

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

“Eficacia de la lombriz (eisenia foetida) para el tratamiento de suelos contaminados con metales pesados en suelos de cultivo de cacao Huánuco”

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

AUTORA: Chaupis García, Anais Isabel

ASESOR: Vásquez Baca, Yasser

HUÁNUCO – PERÚ

2023

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Modelación, análisis y control de la contaminación ambiental

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2018-2019)

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 Ingeniera ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 75266572

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 42108318

Grado/Título: Título oficial de Máster universitario en planificación territorial y gestión ambiental.

Código ORCID: 0000-0002-7136-697X

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Calixto Vargas, Simeón Edmundo	Maestro en administración de la educación	22471306	0000-0002-5114-4114
2	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
3	Valdivia Martel, Perfecta Sofia	Maestro en ingeniería con mención en: gestión ambiental desarrollo sostenible	43616954	0000-0002-7194-3714

D

H



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 15:00 horas del día 18 del mes de diciembre del año 2023, 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. Simeón Edmundo Calixto Vargas (Presidente)
- Mg. Frank Erick Camara Llanos (Secretario)
- Mg. Perfecta Sofía Valdivia Martel (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 3053-2023-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"EFICACIA DE LA LOMBRIZ (*Eisenia foetida*) PARA EL TRATAMIENTO DE SUELOS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS EN SUELOS DE CULTIVO DE CACAO HUÁNUCO."** presentado por el (la) Bach. **CHAUPIS GARCIA, ANAIS ISABEL**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

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

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADO**... Por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de **15**... y cualitativo de **BUENO**..... (Art. 47)

Siendo las **16:15** horas del día **18**... del mes de **DICIEMBRE**... del año **2023**, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Mg. Simeón Edmundo Calixto Vargas
ORCID: 0000-0002-5114-4114
Presidente

Mg. Frank Erick Camara Llanos
ORCID: 0000-0001-9180-7405
Secretario

Mg. Perfecta Sofía Valdivia Martel
ORCID: 0000-0002-7194-3714
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, **YASSER VÁSQUEZ BACA**, asesor(a) del PA. **INGENIERÍA AMBIENTAL** y designado(a) mediante documento: **RESOLUCIÓN N° 110-2019-D-FI-UDH del 26 de setiembre de 2019**; del bachiller **CHAUPIS GARCIA, ANAIS ISABEL**, de la investigación titulada **“EFICACIA DE LA LOMBRIZ (*Eisenia foetida*) PARA EL TRATAMIENTO DE SUELOS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS EN SUELOS DE CULTIVO DE CACAO HUÁNUCO.”**.

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del 10 % 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, 20 de diciembre de 2023

Vásquez Baca Yasser

DNI N° 42108318

Código Orcid|N° 0000-0002-7136-697X

Constancia de originalidad

ORIGINALITY REPORT

10%
SIMILARITY INDEX

10%
INTERNET SOURCES

1%
PUBLICATIONS

3%
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repositorio.udh.edu.pe Internet Source	5%
2	repositorio.uta.edu.ec Internet Source	2%
3	www.dspace.uce.edu.ec Internet Source	1%
4	distancia.udh.edu.pe Internet Source	1%
5	hdl.handle.net Internet Source	<1%
6	repositorio.unasam.edu.pe Internet Source	<1%
7	Submitted to Universidad de Huanuco Student Paper	<1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Internet Source	<1%
9	1library.co Internet Source	<1%

Vásquez Baca Yasser
DNI N° 42108318
Código Orcid|N° 0000-0002-7136-697X

DEDICATORIA

Gracias Dios por bendecirme con salud, bendiciones y vida que me inspira a alcanzar mis metas personales y profesionales.

Gracias a mis padres por su apoyo, amor, paciencia y trabajo duro que me permitieron realizar un sueño tras otro, gracias por enseñarme a ser una gran persona y no tener miedo a las adversidades porque Dios siempre está conmigo.

Gracias a mis hermanas que me han brindado su amor y apoyo incondicional durante todo este proceso y han estado ahí para mí porque sus oraciones, consejos y palabras de aliento me han hecho de alguna manera una mejor persona, acompáñame a mí y a mis metas en todos mis sueños.

Finalmente, quiero agradecerles a todos por su tremendo amor y apoyo a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Expresando mi agradecimiento a Dios por llenar siempre mi vida con sus bendiciones y a toda mi familia por estar siempre ahí.

Nos gustaría agradecer a los profesores experimentados de la Universidad de Huánuco que brindaron un gran apoyo para completar esta tesis.

A las autoridades de la Universidad de Huánuco, los profesores del Departamento de Ingeniería Ambiental, P.A.P., me brindaron apoyo y facilidades para realizar esta tesis.

Agradecer al Mg. Frank Cámara de la Universidad de Huánuco por su apoyo, disposición y orientación durante la ejecución de este trabajo de investigación.

Agradecer Blgo. Alejandro Durán de la Universidad de Huánuco agradece su dedicación y por apoyarme en este trabajo de investigación desde el inicio, brindándome conocimientos previos para el desarrollo de esta tesis.

Agradecer al Ing. Simeón Calixto de la Universidad de Huánuco agradece su dedicación y por apoyarme en este trabajo de investigación desde el inicio, brindándome conocimientos previos para el desarrollo de esta tesis.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XV
CAPÍTULO I	17
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	17
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	18
1.2.1. PROBLEMA ESPECIFICOS.....	19
1.3. OBJETIVOS	19
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	19
1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	19
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.6.1. VIABILIDAD EN LO ECONÓMICO	20
1.6.2. VIABILIDAD EN LO OPERATIVA.....	20
1.6.3. VIABILIDAD TEORICA	20
1.6.4. VIABILIDAD AMBIENTAL.....	20
1.6.5. VIABILIDAD METODOLÓGICA	20
CAPÍTULO II	21
MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	21
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	23
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	25

2.2.	BASES TEÓRICAS	27
2.2.1.	BIOINDICADORES.....	27
2.2.2.	BIOLOGÍA Y CLASIFICACIÓN DE LAS LOMBRICES	33
2.2.3.	LOMBRIZ EISENIA CALIFORNIANA.....	35
2.2.4.	CACAO.....	36
2.2.5.	CADMIO.....	38
2.3.	DEFINICIONES COMCEPTUALES	39
2.4.	HIPÓTESIS	42
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL	42
2.5.	VARIABLES.....	43
2.5.1.	VARIABLE DEPENDIENTE	43
2.5.2.	VARIABLE INDEPENDIENTE	43
2.6.	OPERALIZACIÓN DE VARIABLES	44
CAPÍTULO III.....		45
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		45
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	45
3.1.1.	ENFOQUE.....	45
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL.....	45
3.1.3.	DISEÑO	45
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	46
3.2.1.	POBLACIÓN.....	46
3.3.2.	MUESTRA.....	47
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS ..	47
3.3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN	47
3.3.2.	CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS	47
3.3.3.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	48
3.3.4.	FACES.....	48
CAPÍTULO IV		53
RESULTADOS		53
4.1.	PROCESAMIENTO DE DATOS	53
4.2.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS ..	73
CAPÍTULO V.....		75
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		75

5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	75
CONCLUSIONES.....	78
RECOMENDACIONES.....	80
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	81
ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo	40
Tabla 2 Coordenadas UTM del Área de Estudio	46
Tabla 3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	47
Tabla 4 Profundidad de Muestreo según el Uso de Suelo	49
Tabla 5 Recipiente, Temperatura de Preservación y Tiempo de Conservación de Muestras Ambientales para los Análisis correspondientes.....	51
Tabla 6 Análisis de la arena de suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia fétida Huánuco, 2023.	53
Tabla 7 Análisis de la arcilla de suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia fétida, Huánuco 2023.	54
Tabla 8 Análisis de limo de suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia fétida Huánuco, 2023.	55
Tabla 9 Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023.	56
Tabla 10 Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023.	56
Tabla 11 Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023.	57
Tabla 12 Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023.	58
Tabla 13 Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023.	59

Tabla 14	Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023.	60
Tabla 15	Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023.	61
Tabla 16	Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023.	62
Tabla 17	Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023.	63
Tabla 18	Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023.	64
Tabla 19	Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huánuco, 2023.	65
Tabla 20	Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huánuco, 2023.	66
Tabla 21	Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huánuco, 2023.	67
Tabla 22	Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huánuco, 2023.	68
Tabla 23	Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huánuco, 2023.	69
Tabla 24	Análisis cambiables del suelo de cultivo de caco contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huánuco, 2023.	70
Tabla 25	Prueba de normalidad de los datos con Kolmogórov-Smirnov	72

Tabla 26 Prueba estadística t de Student para medidas relacionadas	73
Tabla 27 Tabla interpretativa del efecto sobre el suelo contaminado debido a la intervención con la lombriz Eisenia foetida.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura de la Lombriz de Tierra.	34
Figura 2 Estructura del fruto del cacao.	38
Figura 3 Análisis de la arena del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023.	53
Figura 4 Análisis de la arcilla de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida, Huanuco,2023.	54
Figura 5 Análisis de limo de suelo de cultivo de cacao con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida, Huanuco,2023.	55
Figura 6 Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huánuco, 2023.	56
Figura 7 <i>Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023.</i>	57
Figura 8 Análisis fisicoquímico del suelo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023.	58
Figura 9 Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Hunuco,2023.	59
Figura 10 Análisis fisicoquímico del suelo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023.	60
Figura 11 Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Huanuco,2023.	61
Figura 12 Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023.	62

Figura 13 Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023.	63
Figura 14 Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023.	64
Figura 15 Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023.	65
Figura 16 Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023.	66
Figura 17 Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023.	67
Figura 18 Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023.	68
Figura 19 Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023	69
Figura 20 Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023.	70
Figura 21 Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023	71

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1	Georreferenciación de la zona de estudio.....	99
Fotografía 2	Georreferenciación de la zona de estudio tomando puntos con el GPS.....	99
Fotografía 3	Ubicación de la calicata en Google Earth.	100
Fotografía 4	Delimitación de la calicata.	100
Fotografía 5	Remoción del perfil del suelo.....	101
Fotografía 6	Remoción del perfil del suelo para la muestra inicial.....	101
Fotografía 7	Medición de la profundidad de la calicata.	102
Fotografía 8	Cuarteo del suelo agrícola a extraer.	102
Fotografía 9	Recolección del material.....	103
Fotografía 10	Recipiente con las lombrices de tierra (eisenia foetida).	103
Fotografía 11	Recipiente con las lombrices de tierra (eisenia foetida).	104
Fotografía 12	Muestra inicial en la bolsa de polietileno.....	104
Fotografía 13	Muestra final en la bolsa de polietileno.....	105

RESUMEN

La investigación titulado Eficacia de la lombriz (*Eisenia foetida*) para el tratamiento de suelos contaminados con metales pesados en suelos de cultivo de cacao, Huánuco. Tuvo como **objetivo** determinar la eficacia de la lombriz *Eisenia foetida* en los suelos de cultivo de cacao, determinando los parámetros mecánicos, cambiables y químicos (plomo, cadmio, fosforo y potasio). Su **metodología** aborda desde la perspectiva de los tipos de estudio prospectivo, con intervención, analítico y longitudinal con la aplicación de un diseño experimental donde la población estuvo conformada por 5kg de suelo de cultivo de cacao. Se incluyó la realización de una calicata de 1m x 1m con una profundidad de 30cm aproximadamente de manera aleatoria simple mediante muestreo de suelos superficiales la cual está constituida por una hectárea de suelos de cultivo de cacao. Los **resultados** muestran que el promedio de plomo es de 3.638ppm, respecto al cadmio con un promedio 0.001ppm. Respecto al fosforo con un promedio 58.712 ppm y con respecto a potasio con un promedio 230.211ppm. Se **concluye** que existe un decremento de metales pesados por parte de las lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) como cadmio y plomo. Indicándonos la concentración de fosforo y potasio que el suelo contiene nutrientes, fértil.

Palabras clave: indicadores biológicos, metales pesados, acumuladores, taxonomía, suelos.

ABSTRACT

The research entitled Efficacy of the earthworm (*Eisenia foetida*) for the treatment of soils contaminated with heavy metals in cocoa cultivation soils, Huánuco. Its objective was to determine the effectiveness of the earthworm in cocoa cultivation soils, determining the mechanical, changeable and chemical parameters (lead, cadmium, phosphorus and potassium). Its methodology approaches from the perspective of the types of prospective study, with intervention, analytical and longitudinal with the application of an experimental design where the population was made up of 5kg of cocoa cultivation soil. The creation of a 1m x 1m pit with a depth of approximately 30cm was included in a simple random manner through sampling of superficial soils, which is constituted by one hectare of cocoa cultivation soils. The results show that the with an average of 230,211 ppm. It is concluded that there is a decrease in heavy metals by earthworms (*Eisenia foetida*) such as cadmium and lead. Indicating the concentration of phosphorus and potassium that the soil contains nutrients, fertile.

Keywords: biological indicators, heavy metals, accumulators, taxonomy, soils.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han presentado cambios significativos en las características del medio ambiente, por ello, es necesario evaluar la calidad del suelo para determinar sus deficiencias, cómo medir el riesgo de enfermedades en diversos suelos agrícolas como el cacao. El cultivo de cacao se ha incrementado en Cueva de las Pavas, distrito de Mariano Dámaso Beraún en el estado Leoncio Prado y es considerado un buen producto porque genera ingresos estables a los pequeños agricultores. Se analizó la cantidad de cadmio en plantaciones de cacao en varias zonas, como San Martín y Amazonas, brindando concentraciones promedio y la posibilidad de evaluarlas en consecuencia.

Los metales pesados pueden estar presentes en el suelo como elementos naturales o como resultado de actividades humanas, incluido el uso de pesticidas, fertilizantes, que están sujetos a la acumulación de metales pesados con otros contaminantes.

Diversos estudios han demostrado que los cambios en las propiedades químicas en la industria del cacao pueden afectar la calidad del producto. Asimismo, la acumulación de diferentes metales provoca cambios en la salud de todos los seres vivos, por lo que los grandes animales del suelo están representados por termitas, gusanos, hormigas, etc. Diversos estudios han demostrado que la macrofauna del suelo está contaminada con metales pesados como plomo, cadmio y cobre. Por lo tanto, pueden usarse para determinar la calidad del suelo.

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo determinar la Eficacia de la lombriz (*Eisenia foetida*) para el tratamiento de suelos contaminados con metales pesados en suelos de cultivo de cacao, Huánuco, que al concluir el trabajo será de mucho interés para estudios posteriores en suelos contaminados por metales pesados.

