foetida</i>)?	Describir las propiedades físicas del suelo antes y después del efecto remediador con la Lombriz Roja (<i>Eisenia foetida</i>).	Hi: Las propiedades físicas del suelo varían después del efecto remediador con la Lombriz Roja (<i>Eisenia foetida</i>).		
¿Cuáles son las propiedades químicas del suelo antes y	Describir las propiedades químicas del suelo antes y	Ho: Las propiedades físicas del suelo no varían después del		

después del efecto remediador con la Lombriz Roja (<i>Eiseania foetida</i>)?	después del efecto remediador con la Lombriz Roja (<i>Eisenia foetida</i>).	efecto remediador con la Lombriz Roja (<i>Eisenia foetida</i>). Hi: Las propiedades químicas del suelo varían después del efecto remediador con la Lombriz Roja (<i>Eisenia foetida</i>).	• Cadmio
¿Cuál es el porcentaje de la presencia de metales pesados del suelo antes y después del efecto remediador con la Lombriz Roja (<i>Eisenia foetida</i>)?	Describir el porcentaje de presencia de metales pesados del suelo antes y después del efecto remediador con la Lombriz Roja (<i>Eisenia foetida</i>)	Ho: Las propiedades químicas del suelo no varían después del efecto remediador con la Lombriz Roja (<i>Eisenia foetida</i>). Hi: Los metales pesados reducen significativamente del suelo después del efecto remediador con la Lombriz Roja (<i>Eisenia foetida</i>). Ho: Los metales pesados no reducen significativamente del suelo después del efecto remediador con la Lombriz Roja (<i>Eisenia foetida</i>).	