El problema que se presenta en este momento en los cultivos de cacao es la presencia de cadmio por encima de los valores permisibles para alimentos, motivo por el cual los países exportadores devolvieron remesas de

pedido con productos de cacao razón por la cual se están utilizando productos como la lombricompost, biofertilizantes y otros abonos orgánicos para reducir la presencia de metales pesados.

La justificación para reducir los metales pesados uno de ellos sería la no utilización de agroquímicos en los cultivos de cacao, debiendo utilizarse los abonos orgánicos para obtener cosechas saludables sin contaminantes químicos.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La identificación de indicadores de calidad del suelo se ha convertido en un problema común debido a que estos recursos son importantes para la producción de cultivos y la nutrición animal y humana. En general se han utilizado una serie de variables que dependen de las propiedades físicas, químicas y biológicas para predecir la salud del suelo. (Cabrera, 2006)

El suelo generalmente forma una barrera protectora contra otras sustancias más sensibles (hidrológicos y biológicos) filtra, neutraliza, descompone, almacena contaminantes y en general impide la biodisponibilidad. (Galan & Romero, 2008).

La capacidad de limpieza del suelo depende del contenido de materia orgánica, carbonatos y oxihidroxidos de hierro y manganeso sobre conformidad y tipo de minerales arcillosos, capacidad de cambio catiónico del suelo, pH y Eh, textura permeación y acción microbiana. Por lo tanto, existe un límite de potencia de limpieza de suelos para cada situación. Cuando se excede el valor límite de una o más sustancias, el suelo puede contaminarse y convertirse en una fuente de contaminación. (Galan & Romero, 2008).

El cadmio (Cd) un metal pesado esencial en la vegetación, tiene una baja afinidad por la forma adsorbida que resulta una alta solubilidad, que es toxico para el suelo, las plantas, los microbios y los humanos. El cadmio se asocia de forma natural con los minerales como el fosforo, zinc, que se encuentra en fertilizantes como un metal bio acumulativo del suelo mediante el uso continuo como fertilizantes fosfatos de fertilizantes orgánicos, desechos agrícolas. (Socorro & Arboleada, 2014)

El cadmio es absorbido por la cosecha de cacao debido a aquellos factores como: temperatura de suelo (cuanto más alta sea la temperatura, más rápida será la tasa metabólica, porque es más soluble), algunos minerales en el suelo (cuantos más minerales, más menos cadmio). Se encontró casos donde existe presencia de cadmio en los suelos, de las cuales

no se encuentran en la planta o viceversa, es difícil saber cuál es la causa de la absorción. (Ordoñez, Lopez, & Casa, 2020)

El árbol del cacao es originario del bosque de América Central y Sur, con el nombre científico *Theobroma cacao*. Produce frutos leñosos en forma judías alargadas de color rojo, blanco o verde que se oscurecen a medida que maduran. El tamaño del fruto es de 10 a 32cm de largo y de ancho 7 y 10cm y pesa entre 200 gr 1 Kg. (Pino, 2016)

En el interno de las judías alargadas hay 20 y 60 semillas y 5 filas, rodeadas de gelatina y masa de azúcar. Crece mejor en un clima ecuatorial con abundante lluvia durante todo el año de una temperatura relativamente estable de 25 – 28 °C. (Pino, 2016).

El problema que se presenta en este momento en los cultivos de cacao es presencia de cadmio por encima de los valores permisibles para alimentos, motivo por el cual escogí el lugar de la Cueva de las Pava porque soy residente de ese lugar ya que se presentan hectáreas de plantaciones de cacao, como ingeniera ambiental utilizar energías limpias para así mejorar la calidad del suelo, como la lombricomposta para mejorar los suelos y evitar el uso de agroquímicos para no contaminar las aguas subterráneas.

Los países exportadores devolvieron remesas de pedido con productos de cacao razón por la cual se están utilizando energías limpias, biol y otros abonos orgánicos para la reducción de presencia de metales pesados y así evitar la contaminación de suelos y aguas subterráneas.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Sera eficaz la lombriz (*Eisenia foetida*) para el tratamiento de suelos contaminados con metales pesados en suelos de cultivo de cacao en la Cueva de las Pavas Distrito de Mariano Damaso Beraun de la Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco?

1.2.1. PROBLEMA ESPECIFICOS

P1.- ¿Como es el análisis mecánico del suelo contaminado por metales pesados de cultivo de cacao antes y después de la intervención con la lombriz (*Eisenia foetida*)?

P2.- ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado por metales pesados de cultivo de cacao antes y después de la intervención con la lombriz (*Eisenia foetida*)?

P3.- ¿Cuáles son los valores cambiables del suelo contaminado por metales pesados de cultivo de cacao antes y después de la intervención con la lombriz (*Eisenia foetida*)?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la eficacia de la lombriz (*Eisenia foetida*) para el tratamiento de suelos contaminados de metales pesados en los suelos de cultivo de cacao.

1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

O1.- Describir el análisis mecánico del suelo contaminado por metales pesados de cultivo de cacao antes y después de la intervención con la lombriz (*Eisenia foetida*).

O2.- Describir los parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado por metales pesados de cultivo de cacao antes y después de la intervención con la lombriz (*Eisenia foetida*).

O3.- Describir los valores cambiables del suelo contaminado por metales pesados de cultivo de cacao antes y después de la intervención con la lombriz (*Eisenia foetida*).

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación presento las siguientes justificaciones:

Costo económico para la obtención de los análisis químicos de suelos de metales pesados, no se contó con financiamiento externo del trabajo de investigación, por ello los costos fueron asumidos por el investigador.

La distancia de Huánuco al Distrito de Mariano Damaso Beraun de la Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco es de 109.5 Km.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente estudio de investigación no se encontraron limitaciones para su ejecución.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. VIABILIDAD EN LO ECONÓMICO

La tesista tuvo la capacidad de trabajar con los costos que surgen de la investigación, de la preparación, ejecución y desarrollo de análisis de bio indicadores y en el suelo de cultivo de cacao.

1.6.2. VIABILIDAD EN LO OPERATIVA

Se conto con consultoría de expertos para el desarrollo de investigaciones y apoyo técnico en diversas actividades de investigación.

1.6.3. VIABILIDAD TEORICA

Esta investigación fue viable puesto que se cuento con la información necesaria. Además, se tuvo la asesoría de los docentes de la Facultad con amplia experiencia en el tema de investigación.

1.6.4. VIABILIDAD AMBIENTAL

Los cultivos de cacao han causado problemas al suelo desde entonces que en la mayoría los cultivos de cacao producen metales pesados, dañando el valor del pH del suelo.

1.6.5. VIABILIDAD METODOLÓGICA

Metodológicamente, este estudio se justifica por el uso de instrumentos de investigación cuya validez y confiabilidad han sido probadas y pueden ser utilizados en futuros estudios científicos relacionados con el problema de la contaminación del suelo con metales pesados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Coronel (2018) . La tesis “*Determinación de metales pesados plomo (Pb) y cadmio (Cd) en hortalizas de consumo directo producidas orgánicamente*”. En su investigación tiene como **objetivo** es determinar la presencia de metales pesados Plomo (Pb) y Cadmio (Cd) en hortalizas producidas orgánicamente y comercializadas en dos ferias orgánicas del Distrito Metropolitano de Quito. La **metodología** Utilizando espectrometría de absorción atómica con horno de grafito, los resultados mostraron contaminación por plomo y cadmio, niveles de plomo por debajo del límite del Codex y la concentración de cadmio en tomate, lechuga y zanahoria fue de 14,61; 18,77 y 19,90 mg/kg, respectivamente, excedieron el límite permisible para cadmio según el Codex. Los **resultados** Los valores de plomo detectados estuvieron por debajo del límite del Codex y la concentración de cadmio en tomates, lechugas y zanahorias fue de 14,61; 18,77 y 19,90 mg/kg respectivamente, que exceden los límites permisibles de cadmio establecidos en el código. La **conclusión** En los estudios realizados, las muestras analizadas de tomates riñones, pimientos, lechugas, brócoli y zanahorias mostraron bajas concentraciones de plomo que no superaron los valores establecidos por el CODEX. En lechuga se alcanzaron las siguientes concentraciones: 18,77 y 0,016 mg/kg para todas las muestras orgánicas, y la concentración determinada por el CODEX es de 0,20 mg/kg; En el brócoli, el resultado del análisis arrojó valores de 0,05 y 0,04 mg/kg para la materia orgánica A y B, cercano al límite del CODEX de 0,05 mg/kg, y para las zanahorias.

Ostz (2023) . En Tesis de “Determinación de Metales Pesados en Suelos de Cultivo y Grano de Plantaciones de Cacao (*Theobroma cacao*)”.

L.) de la Zona Costera Central del Ecuador”. La tesis tiene como **objetivo** Determinar si las concentraciones de metales exceden los estándares ambientales y los Límites Máximos de la Legislación Internacional (LMP) para el cacao y sus derivados. La **metodología** Se utilizó un enfoque general para determinar las concentraciones de Cd, Pb, Ni y As en suelos de cultivo y granos de cacao pertenecientes a una plantación de cacao en el cantón Montalvo, provincia de Los Ríos. Como **resultados**, Como el Cd en cultivos supera el LMP de 19 y 0,5 miligramos por kilogramo; con una concentración promedio de 13,80 miligramos por kilogramo de As y 0,69 miligramos por kilogramo de Cd, mientras que As, Ni y Cd en los granos de cacao superan los LMP de 0,5, 1 y 0,1 a 0,8 miligramos por kilogramo, respectivamente; con una concentración promedio de 3,67 miligramos por kilogramo de As, 3,21 miligramos por kilogramo de níquel y 1,48 miligramos por kilogramo de Cd. Por tanto, es necesario crear un sistema de rehabilitación exitoso en las tierras agrícolas, mientras que en el caso del cacao es importante concienciar al público sobre estos metales. trabajadores de la salud al consumir productos del cacao. **conclusiones** Las plantaciones de cacao mostraron diferencias en las concentraciones de metales pesados en el suelo de cada parcela mostrada, posiblemente debido a contaminación específica. Sin embargo, el cultivar produjo globalmente $0,69 \pm 0,35$ mgCd·kg⁻¹, $11,87 \pm 2,17$ mgPb·kg⁻¹, $16,32 \pm 2,33$ mgNi·kg⁻¹ y $13,80 \pm 2,84$ mg·kgAs. Estos resultados reflejan principalmente el nivel normal de cultivos de cacao en comparación con estudios similares descritos en la literatura en la región litoral.

Solorzano (2023). La tesis “*Comparación de inhibidores minerales y bioorgánicos de cadmio y plomo en el cultivo de cacao en la región del Guayas*”. El **objetivo** del trabajo es: este estudio evaluar los efectos del cadmio y sustancias nocivas en el cultivo de cacao en el estado de Guayas, departamento de Progreso. La **metodología** de este estudio es el análisis y la investigación, incluyendo la observación y determinación de la actividad de inhibidores pesados en las plantas estudiadas, en relación con los resultados de los análisis de suelo y la interpretación de los resultados de los mismos. Demarcación de tierras para el cultivo de

cacao se realizó con un diseño experimental que aplicó tres tratamientos específicos, a saber, inhibidores minerales y dos inhibidores bioorgánicos con sus respectivas evidencias. Cabe señalar que se realiza una aplicación del tratamiento en el sitio antes de la etapa de desarrollo y formación de la oreja. En la parcela demostrativa se tomaron muestras de suelo 30 días después del tratamiento para determinar la composición mineral e identificación de metales pesados en el suelo. Recolectamos una muestra de suelo ponderada que consta de seis submuestras por cada 0,5 ha del área de estudio. En **conclusión:** En la prueba 1 del tratamiento a base de zeolita se determinó una reducción del 20% en cadmio y plomo en las semillas de chocolate debido a conclusiones anteriores sobre la bioacumulación en el suelo y no se utilizó. para la asimilación de las plantas. Se encontró que las concentraciones de cadmio y plomo en la semilla de chocolate demostraron que el tratamiento 1 fue el más exitoso en reducir los residuos de estos metales pesados en la semilla y alrededor de un 20%, cuando aumenta el nivel de concentración, se permite para su comercialización por debajo del nivel máximo de residuos de cadmio y plomo. Aunque no se observaron diferencias o diferencias significativas en el contenido de cadmio y plomo de las semillas en los demás tratamientos, sí retuvieron residuos de metales pesados en niveles variables.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Marín (2022). La tesis *“Influencia del Método de Limpieza con Fertilización Orgánica e Inorgánica en la Remediación del contenido de Cadmio en el Suelo y Granos de Cacao (Theobroma cacao L.) en Ucayali, Perú”*. En su investigación tiene como **objetivo** fue la determinación de la influencia de los métodos de limpieza de parcelas (MLP) en el contenido de Cadmio en suelos y granos de cacao (Theobroma cacao L.). La **metodología** Es una combinación de aplicado, ilustrativo, descriptivo y experimental. El estudio utilizó un diseño completamente al azar (CRD), con 4 bloques y 4 tratamientos. La unidad experimental fue de 1 hectárea y media de terreno. Los **resultados** el cadmio disponible en el suelo se determinó mediante el método de extracción y el cadmio total en los

gránulos mediante el método de precipitación mediante lectura en un espectrofotómetro de absorción atómica (EAA). Con base en el análisis de varianza a 0.05, ningún tratamiento afectó el contenido de cadmio del suelo en las parcelas evaluadas a 10, 20 y 40 cm de profundidad a los 30, 60 y 120 días de edad de evaluación, pero hubo una diferencia significativa. observado entre los tratamientos T2, T3 y T4 en comparación con T1 (control) después de 60 días de evaluación, lo que indica que MLP. La **conclusión** el tratamiento probado afectó el contenido de cadmio en el grano en todas las parcelas luego de 60 días de evaluación. Los tratamientos T3 y T4 son los tratamientos que logran el menor nivel de cadmio, lo que supone el mejor resultado en cuanto a contenido de cadmio en granos de cacao inferiores a T1 (referencia).

Huashuay (2021). La presente investigación, “*Determinación de cadmio y plomo en granos de cacao (Theobroma cacao L.) procedente de tres sectores del distrito de Ayna- Ayacucho – 2021*”. En su investigación tiene como **objetivo** consiste en analizar muestras de granos de cacao y determinar los niveles de cadmio y plomo, comparándolos con los valores permitidos por el Codex Alimentario, Normativas Europeas y Normas Técnicas Peruana. Su **metodología** es. Los **resultados** en el estudio de plomo, la mayor concentración estuvo en el lote N° 1.1, codificado como Pb-P01-01 con un contenido de 2,88 µg/g, y la menor concentración de plomo estuvo en el lote N° 1.3, codificado como PbP03-03 con 1,886 µg/g. El nivel promedio de concentración de plomo en el gráfico No. 1. 1 es 2.616 µg/g, en el gráfico no. 2 con 2.207 µg/g y en el gráfico no. 3 es 1,9045 µg/g. En cuanto al cadmio, la mayor concentración se presentó en el lote 1. La **conclusión** Concentración promedio de plomo en granos de cacao de tres sectores del distrito de Ayaña-Ayacucho en el parque N° 1 con 2,616 ug/g, Parque N° 1 con 2.207 ug/g y Park no. 3 con 1,9045 ug/g. 5. Parque núm. 1 codificado Cad-P01-04 tiene el nivel más alto de cadmio con 0,186 ug/g. Y el nivel más bajo corresponde al paquete N° 2 codificados CadP02-02 con 0,06 ug/g. 6.

Falero (2021). Estudio actual, “Determinación de metales pesados – arsénico, cadmio, mercurio y plomo – en banano orgánico producido en el

distrito de Buenos Aires, Valle Alto Piura – Morropón, Piura 2020”. En su investigación tiene como **objetivo** Sus niveles se determinaron en agua y suelo de cultivo de las cooperativas ASPRAOSRA y ASPROBO. Para ello se propuso un estudio cuantitativo, no experimental, descriptivo y transversal. Se tomaron muestras de fruta y suelo de los canales de riego que abastecen tanto a las cooperativas como al agua. La **metodología** El estudio se realizó utilizando métodos cuantitativos. Cómo determinar la concentración de metales pesados (Pb, Hg, Cd, As) en banano; estas pruebas se realizan de manera no experimental utilizando agua de riego y suelo adecuado al sitio de cultivo. Los **resultados** Existe una diferencia significativa en los niveles promedio de arsénico en las dos zonas de cultivo encuestadas, se puede observar por la significancia de la prueba que Sig.=0,000 y el resultado es inferior a 0,01. La **conclusión** Se encontró que los niveles de arsénico y plomo en el suelo eran más altos en la cooperativa ASPROBO que en la cooperativa ASPRAORSA. Los niveles de cadmio en el suelo de ASPRAORSA son superiores a los de ASPROBO, y los niveles de metales pesados arsénico, cadmio, mercurio y plomo están por debajo de los límites máximos de los estándares internacionales.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Fabian (2022). La presente investigación “Evaluación de la Concentración de Cadmio y Plomo en Suelo y Tubérculos de Planta Vieja de Papa Orgánica (*Solanum tuberosum*) en el Distrito de Panao, Pachitea - Huánuco 2022”. El trabajo de investigación tuvo como **objetivo** evaluar la cantidad de Cadmio y Plomo en suelo y tubérculos de planta de papa (*Solanum tuberosum*) convencional y orgánica, en la provincia de Panao, en la provincia de Pachitea. Para lo cual la **metodología** usa fue de tipo descriptivo no experimental, en la que se tomaron 5 muestras del tubérculo (papa) y 5 muestras del suelo, para luego ser analizados en el laboratorio. Los **resultados** el promedio para el plomo está 0,2 ppm por encima del límite del CODEX (0,1 ppm) y el promedio para el cadmio es 0,09 ppm por debajo del límite del CODEX (0,01 ppm), lo que indica una presencia significativa de estos metales pesados. El cadmio en el suelo

está por debajo de 22,5520 ppm (70 ppm) de ECA y el plomo está por debajo de 0,15 ppm (1,4 ppm) de ECA para suelos agrícolas, por lo que se concluye que el exceso de plomo en las kanda (papas) proviene directamente del suelo, lo cual se nota. Esta es la necesidad de normas regulatorias para ciertos indicadores de metales pesados.

Ayala (2022). En la tesis sobre *“Influencia de una torre de alta tensión en la concentración del cadmio y plomo en un suelo agrícola del centro poblado Nauyan Rondós, distrito de Huánuco – Huánuco 2020”* **objetivo:** determinar la influencia de una torre de alta tensión en la concentración de cadmio y plomo en un suelo agrícola del centro poblado Nauyan Rondós, distrito de Huánuco – Huánuco 2020. Se aplicó la **metodología:** Al tomar 4 puntos de monitoreo (P1, P2, P3 y P4) para cada etapa de monitoreo (M1, M2 y M3), cada semana se recolectan 12 muestras para ver qué cambios pueden representar; en este sentido, la definición de Parámetros físicos y químicos (cadmio y plomo), se procesó con IBM SPSS Statistics 22 y luego se comparó con estándares usando D.S. No. 011 - 2017 – MINAM. **Conclusiones,** Ciertas concentraciones de metales pesados (cadmio y plomo) están presentes; los niveles están muy por debajo de las regulaciones.

Chávez (2018) . En la tesis del *“Evaluación de la concentración de cadmio en el suelo y frutos de una plantación de cacao (Theobroma cacao L.) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo - Huánuco 2020”*. Este estudio tuvo como **objetivo:** evaluar la concentración de cadmio en el suelo y frutos de una plantación de cacao (Theobroma cacao L.) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo - Huánuco 2020. La **metodología:** se realizó el muestreo en la zona establecida, donde se recolectaron 5 muestras de suelo y de frutos en (mazorcas), las cuales fueron trasladadas al laboratorio de la UNAS, para sus respectivos análisis. Los **resultados** fueron; Para suelo: El suelo cacaotero, de la zona de Aucayacu presenta un pH, de 5.19, lo cual refiere que es muy ácido, en cuanto a la concentración de cadmio en el suelo fue de 0.21 ppm, estos resultados fueron comparados con el ECA, indicando que no sobrepasa el ECA; para suelos agrícolas. Si bien no sobrepasan el ECA (1.4 ppm),

respectivo; demuestra la presencia de Cd en el suelo del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) **conclusión:** la concentración de cadmio disponible en los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.), de una plantación de la zona de Aucayacu, fue de 0.638 ppm, estos resultados fueron comparados con el LMP, respectivo, indicando que sobrepasa el LMP (0.50 ppm).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. BIOINDICADORES

Los bioindicadores se han propuesto como métodos confiables para detectar perturbaciones ambientales causadas por diversos factores estresantes. Debido a la severa degradación ambiental en todo el mundo, es necesario encontrar formas a valorar el medio ambiente para prevenir el deterioro ambiental, económico y de la salud asociados con dicha degradación. (Gonzalez, Vallarino, & Perez , 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 los componentes difundidos del suelo, consiste en porciones donde cambian de volumen donde es

reducido las piedras y las partículas de arcilla donde no se observa ni con un microscopio ordinario. El elemento mineral que compone el suelo donde se divide en tres fracciones de tamaño:

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

Clasificación de los bioindicadores

Según (Gonzales, Vallarino, & Perez , 2014). Detallan las siguientes clasificaciones:

Detectores: organismos 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 en la propagación del dióxido de azufre porque destruyen los componentes fúngicos, interrumpiendo así la simbiótica.

Explotadores: organismos que experimentan un crecimiento poblacional explosivo como resultado del enriquecimiento de nutrientes causado por la perturbación ambiental, por lo tanto, ante su apariencia indica la alteración. Por lo tanto, el crecimiento explosivo de algas en aguas eutróficas a los éxitos del gorrión común (*Passer domesticus*) en las ciudades o en las malas hiervas 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 de concentración que se pueda ser medidas sin sufrir el daño. Por ejemplo, en las macroalgas.

Organismos bioindicadores:

Los bioindicadores en el sentido más estricto de la palabra proporcionan información cualitativa sobre la salud 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 estresores ambientales. Estos cambios se pueden medir, evalúan cuantitativamente el disturbio de la intensidad. Por lo tanto, al monitorear cualquiera entorno, ambos deben desarrollarse juntos, que son las principales herramientas de valoración. Debido a que estos cambios se pueden medir, evalúan cuantitativamente la intensidad de la perturbación. De hecho, estos cambios, cuando pueden medirse, proporcionan una estimación cuantitativa de la intensidad de la perturbación. Esta en cualquiera monitoreo ambiental, ambos se deben desarrollar en conjunto, ya que es son la principal herramienta de evaluación. (Gonzales, Vallarino, & Perez, 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, el 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 de asfixia porque la piel se seca y el sistema circulatorio está cerrado, y la sangre fluye por los vasos, existen básicamente vasos dorsales y ventrales que se conectan entre sí en el tercio anterior y forman 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 & 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 los 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 tarda años.
- Libera el 60% de la materia orgánica después de la digestión.
- El suelo que pasa por la lombriz tiene 5 veces nitrógeno 7 veces potasio que el doble de magnesio y calcio.
- La lombriz produce 0,0006 kg. de humus por cada día.
- Puede vivir en población desde 50,000 individuos por m².
- Madurez sexual entre el 2 y 3 mes de vida.
- Se aparea y pone una capsula (capullo) cada 7 a 14 días que contiene de 2 a 20 lombrices que eclosionan después de 21 días. Por tanto, una lombriz adulta puede producir 1.500 crías al año.
- Tiene un cuerpo alargado, con simetría bilateral y segmento.
- Nacen blancas, en 5 a 6 días que se vuelven rosadas y cuando tienen 120 días se aparean. Los adultos tienen cilíptico anillo de 32 y 37.
- En total de anillos tiene 95 en todo su cuerpo.
- Tiene boca, sin dientes ni mandíbula en el primer anillo es lóbulo carnoso.
- Las Cutículas, la pared exterior que recubre la epidermis tienen glándulas en todos los anillos que secretan mucosidad, lo que le permite estar húmeda y flexible.
- Sedas, dos ventral y dos laterales entre los anillos 2 y 94
- Poro de nefridio, orificio excretor ubicado a cada lado de los anillos 4 y 94. 12.

Características internas de la lombriz

- Tiene sistema digestivo

- Tiene 5 pares de pulmones, 6 par de riñón y 182 conductos excretorios.
- Posee glándulas que lubrican el alimento y fibras musculares externas.
- Esófago: tienen 6 y 14 anillos y tienen 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 revestidas de cutícula. Su función es descomponer la comida 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.
- Cutícula: Es una lámina muy delgada, quitinosa, delgada, transparente, de color marrón brillante
- Epidermis: ubicado debajo de la cutícula, es un epitelio simple con células glandulares que produce mucosa. Se encarga de realizar el corte y mantener su húmeda y flexible.

Alimentación

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

Aunque pueden alimentarse de varios tipos de desechos orgánicos, ya que es importante para la calidad y formación que las lombrices necesitan para su alimento que almacena y mantenga su estado de gel

para que puede comer, el cual no pueden triturarlos debe monitorearse continuamente después de un periodo de actividad en nuevos alimentos.

Temperatura

La temperatura ideal para el buen desarrollo de las lombrices es de 20-30°, pero puede vivir entre 0 - 42°, donde se comprueba con el termómetro familiar. (Montez & 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

(Tenecela, 2012). Las lombrices rojas se utilizan principalmente en el proceso de lombricultura, que es un organismo biológico cuyo principal componente es el agua (80 - 90%) 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.

Clasificación ecológica global y función dentro del suelo

Las funciones que realizan las lombrices están relacionadas con las categorías ecológicas en las que se clasifican, según la distribución vertical de las lombrices y sus principales hábitos alimenticios. Las funciones que realizan propician los cambios de las propiedades del suelo ya que visiblemente los organismos de mayor tamaño son capaces de ingresar bacterias y hongos que se encuentran en el suelo y así, desplazarlos a otras capas o lugares. No tienen pigmento en la piel, pero pueden obtener una tonalidad azulada, amarillenta o café, dependiendo de los suelos ingeridos. Las lombrices son capaces de fabricar cámaras de estivaciones, las excretas que son depositados en la superficie son químicamente diferentes al suelo circundante, y el contenido de nitrógeno inorgánico es elevado. (Ortiz & Ortiz, 2018).

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, muestra la cutícula coloreada que muestran setas en los segmentos y en excepción de los primeros. Las lombrices de tierra 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", en 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, la constitución de las especies en comunidades, van a someterse según la muestra de la tierra, topografía y vegetación que también estará influenciada por el uso del suelo y la biogeografía de las lombrices. Estos organismos constituyen una gran parte de la biomasa animal en el suelo en varios ecosistemas, en zonas templadas y tropicales, las lombrices de tierra no se encuentran en bosques con suelo muy ácidos y basura de mala calidad. Las especies exóticas invasoras pueden estar presentes en muchas comunidades de lombrices. (Rios, 2010).

Usos de las lombrices: La lombriz tiene importante papel en el ecosistema, que también es utilizado vivo para la pesca deportiva y recreativa, también 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.

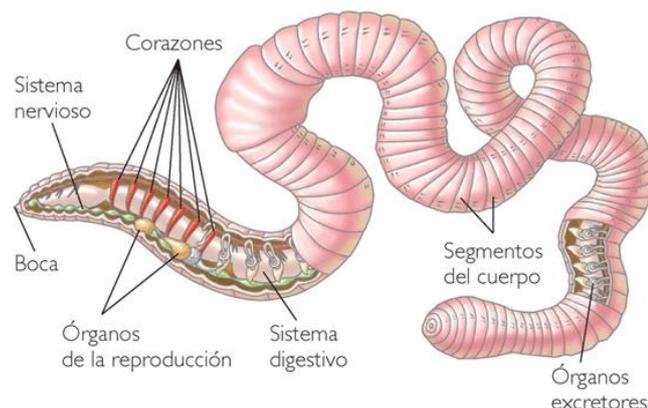
Su sistema circulatorio consta del vaso sanguíneo dorsal que proviene al menos 4 vasos sanguíneos abdominales, se extienden al largo de todo su cuerpo donde están interconectados por intervalos regulares a una serie, de vasos transversales. La vena dorsal tiene válvulas que tienen corazón. Sin embargo, su bombeo de sangre es principalmente de la actividad muscular. (Juárez, 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 nerviosa 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 para 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 oligoquetos del orden heplotaxida.