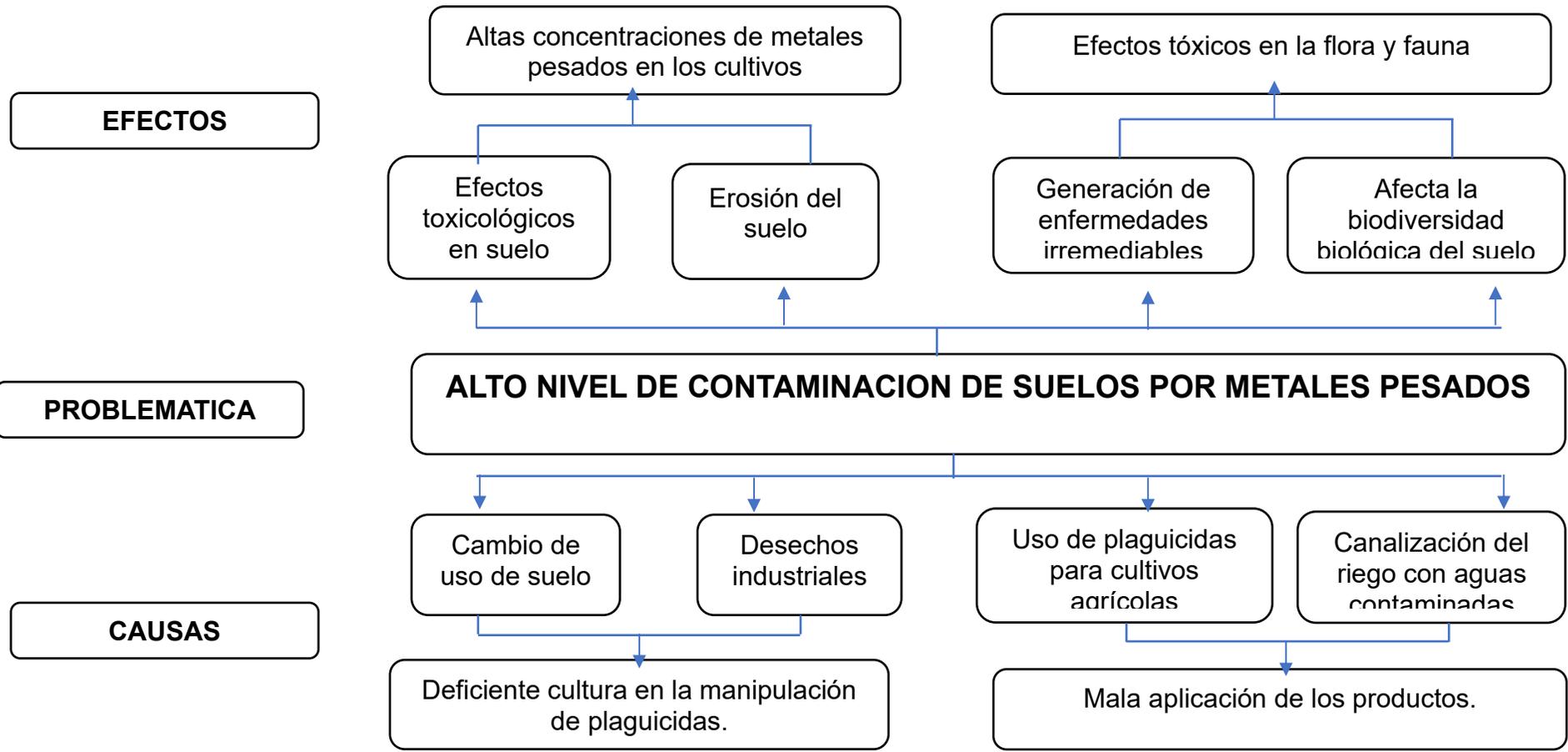
ANEXO 2

MAPA DE UBICACIÓN



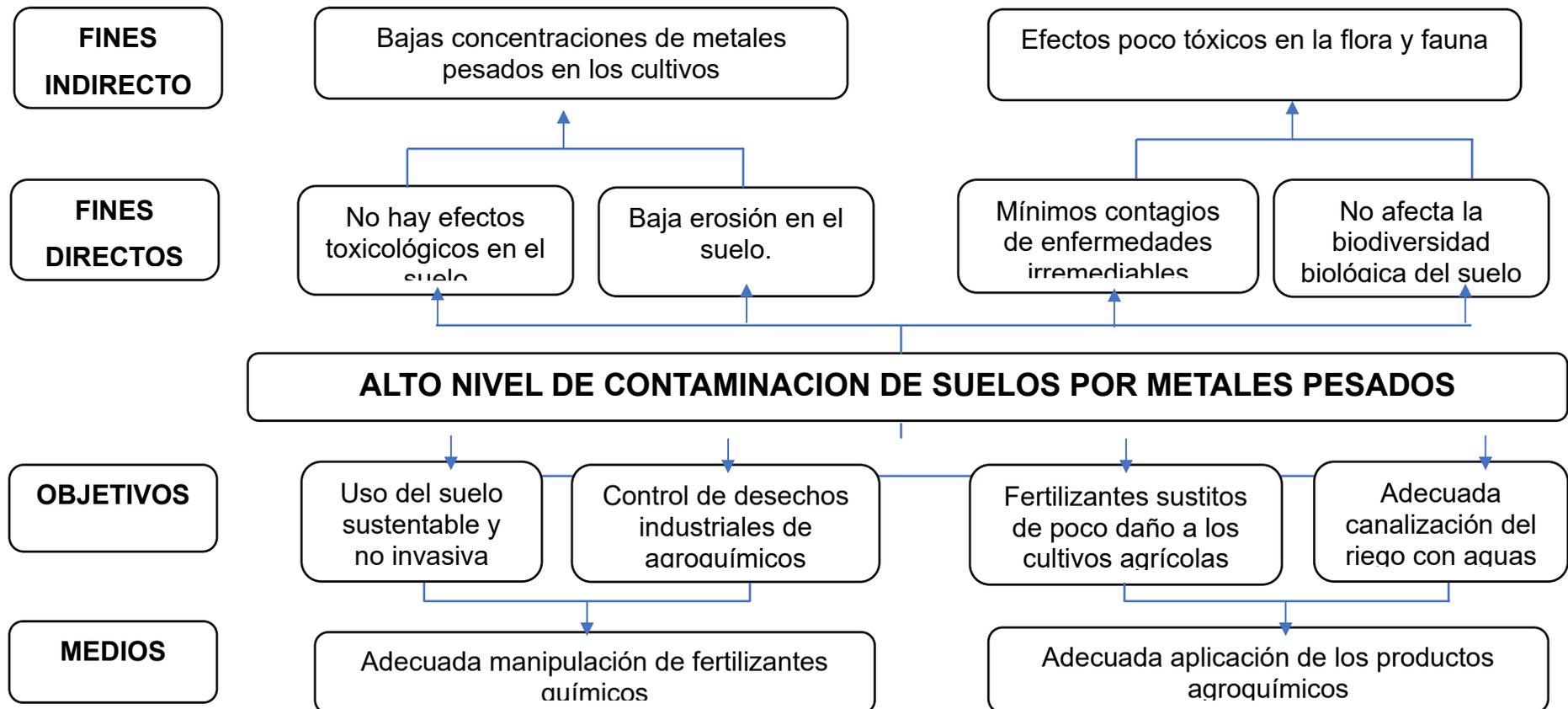
ANEXO 3

ÁRBOL DE CAUSAS Y EFECTOS.



ANEXO 4

ÁRBOL DE MEDIOS Y FINES.



ANEXO 5

FICHA PARA MUESTREO DE SUELO

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



ANALISIS DE SUELOS



SOLICITANTE:	JORDY ANIBAL CABELLO SALAS	FECHA DE REPORTE:	28/10/2024
PROCEDENCIA:	HUÁNUCO, HUÁNUCO, SAN PABLO DE PILLAO	MUESTRA:	SUELO
REFERENCIA:	PAPA	RECIBO N°	49001243

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS FÍSICO						ANÁLISIS QUÍMICO						ANÁLISIS QUÍMICO									
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	CE	pH	Materia Orgánica	N	C	P	K ₂ O	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables	Acidez Cambiable	Saturación de Aluminio
			Ao	Arc	Lo		dS/m	M.O.	total	Orgánico	disponible	Calcio	Magnesio		Potasio	Sodio	Aluminio	Hidrógeno	%	%		%		
			CODIGO DEL LABORATORIO	CODIGO DEL SOL.	%	%	%	1:1	1:1	%	%	%	ppm	ppm	CAMBIABLES			Cmol(+)/kg			%	%	%	
1	S24-1111	M 001	67	15	18	Franco Arenoso	0.58	4.76	3.39	0.170	1.966	15.065	111.486	---	5.890	0.876	0.337	0.089	0.240	2.480	9.913	72.560	27.440	2.421

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.
Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo Maria

[Firma]
Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología





ANALISIS DE SUELOS



SOLICITANTE:	JORDY ANIBAL CABELLO SALAS	FECHA DE REPORTE:	05/11/2024
PROCEDENCIA:	HUÁNUCO, HUÁNUCO, SAN PABLO DE PILLAO	MUESTRA:	SUELO
REFERENCIA:	PAPA	RECIBO N°	49001243

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO

N°	DATOS		ANALISIS QUÍMICO
			Pb
			total
	CODIGO DEL LABORATORIO	CODIGO DEL SOL.	mg/kg
1	S24-1111	M 001	35.6220

METODOLOGÍA
DIGESTION ACIDA - ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCIÓN ATOMICA - FAAS

Los Resultados presentados son válidos unicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.
Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María


Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología





ANÁLISIS DE SUELOS



SOLICITANTE:	JORDY ANIBAL CABELLO SALAS	FECHA DE REPORTE:	05/11/2024
PROCEDENCIA:	HUÁNUCO, HUÁNUCO, SAN PABLO DE PILLAO	MUESTRA:	SUELO
REFERENCIA:	PAPA	RECIBO N°	49001243

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS QUÍMICO
			Zn
			total
	CODIGO DEL LABORATORIO	CODIGO DEL SOL.	mg/kg
1	S24-1111	M 001	18.9150

METODOLOGÍA
DIGESTION ACIDA - ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCIÓN ATOMICA - FAAS

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.
Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología





ANÁLISIS DE SUELOS



SOLICITANTE:	JORDY ANIBAL CABELLO SALAS	FECHA DE REPORTE:	05/11/2024
PROCEDENCIA:	HUÁNUCO, HUÁNUCO, SAN PABLO DE PILLAO	MUESTRA:	SUELO
REFERENCIA:	PAPA	RECIBO N°	49001243

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS QUÍMICO
			Cd
	CODIGO DEL LABORATORIO	CODIGO DEL SOL.	total
1	S24-1111	M 001	1.7944

METODOLOGÍA
DIGESTION ACIDA - ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCIÓN ATOMICA - FAAS

Los Resultados presentados son válidos unicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.
Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo Maria