Las lombrices de tierra son utilizadas para la biorremediación de suelos contaminados de metales pesados como el Plomo y Cadmio. La lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) fueron preparadas para la remoción de plomo y cadmio, 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 tiene una boca 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 a través de sus desechos, y los túneles que cavan proporcionan oxígeno al suelo.

Papel 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 firme en 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

Según (Juárez, 2010) A la lombriz *Eisenia californiana* se le conoce también como lombriz foetida o lombriz roja de género *Eisenia*, perteneciente aquella familia Lombricida del orden de heplotaxidos, pertenecientes a la subclase de los oligoquetos. En los E.E.U.U de América fue donde que descubrieron las propiedades para el ecosistema y fueron ahí donde se instalaron los primeros criaderos, (Juarez, 2010).

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

- **Ámbito:** Animal
- **Filo:** Anélida
- **Carácter:** Oligoqueto
- **Clase:** Opisthoro
- **Raza:** Lombricidae
- **Tipo:** Eisenia

Según, (Ramirez, 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 metaneros, 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 especialmente en la capa superficial y polyhúmica que es filamentosa y de pequeños gusanos y la absorción de partículas orgánicas que se encuentra en abundancia cerca de la superficie o en las raíces.

2.2.4. CACAO

(Rodríguez & Ramos, 2019). Nos habla que el hábitat natural del cacao son montes de cálido húmedo. Tarda de 5 a 6 años en producir los primeros frutos y 6 meses en madurar. El nivel de la producción del cacao depende de las condiciones ambientales del área de cultivo. La temperatura y la humedad deben ser específicas para el crecimiento, y muchas veces se necesitan otros árboles caídos o árboles de "sombra" para protegerlos del sol, llamado árbol "madre del cacao". La forma y el tamaño del fruto varían mucho en función de las características genéticas, el entorno en el que crece y crece el árbol y el manejo de la plantación. También hay muchas tonalidades de color, de hecho, hay dos colores principales, el verde y rojo.

Cadmio en el cacao: El cadmio es un metal pesado que se produce de manera natural en el suelo, el cadmio es absorbido por las plantas de cacao que se acumula en la planta porque las raíces lo toman del suelo y del agua y este se mueve dentro de ella, hasta depositarse finalmente en los gramos de la mazorca de cacao.

Raíz: Se compone de la raíz pivotante principal denominada raíz pivotante primaria, que crece bajo una forma recta.

Hojas: Las hojas varían en tamaño; porque depende del carácter genético y de la posición que ocupa en el árbol.

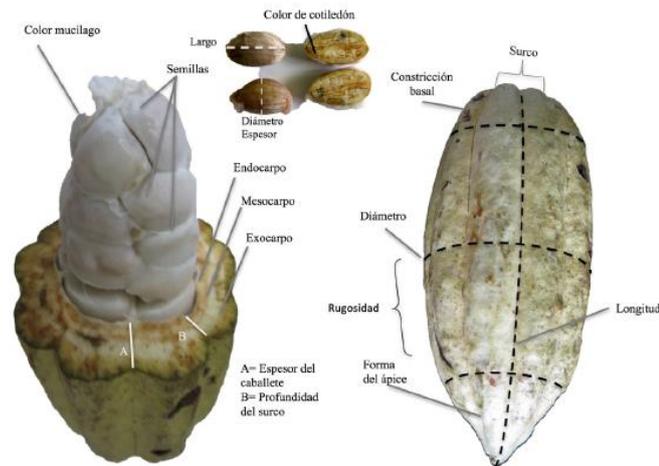
Fruto: Los frutos de cacao son el resultado de la fecundación del ovario de una flor fecundada. Porque la forma y el tamaño de la fruta varían según los rasgos genéticos, el entorno de crecimiento y maduración y las condiciones del jardín. Los colores también son muchos colores, en realidad dos colores principales, rojo y verde.

Flores: Las flores del cacao son hermafroditas, quintuples y tienen ovarios superiores, las flores de cacao constan de 5 sépalos y 5 pétalos en la estructura floral; androceo que consta de 10 filamentos y los cuales 5 son fértiles (estambres) y 5 son estériles (estaminodios) , el gineceo (pistilo) consta de un ovario superior con 5 vesículas unidas en la base, cada una de las cuales puede contener de 5 a 15 óvulos según el genotipo que tiene cada flor.

Semilla: El fruto del árbol de cacao puede contener entre 20 y 60 semillas donde la semilla de cacao es dentro del ovulo de la flor, fertilizado y madurado, que crece y madura hasta formar una mazorca. (Rodríguez & Ramos, 2019).

Figura 2

Estructura del fruto del cacao



Nota: Semillas grandes del tamaño de una almendra color chocolate o púrpuro de 2 a 3 cm de largo con un sabor amargo.

Factores Climáticos para el desarrollo del cacao: Los factores climáticos más importantes para el desarrollo del cacao son la temperatura y las precipitaciones. El cacao es un árbol que crece en la sombra. La humedad relativa es importante porque puede promover la propagación de ciertas enfermedades de las plantas. (Rodríguez & Ramos, 2019).

2.2.5. CADMIO

El Cadmio también es manipulado por los agricultores donde son manipulados y seleccionados según las condiciones físicas y químicas del suelo para reducir la acumulación de Cd en la cadena alimentaria. La selección de las condiciones del suelo se realiza eligiendo una ubicación; los suelos con pH más alto y alto contenido de arcilla, materia orgánica y zinc (Zn) y bajo contenido de Cd tienden a tener una acumulación mínima de Cd. (Rodríguez, 2019).

El cadmio en los suelos: La cantidad de cadmio en el suelo se ubica en (0,07 - 1,1 mg.kg) pero el nivel de fondo natural no supera los (0,5 mg, Kg-Los materiales orgánicos pueden tener efecto perjudicial sobre el cadmio, porque el componente soluble puede completar el cadmio, lo que facilita su movilidad en el suelo y durante la mineralización, dejando

el metal en forma accesible para las plantas. (Charrupi & Martínez, 2017).

El cadmio en las plantas: La absorción de cadmio en la planta puede verse facilitada por sustancias ácidas producidas en la rizosfera.

Se ha demostrado que algunas plantas, como la lechuga, la espinaca y los nabos absorben bien el cadmio, mientras otras como el trigo, el arroz, la avena y el trébol no lo absorben muy bien el cadmio en el suelo. (Charrupi & Martínez, 2017).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Suelos: es la cubierta de esta superficie de nuestro planeta tierra, que compone principalmente de restos rocosos que se han formado por procesos de erosión y transformación bajo la influencia de otros factores físicos y químicos o como resultado de la actividad biológica. Solo se crea una hecatombe en la roca, y un conjunto de diferentes partes se desintegra con el tiempo este proceso involucra varias condiciones atmosféricas, físicas, químicas y biológicas.

Beneficios de las lombrices: Las lombrices de tierra son muy esenciales para la salud de nuestro suelo porque traen nutrientes y minerales a la superficie junto con los desechos y los túneles que cavan entregan oxígeno al suelo.

Legislatura ambiental en referencia a la calidad del suelo: Los legisladores ambientales intentan predecir cambios negativos en el suelo. que se basa en buenas prácticas ambientales en cada proceso productivo Tiene como objetivo evitar la contaminación de los recursos naturales, según el (MINAM, 2017) en Perú, 37 Modelo de Calidad Ambiental de Suelos – D.S. No. 011-2017 especifica la combinación o concentración de parámetros sintéticos, orgánicos y mecánicos en el suelo. En el estado recibido, no representa un peligro significativo para el bienestar humano y la naturaleza, debiendo iniciarse el proceso de rehabilitación de las áreas dañadas de los suelos, los criterios que están presentes en los anteriores se han aplicado las normas mencionadas.

Tabla 1

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo

Usos de los suelos				
Parámetros en mg/kg Ps	Suelo Agrícola	Suelo Residencial/ Parques	Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivo	Métodos de Ensayo
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0.03	0.03	0.03	EPA 8260 EPA 8021
Tolueno	0.37	0.37	0.37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0.082	0.082	0.082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
Hidrocarburos poliaromáticos				
Naftaleno	0.1	0.6	22	EPA 8260 EPA 8021
Benzo(a) pireno	0.1	0.7	0.7	EPA 8270 EPA 8270
Hidrocarburos de Petróleo				
Fracción de Hidrocarburos F1 (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de Hidrocarburos F3 (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
Compuestos Organoclorados				
Bifenilos policlorados PCB	0.5	1.3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0.1	0.2	0.5	EPA 8260
Tricloroetileno	0.01	0.01	0.01	EPA 8260
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total	750	500	2000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1.4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0.4	0.4	1.4	EPA 3060/ EPA 7199 o 39 DIN EN 15192
Mercurio	6.6	6.6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó EPA 3050

Plomo	70	140	800	EPA 3051 EPA 9013 SEMWW AWWAWEF 4500 CN F
Cianuro Libre	0.9	0.9	8	ASTM D7237 y/ó ISO 17690:2015

Nota: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas. EPA. este parámetro comprende la suma de Xilenos: o-xileno, m-xileno y p-xileno. En el respectivo informe de ensayo se debe reportar la suma de los Xilenos, así como las concentraciones y límites de cuantificación de los tres (3) isómeros de manera individual (MINAM, 2017).

Interpretación del Análisis: La interpretación es el paso más importante y difícil en el análisis de suelos. Esto significa no solo conocer los niveles criterios, sino también la posibilidad de un concepto de análisis global, teniendo en cuenta la interdependencia de los elementos y propiedades del suelo, midiendo los efectos de las condiciones climáticas.

Desde un punto de vista químico o físico, un método analítico puede ser bueno para fines agrícolas, pero si no está relacionado con la respuesta de la planta en condiciones de campo o invernadero, la técnica o procedimiento no tiene valor. Por lo tanto, es necesario calibrar el método, determinar el valor límite para calificar el suelo como bajo, medio o alto en elementos individuales, según los resultados del análisis del método. (Muñoz, 1978).

Técnica de Muestreo: Una técnica de muestreo es un procedimiento en el que se toman muestras específicas para caracterizar la superficie del suelo y una muestra se puede definir como una porción representativa que exhibe las mismas propiedades o propiedades del material en estudio y las muestras utilizadas debe ser enviado al laboratorio. (MINAM, Guía para muestreo de suelos, 2014).

Punto de muestreo: Un punto de muestreo es la ubicación espacial geo-referenciada del sitio de recolección, ya sea en la superficie o en la profundidad. (MINAM, Guía para muestreo de suelos, 2014).

Muestreo superficial: Ocurren a una profundidad de aproximadamente 1 metro y a través de la cual se pueden usar exploraciones manuales. El sistema es correspondiente y eficiente para usar es simple y económico, ya que la proporción de la superficie del suelo que se alcanza a través de la extracción con esta técnica. (MINAM, Guía para muestreo de suelo, 2014).

Muestreo aleatorio: Los patrones aleatorios, elegidos aleatoriamente por software y tablas estadísticas, no necesariamente utilizan el historial del sitio o la configuración del canal. (MINAM, Guía para muestreo de suelos, 2014).

Muestreo aleatorio simple: Se recomienda el muestreo aleatorio simple para áreas uniformes menores a 5 hectáreas, delimitadas por letreros inteligentes y de paso a través del suelo, las áreas de muestreo deben estar marcadas en el plano cartesiano (xi, Yj). Su selección debe hacerse con una tabla de números aleatorios si es igual a la probabilidad de que cada elemento sea seleccionado. El diseño muestral, en pocas palabras, se refiere a diferentes formas de distribuir los colegios electorales. (MINAM, Guía para muestreo de suelos, 2014).

Eisenia Foetida: La lombriz *Eisenia foetida* es una especie de tierra, del orden haplotaxid pertenecientes a la familia lumbricidae perteneciente a su vez a la especie oligoqueta. La lombriz cuando es adulto mide de 5 a 6 centímetros, su diámetro es de aproximadamente un gramo, cuando las condiciones ambientales son favorables las lombrices pueden vivir hasta 16 años, (Fuentes, 1987).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

H₁: La lombriz (*Eisenia foetida*) es eficaz para el tratamiento de suelos contaminados con metales pesados por cultivo de cacao, Huánuco.

H₀: La lombriz (*Eisenia foetida*) no es eficaz para el tratamiento de suelos contaminados con metales pesados por cultivo de cacao, Huánuco.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Suelos contaminados con metales pesados en suelos de cultivo de cacao.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Lombriz *Eisenia foetida*

2.6. OPERALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	VALOR FINAL	TIPO DE VARIABLE
Variable independiente				
Lombriz Eisenia foetida	Eisenia foetida	Peso de lombrices (2) kg	Kg	Numérica Continua
		Tiempo de accionar cada 15 (días)	(días)	
Variable dependiente				
Suelos contaminados con metales pesados en suelos de cultivo de cacao	Nivel de metales pesados en suelos de cultivo de cacao	Concentración inicial		Numérica Discreta
		Plomo	Ppm	
		Cadmio	Ppm	

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según intervención del investigador: No hay intervención, porque la verdad no cambia, sólo se observa. Por número de variables: analítica, donde se requiere análisis de datos multidimensionales. Acerca de la medición: Propósito porque este estudio utilizó datos primarios. Por número de variables del estudio: Transversal, ya que se utiliza la medición del propio estudio. Como estudio científico: el estudio es grande porque es importante para la investigación científica. (Supo, 2014).

3.1.1. ENFOQUE

En este estudio se utilizó el método o enfoque mixto, es decir, una combinación de métodos de investigación críticos, prácticos y sistemáticos, que incluye el análisis y recolección de datos cuantitativos, así como la integración y discusión conjunta, realizando intervenciones, es decir en base a la información recibida. Así obtener un mejor conocimiento del tema. (Sampieri, Hernandez, & Mendoza, 2008).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El presente estudio concierne al nivel de investigación Explicativo. La investigación a nivel explicativo tiene como objetivo evaluar la probabilidad de una variable en relación con otra. (Supo, 2014). Se utilizaron variables como las lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) para evaluar el efecto de suelos muy contaminados sobre las concentraciones de cadmio y plomo en suelos de cultivos de cacao.

3.1.3. DISEÑO

En el presente estudio concierne el diseño prospectivo, con intervención, analítico y longitudinal. (Supo, 2014). Controlada con

el propósito de predecir y controlar los fenómenos y examinar la probabilidad y causalidad entre las variables seleccionadas. El siguiente esquema ilustra el diseño de investigación.

Experimental: El diseño es experimental en el que una o más variables asociadas con una causa se diseñan intencionalmente para medir su efecto sobre otras variables de interés.

Grupo experimental (GE)

GE1: O1 X1 → O2 → X2

Donde:

- O1: Muestra inicial
- O2: Muestra final
- X1: Aplicación de la lombriz *Eisenia foetida*

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población de estudio fue constituida por una hectárea de suelos de cacao la cual se encuentra ubicada en el Distrito de Mariano Damaso Beraun, Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco y las coordenadas del área de estudio se describen en la siguiente tabla:

Tabla 2

Coordenadas UTM del Área de Estudio

PUNTOS	ESTE	NORTE
P1	392921	8962674
P2	392922	8962674
P3	392922	8962675
P4	392922	8962673

Nota: los datos se obtuvieron del GPS.

Para mayor referencia ver el mapa de ubicación en el anexo 5. **Método**

de conteo: 5 kg de suelo, tomados por el método de conteo.

3.3.2. MUESTRA

La muestra fue obtenida de la población. Que se encuentra conformada por 5 kilogramos de suelo de cultivo de cacao (Teobroma cacao).

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 3

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Variabes	Técnica de recolección de datos	Instrumento/ Recolección de Medición
Bioindicador (<i>Eisenia Foetida</i>)	Observación	Conteo de lombrices
Concentración de Plomo y Cadmio	Observación	Equipo de Absorción atómica

Nota: Recolección de datos.

3.3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente proyecto de investigación se realizó en el Centro poblado de la Cueva de las Pavas, ubicado sobre la carretera Tingo María, en el distrito de Mariano Dámaso Beraun, en la provincia de Leoncio Prado, en el departamento de Huánuco.

3.3.2. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS

El centro poblado de la Cueva de las Pavas se basa en el sistema de clasificación climática de Thornthwaite basado en diversas estaciones meteorológicas de la provincia de Leoncio Prado.

El Centro Poblado de Leoncio Prado se caracteriza por ser Húmedo y semi cálido, no presenta déficit de agua en meses secos.

Temperatura

La temperatura está sujeta a distintos componentes tal como: latitud, altitud, estaciones del año, etc. La temperatura anual en el

centro poblado de la cueva de las pavas es de 24.5°C, la cual varía según el microclima y el mapa ecológico geográfico del lugar.

3.3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales de Campo

Los materiales que utilice en los trabajos de campo fueron: bolsa de polietileno, pala, pico, wincha, balanza y valde.

Equipos

Los equipos que se utilizaron fueron GPS, una cámara digital y para transportarme un auto.

3.3.4. FACES

Se considero las siguientes actividades:

PRIMERA FACE

- **Evaluación del suelo:** Se realizó un reconocimiento sobre los suelos utilizados para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*). Esta área de trabajo, donde se realizó el estudio, se encuentra ubicada en el centro poblado Cueva de las Pavas, en el distrito de Mariano Damas Beraun, en la provincia de Leoncio Prado, en el departamento de Huánuco.

SEGUNDA FACE

- **Evaluación de Campo:** Se eligió una parcela de área donde elabore 1 calicata pequeña de profundidad de 25 - 30cm con las medidas de 1m x 1m. La calicata se realizó al azar en el área de estudio en las cuales se recolecto las muestras superficiales donde la profundidad de la calicata era menos de un metro, aquí se aplicó el sondeo manual. Este sistema fue fácil y accesible ya que la cantidad de suelo extraído es poca con esta técnica.

Tabla 4*Profundidad de Muestreo según el Uso de Suelo*

USO DE SUELO	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (CAPAS)
	0 - 30 cm
Suelo Agrícola	30 - 60 cm
	0 - 10 cm
Suelo Residencial /Parques	10 - 30 cm
Suelo Comercial/Extractivo	0 - 10 cm

Nota: Guía para muestreo de suelos, 2014. Suelo residencial/parques: Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento. Suelo comercial: Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios. Suelo industrial/extractivo: Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.

Para las muestras de suelo se utiliza el muestreo simple, este tipo de muestreo se realiza en un área menor a 5 hectáreas, esta importante característica del muestreo nos permite muestrear en todos los puntos posibles. El muestreo estadístico se refiere a este tipo de muestreo de distribución aleatoria. Los sitios de muestreo se eligen al azar, la muestra es irregular.

Así mismo, las calicatas realizadas en el área de estudio, con coordenadas UTM georreferenciadas que se pueden encontrar mediante software GPS en sus ubicaciones. Para el muestreo de suelo se utilizó el muestreo aleatorio simple, el cual se realiza en áreas menores a 5 hectáreas, y la principal característica de este muestreo es que puede tomarse en todas las ubicaciones posibles. El muestreo estadístico se refiere a este tipo de muestreo aleatorio. Los lugares de muestreo se seleccionan al azar, este muestreo no es aleatorio.

De igual forma, los pozos del área de estudio fueron georreferenciados mediante coordenadas UTM mediante software GPS a sus respectivas ubicaciones.

Para el muestreo de suelo se realizó un muestreo aleatorio simple. Este tipo de muestreo se realiza en áreas menores a 5 hectáreas. La característica principal de esta selección es que nos permite seleccionar todos los puntos posibles. El muestreo estadístico se refiere a este tipo de muestreo aleatorio. Los puntos de muestreo se eligen al azar, el patrón es irregular. De igual manera, las calicatas realizadas en el área de estudio georreferenciadas con coordenadas UTM se ubicaron mediante un programa de GPS.

TERCERA FACE

- **Metodología de Evaluación:** Con el pico se removió el perfil del suelo, lo cual nos muestra la primera capa en la que se encuentra la materia orgánica del suelo. Luego se pasó a excavar la calicata de 1m x 1m usando una wincha de 10 m y 30 cm de alto. Este es un parámetro del análisis de metales pesados, el tipo de recipiente es una bolsa de polietileno gruesa y no tiene una temperatura ni un tiempo máximo específico.

Tabla 5

Recipiente, Temperatura de Preservación y Tiempo de Conservación de Muestras Ambientales para los Análisis correspondientes

Parámetro	Tipo de recipiente	Temperatura de Preservación	Tiempo máximo De conservación
Compuestos Orgánicos Volátiles COV's.			
BTEX			
Hidrocarburos Fracción Ligera	Frasco de vidrio boca ancha, con tapa y sello de teflón.	4° C	14 días
Hidrocarburos Fracción Media			
Hidrocarburos Fracción Pesada			
Compuestos Orgánicos Semivolátiles COSV's y Plaguicidas			
Metales Pesados y Metaloides	Bolsas de polietileno densa.	Sin restricción	Sin restricciones
Mercurio (Hg).	Frasco de vidrio con tapa de teflón que asegure la integridad de las muestras hasta su análisis.	4° C	14 días
PCB.	Viales de vidrio con cierre de Teflón	4° C	14 días
PAH.	Viales de vidrio con cierre de Teflón	4° C	14 días

Nota: Guía para muestreos de suelos, 2014, las características del recipiente deben ser compatibles con el material del suelo y los agentes contaminantes en estudio a muestrear deben ser resistentes a la ruptura y evitar reacciones químicas con la muestra y/o pérdidas por evaporación. Debe evitarse en lo posible el uso de agentes químicos para conservar muestras de suelo, salvo que las metodologías lo estipulen. Para su conservación es conveniente mantenerlas en lugares frescos (4 a 6 °C), aplicables en contaminantes orgánicos.

CUARTA FASE

- **Preparación de muestras y envió al laboratorio:** Se utilizaron bolsas de polietileno. Una vez recolectada la muestra de suelo, la muestra fue enviada al Laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Agraria de la Selva, donde se realizaron los respectivos análisis de metales pesados para determinar mediante un análisis especial el contenido de cadmio y plomo entre otros metales.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Tabla 6

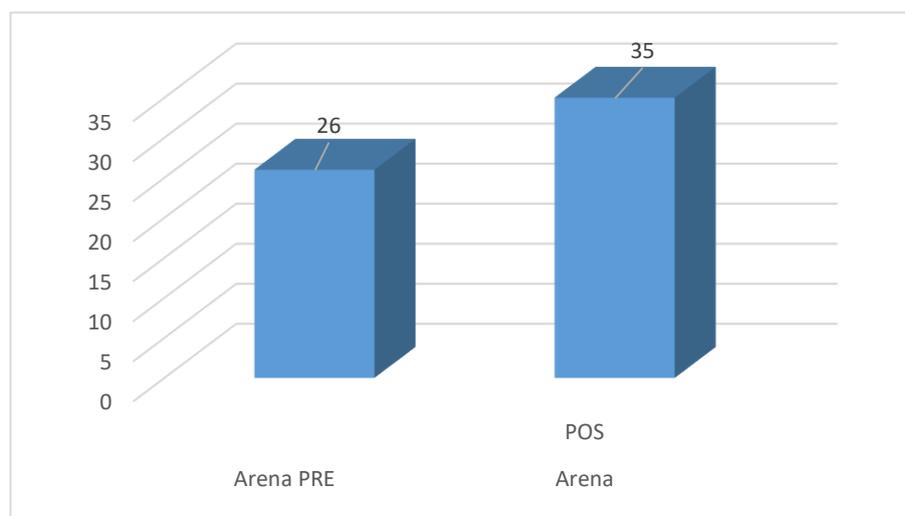
Análisis de la arena de suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia fétida Huánuco, 2023

	Arena PRE	Arena POS
Media	26	35
Error estándar de la media	0	1.8
L. Inf. 95% Nivel de confianza	26	31.5
L. Sup. 95% Nivel de confianza	26	38.5

Nota: Se aprecia un incremento del 34.6% en el porcentaje de arena final con respecto al valor inicial.

Figura 3

Análisis de la arena del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023



Nota: Se aprecia un incremento del 34.6% en el porcentaje de arena final con respecto al valor inicial.

Tabla 7

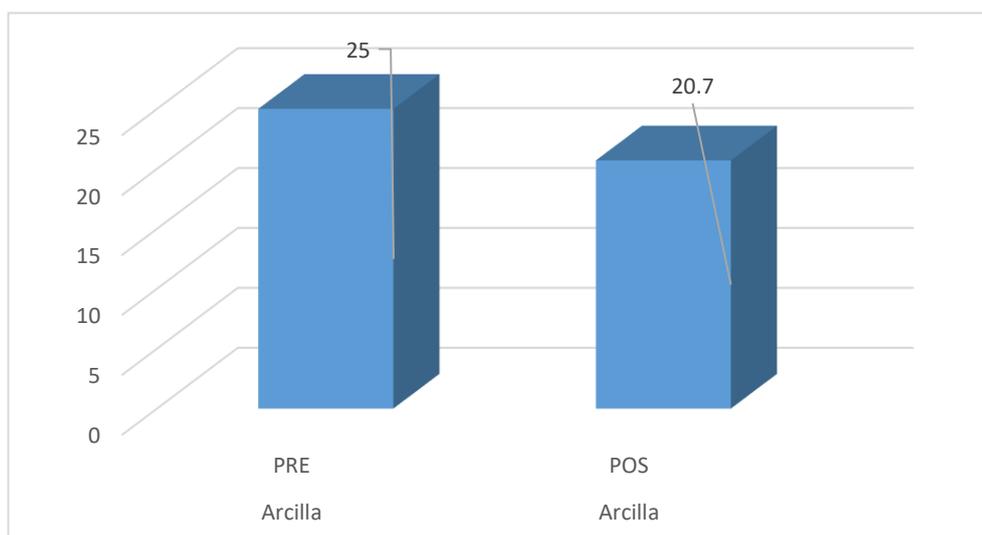
Análisis de la arcilla de suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia fétida, Huánuco 2023

	Arcilla PRE	Arcilla POS
Media	25	20.7
Error estándar de la media	0	2.7
L. Inf. 95% Nivel de confianza	25	15.4
L. Sup. 95% Nivel de confianza	25	26

Nota: Un decremento del 17.2% en el porcentaje final de arcilla con respecto al valor inicial.

Figura 4

Análisis de la arcilla de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida, Huanuco,2023



Nota: Un decremento del 17.2% en el porcentaje final de arcilla con respecto al valor inicial.

Tabla 8

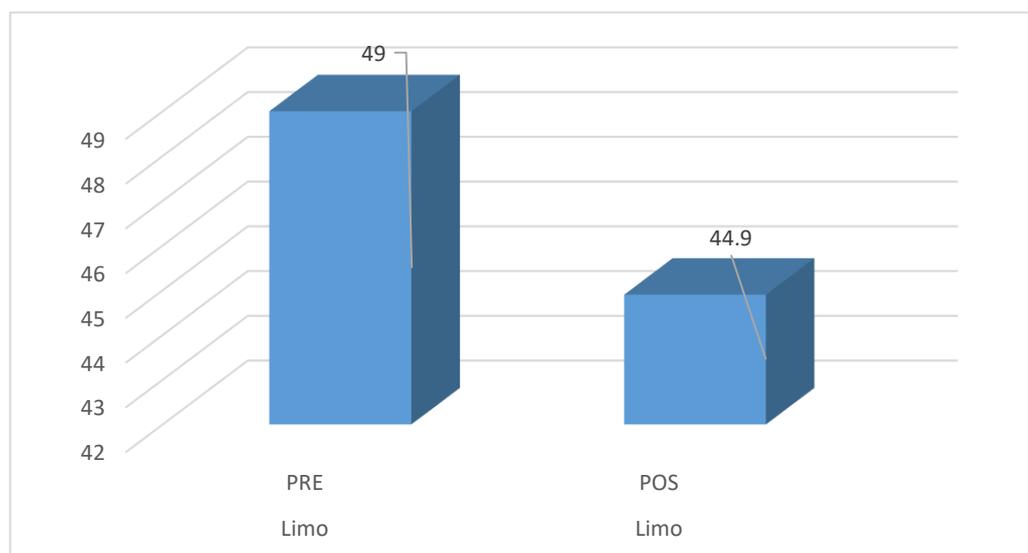
Análisis de limo de suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia fétida Huánuco, 2023

	Limo PRE	Limo POS
Media	49	44.9
Error estándar de la media	0	1.1
L. Inf. 95% Nivel de confianza	49	42.6
L. Sup. 95% Nivel de confianza	49	47.1

Nota: Un decremento de 8.4% en el porcentaje final de limo con respecto al valor inicial.

Figura 5

Análisis de limo de suelo de cultivo de cacao con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida, Huanuco,2023



Nota: Un decremento de 8.4% en el porcentaje final de limo con respecto al valor inicial.