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología





ANÁLISIS ESPECIAL


1. DATOS

SOLICITANTE:	CABELLO SALAS JORDY ANIBAL	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:	4/12/2024
PROVINCIA:	HUANUCO	FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	4/12/2024
DISTRITO	SAN PABLO DE PILLAO	FECHA DE REPORTE DE RESULTADOS:	10/12/2024
CENTRO POBLADO	MIRAFLORES	REFERENCIA:	SUSTRATO

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

DATOS DE LA MUESTRA		RESULTADOS			METODOLOGIA
Código	Referencia	Zn (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	DIGESTIÓN ÁCIDA - ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA - FAAS
E24-229-1	M1 (50Kg suelo/100 lombrices)	17.9260	0.8915	10.7800	
E24-229-2	M2 (40Kg suelo/80 lombrices)	16.3440	7.8812	32.9700	

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.

Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María


Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología





ANÁLISIS ESPECIAL



1. DATOS

SOLICITANTE:	CABELLO SALAS JORDY ANIBAL	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:	17/12/2024
PROVINCIA:	HUANUCO	FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	17/12/2024
DISTRITO	SAN PABLO DE PILLAO	FECHA DE REPORTE DE RESULTADOS:	26/12/2024
CENTRO POBLADO	MIRAFLORES	REFERENCIA:	SUSTRATO

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

DATOS DE LA MUESTRA		RESULTADOS			METODOLOGIA
Código	Referencia	Zn (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	DIGESTIÓN ÁCIDA - ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA - FAAS
E24-246-1	M1 (50Kg suelo/100 lombrices)	15.3361	0.4717	10.0200	
E24-246-2	M2 (40Kg suelo/80 lombrices)	16.3360	0.5339	9.8900	

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.

Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Hugo Alfredo Huamani Yupanqui
Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología





ANÁLISIS ESPECIAL



1. DATOS

SOLICITANTE:	CABELLO SALAS JORDY ANIBAL	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:	30/12/2024
PROVINCIA:	HUANUCO	FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	30/12/2024
DISTRITO	SAN PABLO DE PILLAO	FECHA DE REPORTE DE RESULTADOS:	30/12/2024
CENTRO POBLADO	MIRAFLORES	REFERENCIA:	SUSTRATO

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

DATOS DE LA MUESTRA		RESULTADOS			METODOLOGIA
Código	Referencia	Zn (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	DIGESTIÓN ÁCIDA - ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA - FAAS
E24-258-1	M1 (50Kg suelo/100 lombrices)	14.2340	0.4509	9.4530	
E24-258-2	M2 (40Kg suelo/80 lombrices)	15.3260	0.5140	9.7901	

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.

Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Hugo Alfredo Huamani Yupanqui
Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



ANEXO 6

FICHA DE CAMPO.

FICHA DE CAMPO

DATOS GENERALES	
Nombre del sitio en estudio: Cayhuayna Baja.	Departamento: Huánuco.
Provincia: Huánuco.	Distrito: Pillao Marca.
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO	
Nombre del punto de muestreo: Jr. los pinos d/v.	Operador (empresa/persona): Tesista. (cabello sales).
Coordenadas: X: 363803.67.	Y: 8898658.14.
Temperatura:	
DATOS DE LAS MUESTRAS.	
Clave de la muestra : D001.-J.	Fecha: 24-11-2024. (7 días iniciado el monitoreo).
Hora : 10:30 A.M.	
Cantidad de la muestra : 50 Kg.	Cantidad de la muestra : 40 Kg.
Tipo de muestra: Visual y conteo.	
PARA MUESTRAS SUPERFICIALES	
Cantidad de Lombrices: 100	Cantidad de Lombrices: 80.00.
Diferencia: 0	Diferencia: 0.