Tabla 9

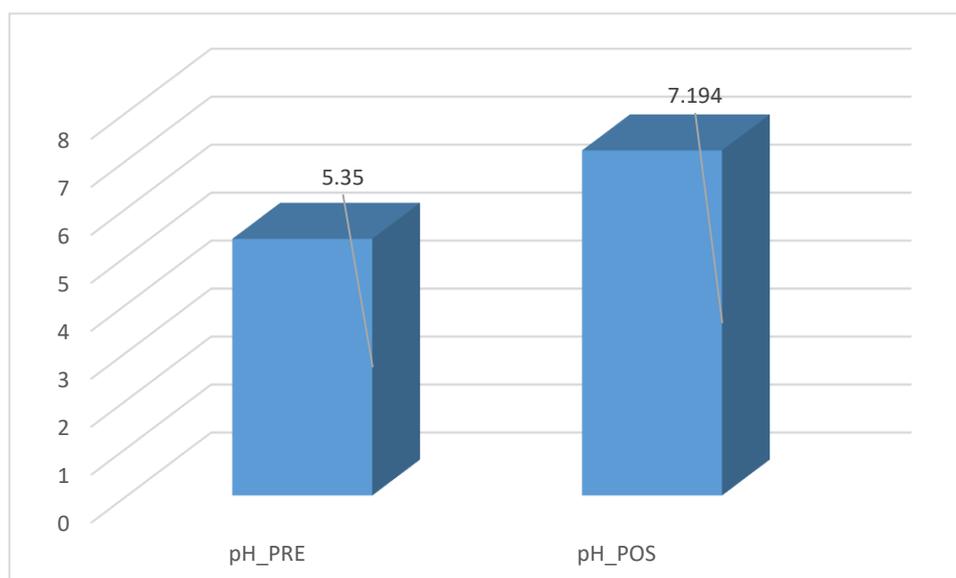
Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023

	Media	Error estándar de la media	L. Inf. 95% Nivel de confianza	L. Sup. 95% Nivel de confianza
pH_PRE	5.35	0	5.35	5.35
pH_POS	7.194	0.15062	6.9	7.49

Nota: Se aprecia un incremento de 34.4% en el valor del pH del suelo, luego de la intervención con la lombriz Eisenia foetida.

Figura 6

Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huánuco, 2023



Nota: Se aprecia un incremento de 34.4% en el valor del pH del suelo, luego de la intervención con la lombriz Eisenia foetida.

Tabla 10

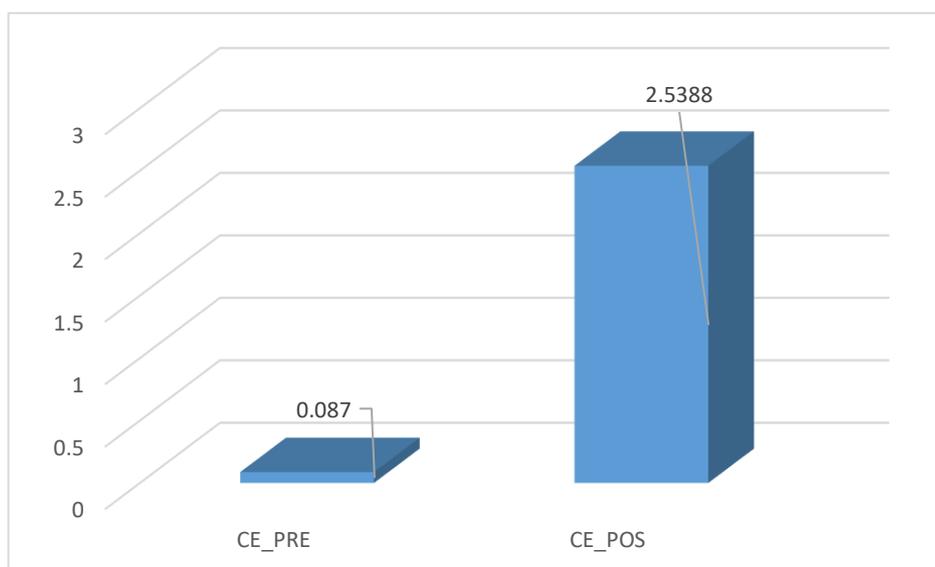
Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023

	Media	Error estándar de la media	L. Inf. 95% Nivel de confianza	L. Sup. 95% Nivel de confianza
CE_PRE	0.087	0	0.09	0.09
CE_POS	2.5388	0.34117	1.87	3.21

Nota: otros incrementos se dieron en la Conductividad Eléctrica (2818.2%)

Figura 7

Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023



Nota: otros incrementos se dieron en la Conductividad Eléctrica (2818.2%)

Tabla 11

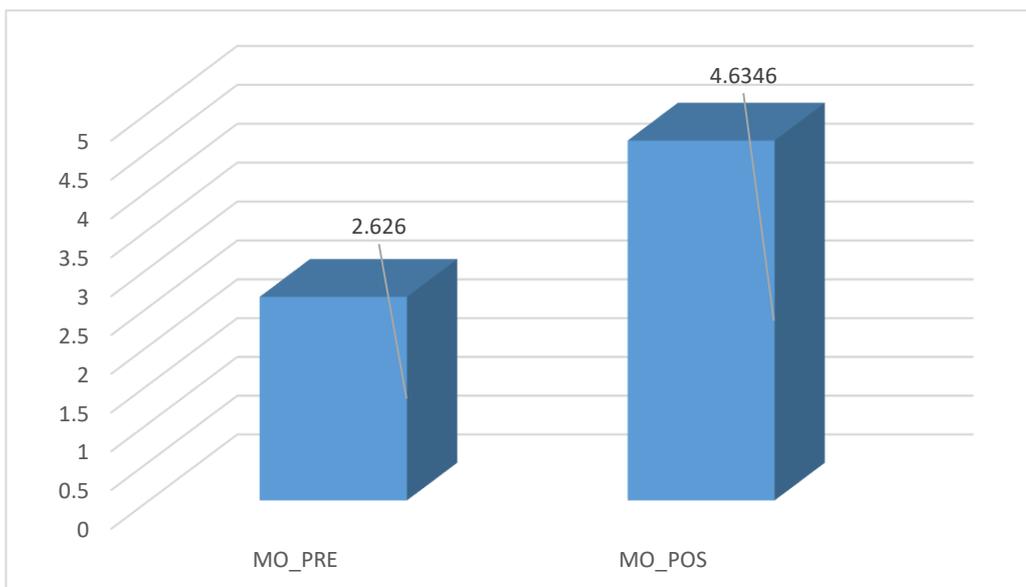
Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023

	Media	Error estándar de la media	L. Inf. 95% Nivel de confianza	L. Sup. 95% Nivel de confianza
MO_PRE	2.626	0	2.63	2.63
MO_POS	4.6346	0.19178	4.26	5.01

Nota: En la materia orgánica (76.54%)

Figura 8

Análisis fisicoquímico del suelo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023



Nota: En la materia orgánica (76.54%).

Tabla 12

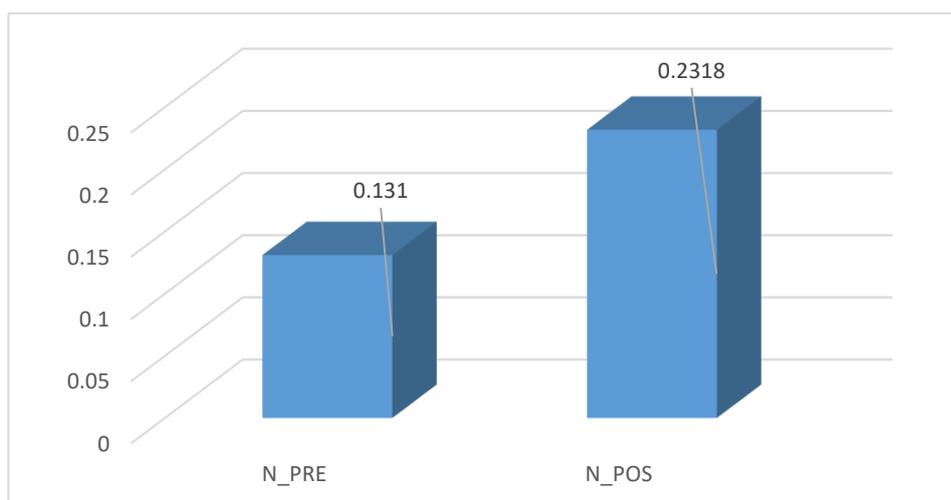
Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023

	Media	Error estándar de la media	L. Inf. 95% Nivel de confianza	L. Sup. 95% Nivel de confianza
N_PRE	0.131	0	0.13	0.13
N_POS	0.2318	0.00954	0.21	0.25

Nota: El Nitrógeno (76.9%).

Figura 9

Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Hunuco,2023



Nota: El Nitrógeno (76.9%)

Tabla 13

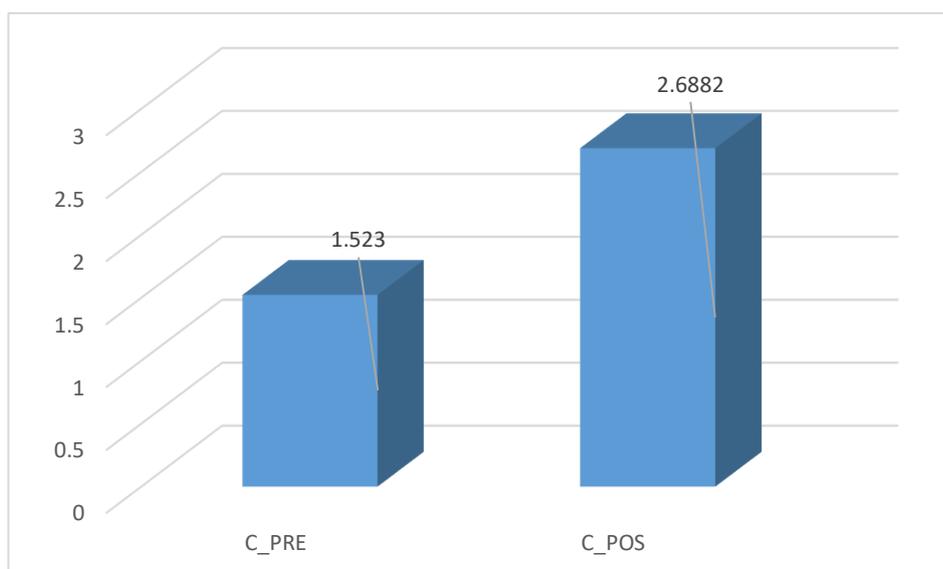
Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023

	Media	Error estándar de la media	L. Inf. 95% Nivel de confianza	L. Sup. 95% Nivel de confianza
C_PRE	1.523	0	1.52	1.52
C_POS	2.6882	0.11114	2.47	2.91

Nota: El Nitrógeno (76.9%)

Figura 10

Análisis fisicoquímico del suelo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023



Nota: El Carbono es de (76.5%)

Tabla 14

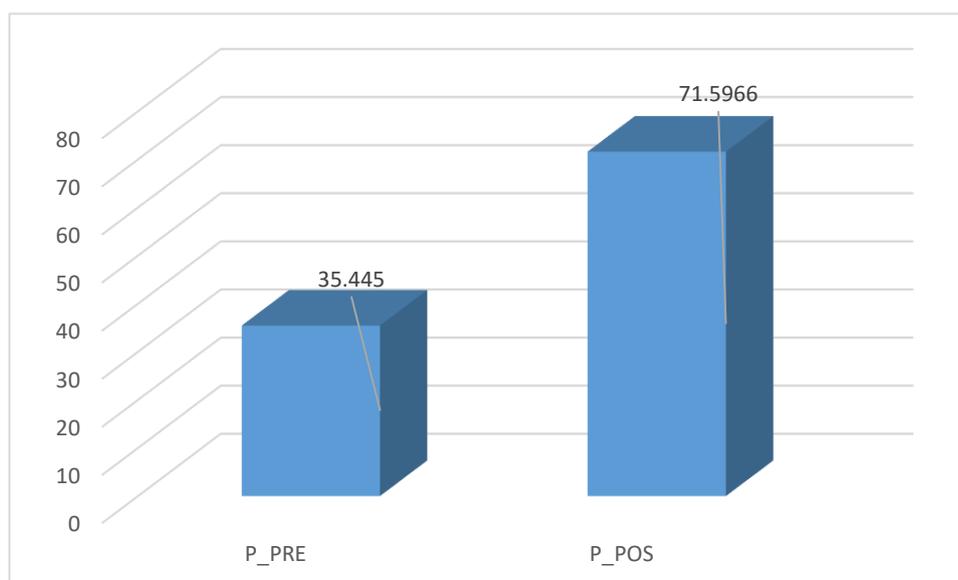
Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023

	Media	Error estándar de la media	L. Inf. 95% Nivel de confianza	L. Sup. 95% Nivel de confianza
P_PRE	35.445	0	35.45	35.45
P_POS	71.5966	11.57684	48.91	94.29

Nota: El Fosforo es de (102%)

Figura 11

Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Huanuco,2023



Nota: El Fosforo es de (102%)

Tabla 15

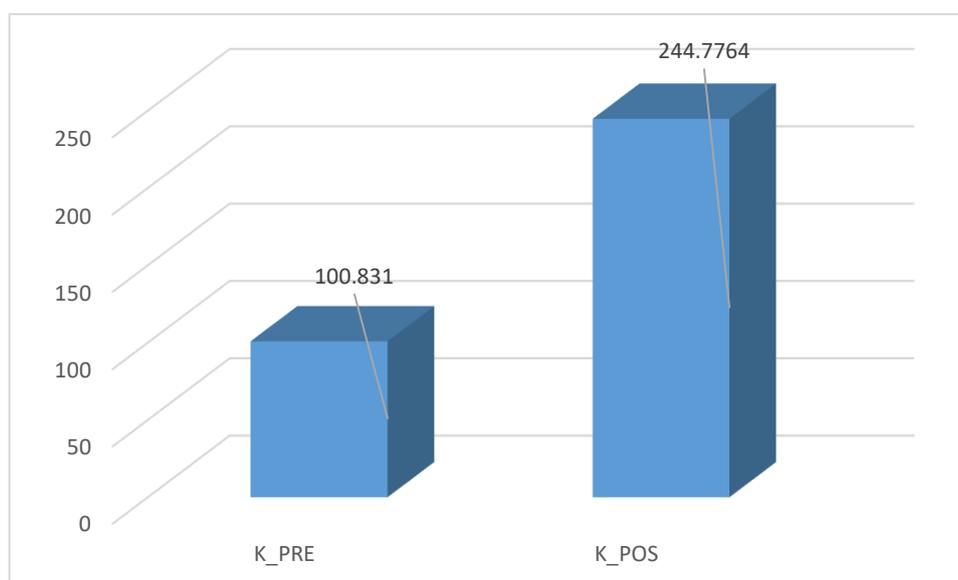
Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023

	Media	Error estándar de la media	L. Inf. 95% Nivel de confianza	L. Sup. 95% Nivel de confianza
K_PRE	100.831	0	100.83	100.83
K_POS	244.7764	27.41399	191.04	298.51

Nota: El potasio es de (142.76%)

Figura 12

Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023



Nota: El potasio es de (142.76%)

Tabla 16

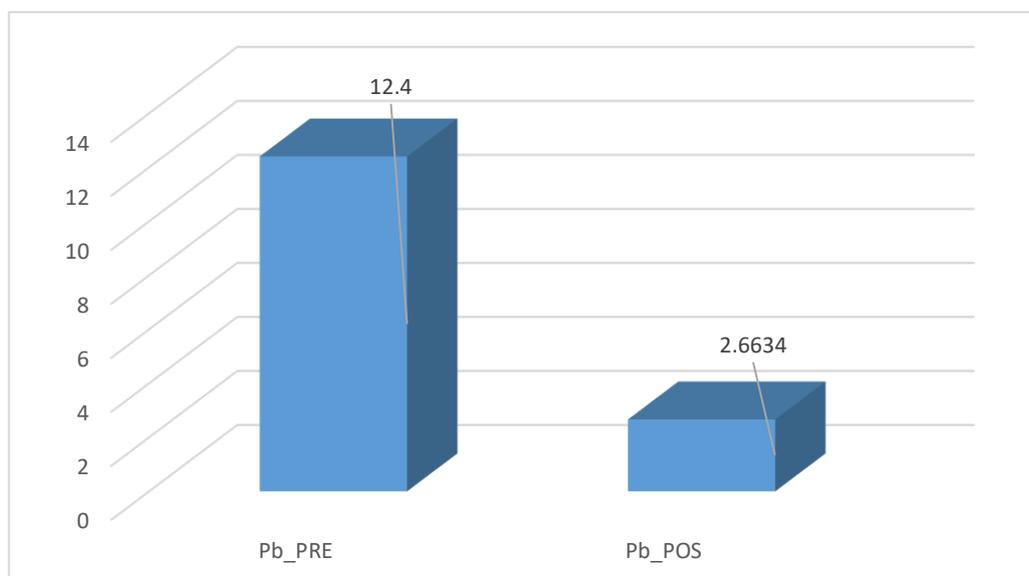
Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023

	Media	Error estándar de la media	L. Inf. 95% Nivel de confianza	L. Sup. 95% Nivel de confianza
Pb_PRE	12.4	0	12.4	12.4
Pb_POS	2.6634	1.24862	0.22	5.11

Nota: Por otro lado, se aprecia un decremento en la cantidad de Plomo (78.5%)

Figura 13

Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023



Nota: Por otro lado, se aprecia un decremento en la cantidad de Plomo (78.5%)

Tabla 17

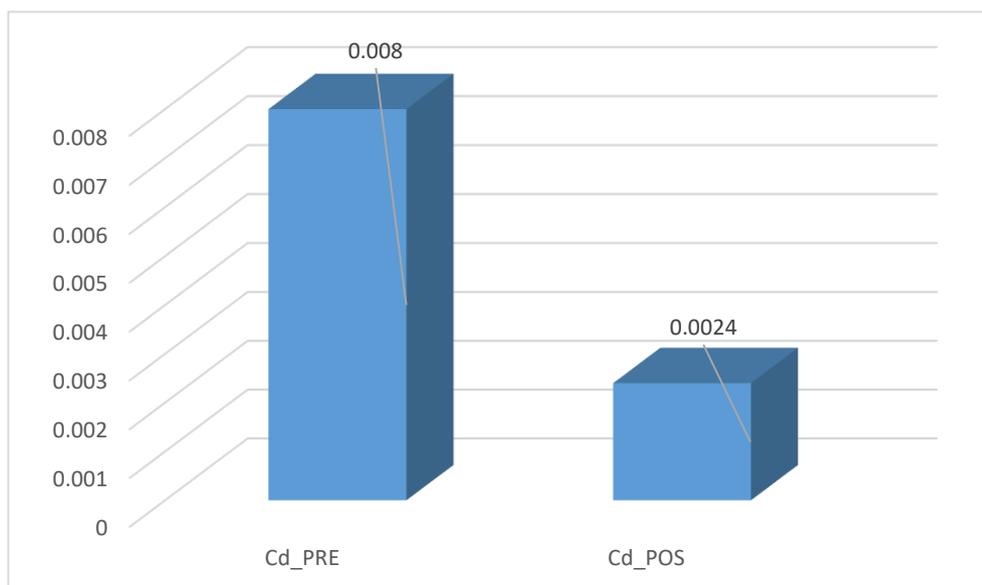
Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023

	Media	Error estándar de la media	L. Inf. 95% Nivel de confianza	L. Sup. 95% Nivel de confianza
Cd_PRE	0.008	0	0.01	0.01
Cd_POS	0.0024	0.0016	0	0.01

Nota: Por otro lado, se aprecia un decremento en la cantidad de Plomo (78.5%)

Figura 14

Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023



Nota: Por otro lado, se aprecia un decremento en la cantidad de Cadmio (70%)

Tabla 18

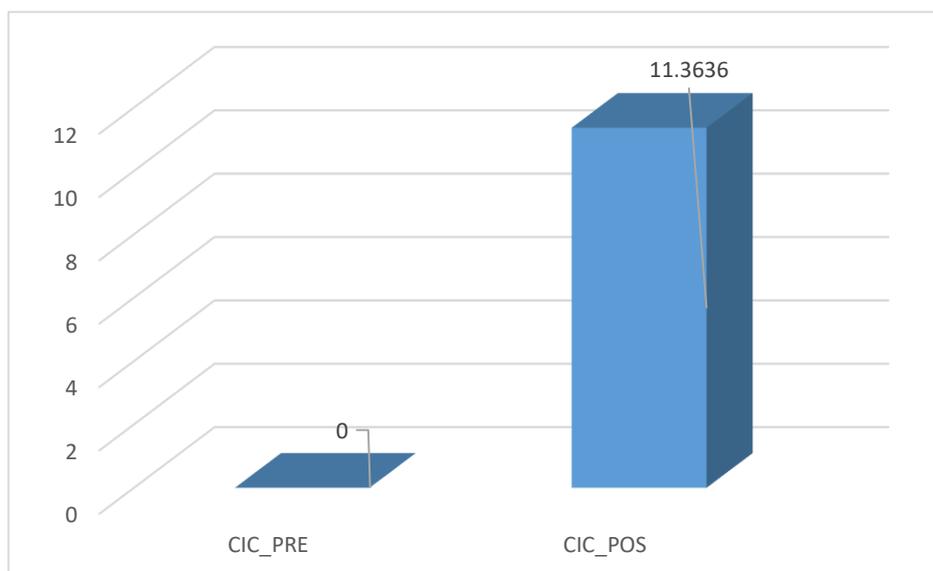
Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco,2023

	Media	Error estándar de la media	L. Inf. 95% Nivel de confianza	L. Sup. 95% Nivel de confianza
CIC_PRE	0	0	0	0
CIC_POS	11.3636	1.4975	8.43	14.3

Nota: La capacidad de intercambio catiónico es de (142.76%)

Figura 15

Análisis fisicoquímico del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco, 2023



Nota: La capacidad de intercambio catiónico es de (142.76%)

Tabla 19

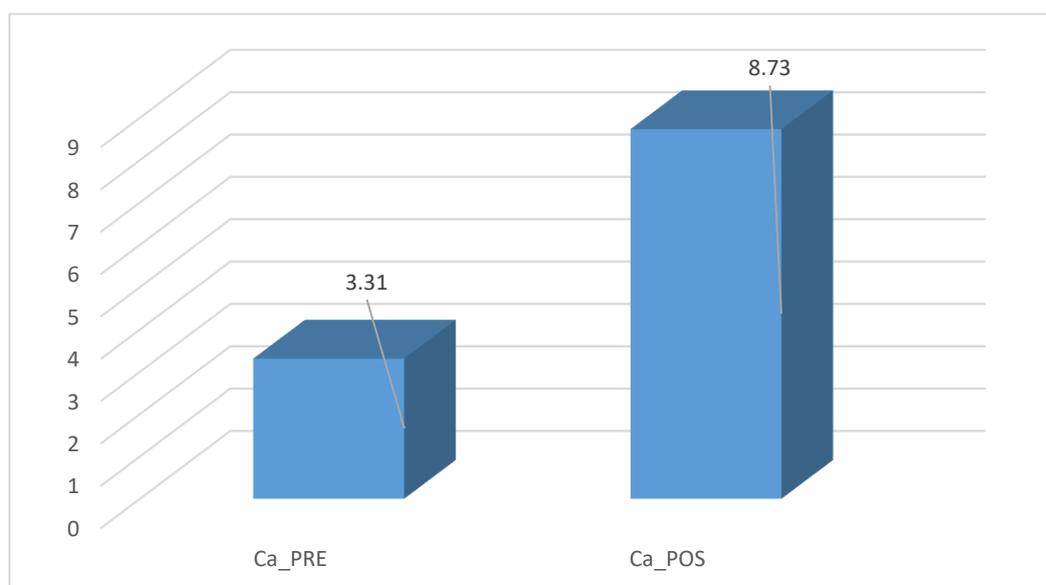
Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huánuco, 2023

	Media	Error estándar de la media	L. Inf. 95% Nivel de confianza	L. Sup. 95% Nivel de confianza
Ca_PRE	3.31	0	3.31	3.31
Ca_POS	8.73	1.07	6.63	10.84

Nota: Se aprecia que, en casi todos los indicadores evaluados, se ha incrementado sus valores, luego de la intervención con la lombriz Eisenia Foetida. Para el lado del Ca, el incremento fue de 163.75%

Figura 16

Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco, 2023



Nota: Se aprecia que, en casi todos los indicadores evaluados, se ha incrementado sus valores, luego de la intervención con la lombriz Eisenia Foetida. Para el lado del Ca, el incremento fue de 163.75%

Tabla 20

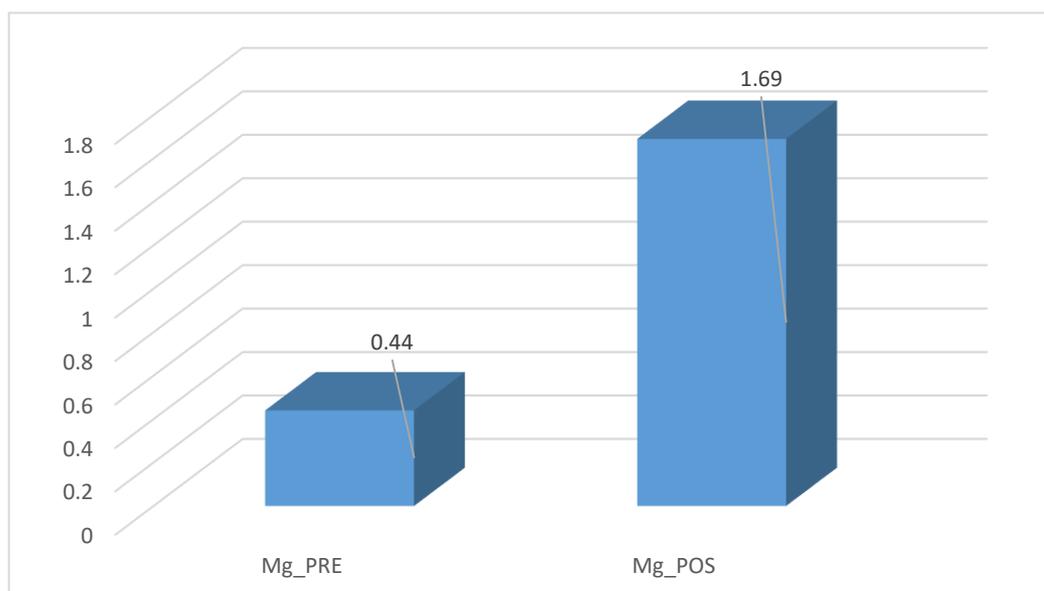
Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huánuco, 2023

	Media	Error estándar de la media	L. Inf. 95% Nivel de confianza	L. Sup. 95% Nivel de confianza
Mg_PRE	0.44	0	0.44	0.44
Mg_POS	1.69	0.32	1.07	2.31

Nota: En el Magnesio, el incremento fue de 284%

Figura 17

Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco, 2023



Nota: En el Magnesio, el incremento fue de 284%

Tabla 21

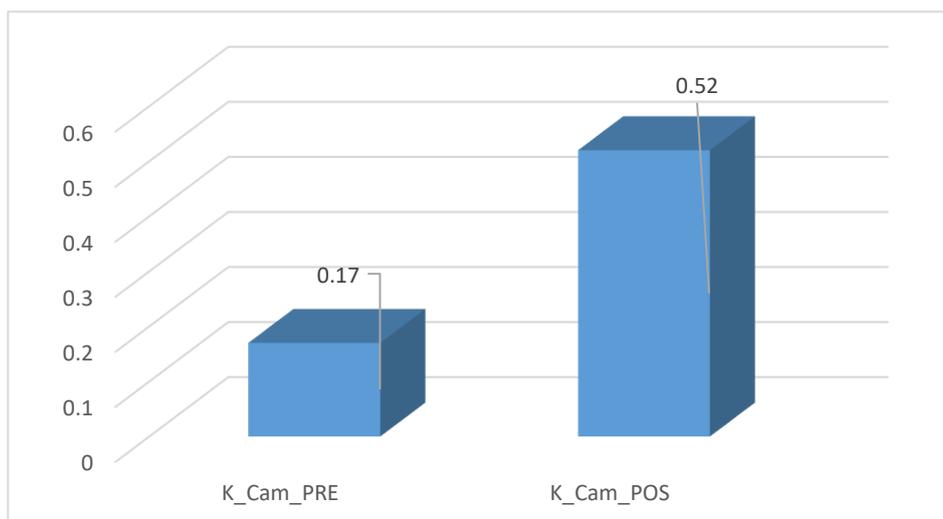
Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huánuco, 2023