FICHA DE CAMPO

DATOS GENERALES	
Nombre del sitio en estudio: Cayhuayna Baja	Departamento: Huánuco
Provincia: Huánuco	Distrito: Pillco Marca
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO	
Nombre del punto de muestreo: Jr. Los Pinos S/N	Operador (empresa/persona): Tesisista
Coordenadas: X: 36380367	Y: 8898658.14
Temperatura:	
DATOS DE LAS MUESTRAS.	
Clave de la muestra: 0002-5	Fecha: 09-12-2024 (22 días iniciado el monitoreo)
Hora: 16:20 PM	
Cantidad de la muestra:	Cantidad de la muestra:
50 kg	40 kg
Tipo de muestra: Visual y conteo	
PARA MUESTRAS SUPERFICIALES	
Cantidad de Lombrices: 63	Cantidad de Lombrices: 49
Diferencia: 37	Diferencia: 31

FICHA DE CAMPO

DATOS GENERALES	
Nombre del sitio en estudio: Cayhuayru Bora	Departamento: Huánuco.
Provincia: Huánuco.	Distrito: Pillco Marca.
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO	
Nombre del punto de muestreo: Jr. los pinos slw.	Operador (empresa/persona): Tesista.
Coordenadas: X: 36380367.67.	Y: 8848658.14.
Temperatura:	
DATOS DE LAS MUESTRAS.	
Clave de la muestra D003-7	Fecha: 25-12-2024. (38 días de Monitoreo).
Hora: 15:00 p.m.	
Cantidad de la muestra	Cantidad de la muestra
50kg	40kg
Tipo de muestra:	
PARA MUESTRAS SUPERFICIALES	
Cantidad de Lombrices: 67	Cantidad de Lombrices 5L.
Diferencia: 33	Diferencia: 29.

Escaneado

ANEXO 7

RESOLUCIÓN DE LA APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 2247-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 15 de octubre de 2024

Visto, el Oficio N° 733-2024-C-PAIA-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Ambiental, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"EFECTO REMEDIADOR DE LA LOMBRIZ ROJA (*Eisenia foetida*) SOBRE LOS METALES PESADOS EN SUELOS AGRICOLAS A CAUSA DE PLAGUICIDAS, SAN PABLO DE PILLAO - HUÁNUCO 2024"**, presentado por el (la) Bach. **Jordy Anibal CABELLO SALAS**.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 0994-2024-D-FI-UDH, de fecha 07 de mayo de 2024, perteneciente al Bach. **Jordy Anibal CABELLO SALAS** se le designó como ASESOR(A) al Mg. Milton Edwin Morales Aquino, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 733-2024-C-PAIA-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"EFECTO REMEDIADOR DE LA LOMBRIZ ROJA (*Eisenia foetida*) SOBRE LOS METALES PESADOS EN SUELOS AGRICOLAS A CAUSA DE PLAGUICIDAS, SAN PABLO DE PILLAO - HUÁNUCO 2024"**, presentado por el (la) Bach. **Jordy Anibal CABELLO SALAS**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Simeon Edmundo Calixto Vargas (Presidente), Mg. Mercy Yandy Daga Mendoza (Secretario) y Mg. Silfida Llanos Gomez (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - **APROBAR**, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: **"EFECTO REMEDIADOR DE LA LOMBRIZ ROJA (*Eisenia foetida*) SOBRE LOS METALES PESADOS EN SUELOS AGRICOLAS A CAUSA DE PLAGUICIDAS, SAN PABLO DE PILLAO - HUÁNUCO 2024"**, presentado por el (la) Bach. **Jordy Anibal CABELLO SALAS**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental, del Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIA - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/EJML/nto.

ANEXO 8

RESOLUCIÓN DE LA DESIGNACIÓN DEL ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 0994-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 07 de mayo de 2024

Visto, el Oficio N° 292-2024-C-PAIA-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Ambiental y el Expediente N° 486579-0000002923, del Bach. **Jordy Anibal CABELLO SALAS**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45° inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 486579-0000002923, presentado por el (la) Bach. **Jordy Anibal CABELLO SALAS**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Mg. Milton Edwin Morales Aquino, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27° y 28° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- **DESIGNAR**, como Asesor de Tesis del Bach. **Jordy Anibal CABELLO SALAS**, al Mg. Milton Edwin Morales Aquino, docente del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Jhovani Manzano Lozano
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
DECANO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIA– Asesor – Mat. y Reg. Acad.– Interesado – Archivo.
BCR/EJML/nto.

ANEXO 9

PANEL DE FOTOS.

Vista fotográfica de toma de muestra en campo, distrito de San Pablo de Pillao



Inicio del Monitoreo de la Lombriz Roja



Vista fotográfica del asesor



Primer monitoreo



Segundo Monitoreo



Tercer Monitoreo