	Media	Error estándar de la media	L. Inf. 95% Nivel de confianza	L. Sup. 95% Nivel de confianza
K_Cam_PRE	0.17	0	0.17	0.17
K_Cam_POS	0.52	0.07	0.38	0.66

Nota: En el Potasio cambiante, el incremento fue de 205.8%

Figura 18

Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco, 2023



Nota: En el Potasio cambiabile, el incremento fue de 205.8%

Tabla 22

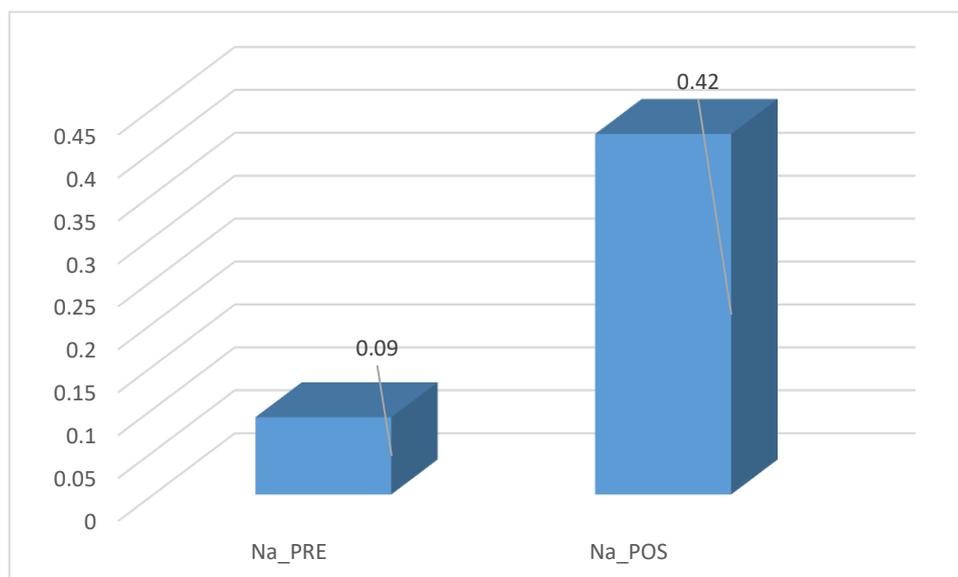
Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huánuco, 2023

	Media	Error estándar de la media	L. Inf. 95% Nivel de confianza	L. Sup. 95% Nivel de confianza
Na_PRE	0.09	0	0.09	0.09
Na_POS	0.42	0.08	0.26	0.58

Nota: En el Sodio, se dio un incremento de 366.6%

Figura 19

Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco, 2023



Nota: En el Sodio, se dio un incremento de 366.6%.

Tabla 23

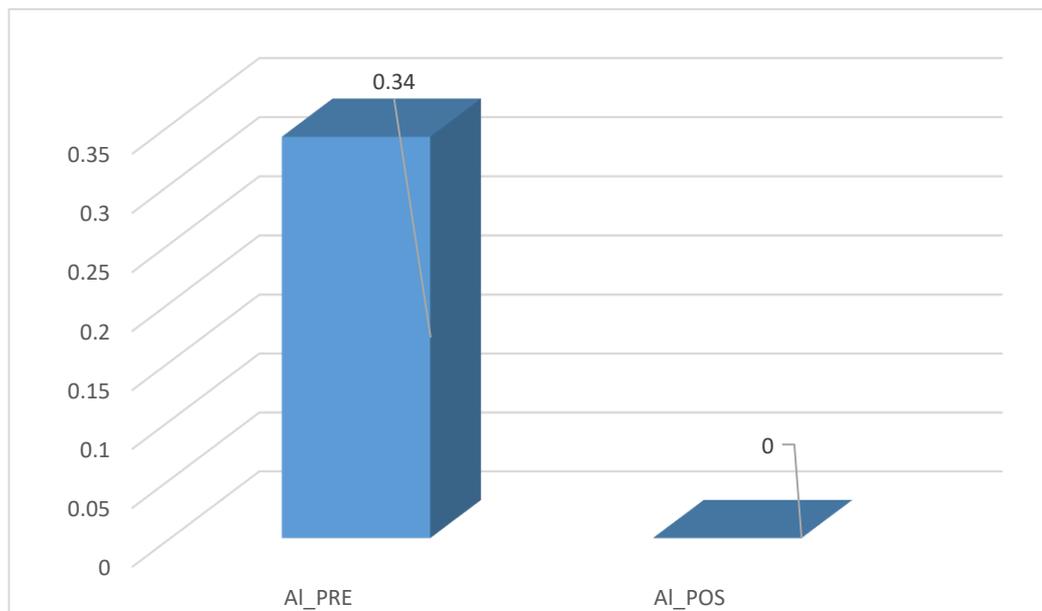
Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huánuco, 2023

	Media	Error estándar de la media	L. Inf. 95% Nivel de confianza	L. Sup. 95% Nivel de confianza
Al_PRE	0.34	0	0.34	0.34
Al_POS	0	0	0	0

Nota: Por otro lado, para el caso del Aluminio, el decremento fue al 100%

Figura 20

Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco, 2023



Nota: Por otro lado, para el caso del Aluminio, el decremento fue al 100%

Tabla 24

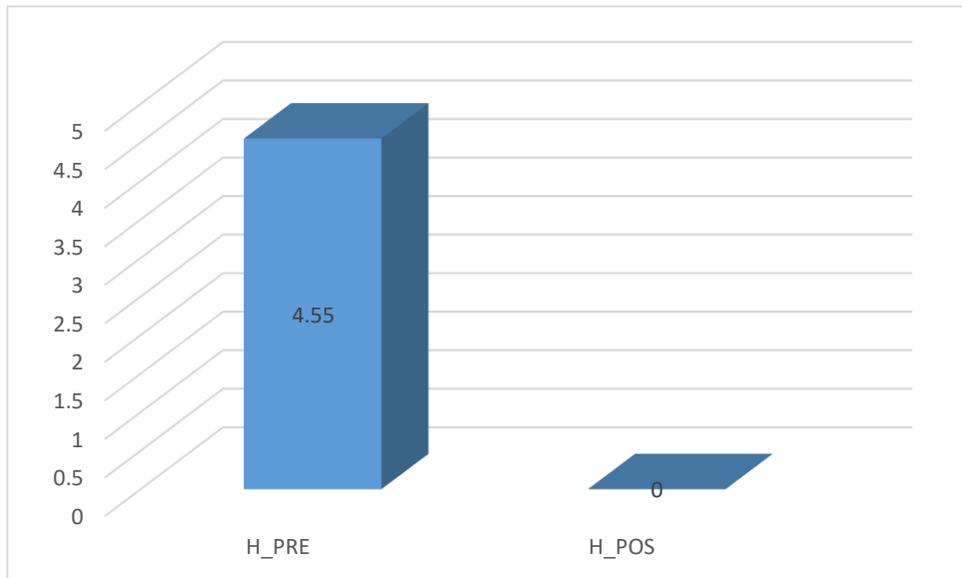
Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huánuco, 2023

	Media	Error estándar de la media	L. Inf. 95% Nivel de confianza	L. Sup. 95% Nivel de confianza
H_PRE	4.55	0	4.55	4.55
H_POS	0	0	0	0

Nota: Por otro lado, para el caso del Hidrogeno, el decremento fue al 100%

Figura 21

Análisis cambiables del suelo de cultivo de cacao contaminado con metales pesados antes y después de aplicarse la lombriz Eisenia foetida Huanuco, 2023



Nota: Por otro lado, para el caso del Hidrogeno, el decremento fue al 100%

Tabla 25*Prueba de normalidad de los datos con Kolmogórov-Smirnov*

	N	Máximas diferencias extremas Absoluta	Estadístico de prueba	Sig. asintótica (bilateral)
Arena	5	0.400	0.400	,09
Arcilla	5	0.385	0.385	,15
Limo	5	0.283	0.283	,200
pH	5	0.218	0.218	,200
CE	5	0.282	0.282	,200,
MO	5	0.414	0.414	,05
N	5	0.414	0.414	,05
C	5	0.414	0.414	,05
P	5	0.327	0.327	,086
K	5	0.356	0.356	,037
Pb	5	0.438	0.438	,20
Cd	5	0.349	0.349	,056
CIC	5	0.285	0.285	,200
Ca	5	0.285	0.285	,200
Mg	5	0.274	0.274	,200
K_Cam	5	0.201	0.201	,200
Na	5	0.252	0.252	,200

Nota: Los datos de la prueba de normalidad indican que, si se aproximan a una distribución normal, debido a que la significancia asintótica es mayor o igual a 0.05 por lo que es pertinente el uso de una prueba estadística paramétrica, para este caso, aplicaría el empleo de la t de Student para medidas relacionadas.

4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Por otra parte, se tiene la hipótesis nula (H_0), que rechaza dicha afirmación:

H_0 : La lombriz (*Eisenia Foetida*) no es eficaz para el tratamiento de suelos contaminados con metales pesados por cultivo de cacao, Huánuco.

El presente estudio plantea la contrastación de la siguiente hipótesis alterna (H_1):

H_1 : La lombriz (*Eisenia Foetida*) es eficaz para el tratamiento de suelos contaminados con metales pesados por cultivo de cacao, Huánuco.

El nivel de significancia es el convencional, es decir, **5%**.

La prueba estadística para emplearse será t de Student para medidas relacionadas.

Cálculo del p-valor mediante la prueba estadística.

La prueba estadística permitirá determinar las diferencias existentes entre los resultados del pre y post test.

Tabla 26

Prueba estadística t de Student para medidas relacionadas

	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	t	gl	Sig. (bilateral)
Arena_POS - Arena_PRE	9.01	3.98	1.78	5.06	4	0.01
Arcilla_POS - Arcilla_PRE	-4.30	6.04	2.70	-1.59	4	0.19
Limo_POS - Limo_PRE	-4.11	2.57	1.15	-3.58	4	0.02
pH_POS - pH_PRE	1.84	0.34	0.15	12.24	4	0.00
CE_POS - CE_PRE	2.45	0.76	0.34	7.19	4	0.00
MO_POS - MO_PRE	2.01	0.43	0.19	10.47	4	0.00
N_POS - N_PRE	0.10	0.02	0.01	10.56	4	0.00
C_POS - C_PRE	1.17	0.25	0.11	10.48	4	0.00
P_POS - P_PRE	36.15	25.89	11.58	3.12	4	0.04
K_POS - K_PRE	143.95	61.30	27.41	5.25	4	0.01
Pb_POS - Pb_PRE	-9.74	2.79	1.25	-7.80	4	0.00
Cd_POS - Cd_PRE	-0.01	0.00	0.00	-3.50	4	0.02
CIC_POS - CIC_PRE	11.36	3.35	1.50	7.59	4	0.00
Ca_POS - Ca_PRE	5.42	2.40	1.07	5.04	4	0.01
Mg_POS - Mg_PRE	1.25	0.71	0.32	3.93	4	0.02
K_Cam_POS - K_Cam_PRE	0.35	0.16	0.07	4.96	4	0.01
Na_POS - Na_PRE	0.33	0.18	0.08	4.06	4	0.02

Nota: Prueba estadística t de Student para medidas relacionadas

Se ha obtenido un p-valor (Sig. bilateral) inferior al nivel de significancia (0.05) en casi todos los indicadores evaluados, excepto en la arcilla. Ello quiere decir que la intervención con la lombriz *Eisenia foétida* sobre el suelo contaminado si ha ocasionado diferencias entre los valores finales (post test) respecto a los valores iniciales (pre test).

El efecto de la intervención se aprecia en el cuadro que sigue a continuación, en el que se comparan los valores obtenidos en la pre y post prueba, respecto al Estándar de calidad del suelo (ECA), según Ministerio de Agricultura Costa Rica para Suelo.

Tabla 27

Tabla interpretativa del efecto sobre el suelo contaminado debido a la intervención con la lombriz Eisenia foetida

Propiedad del suelo	Indicador	Parámetros del Suelo según ECA para Suelo		Pre test	Interpretación	Post test	Interpretación
		Valor	Rango Recomendado				
Propiedades Mecánicas	Arena		20-60	26 ppm	Si cumple el estándar	35 ppm	Si cumple el estándar
	Limo		30-70	49 ppm	Si cumple el estándar	44.9 ppm	Si cumple el estándar
	Arcilla		40-60	25 ppm	No cumple el estándar	20.7 ppm	No cumple el estándar
Propiedades Fisicoquímicas	Plomo	Menor 70 ppm		12.4 ppm	Si cumple el estándar	2.66ppm	Si cumple el estándar
	Cadmio	Menor 1.4 ppm		0.0080 ppm	Si cumple el estándar	0.0024 ppm	Si cumple el estándar
Propiedad del suelo	Indicador	Parámetros del Suelo según Ministerio de Agricultura Costa Rica para Suelo		Pre test	Interpretación	Post test	Interpretación
		Valor	Rango Recomendado				
Propiedades Fisicoquímicas	Fosforo	20-50		35.44 ppm	Si es optimo	71.59 ppm	No es optimo
	Potasio	0.5-0.8		100.83 ppm	No es optimo	244.77 ppm	No es optimo
	pH	6.0-7.0		5.35 ppm	No es optimo	7.19 ppm	No es optimo
Propiedades Cambiables	Calcio	6.0-15		3.31 ppm	No es optimo	8.73 ppm	Si es optimo
	Magnesio	3.0-6.0		0.44 ppm	No es optimo	1.69 ppm	No es optimo
	Potasio	0.50-0.80		0.17 ppm		0.52 ppm	

Nota: Tabla interpretativa del efecto sobre el suelo contaminado debido a la intervención con la lombriz *Eisenia foetida*

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Las muestras de suelo analizadas mostraron cada una de ellas condiciones químicas aceptables para suelos utilizados en zonas de cultivo de cacao, y los criterios determinados para establecer si el suelo agrícola está contaminado con metales pesados se ajustan al Decreto Supremo N° 2 que se muestra en el número. 011-2017-MINAM. Se aprueban Normas de Calidad Ambiental (ECA) para suelos.

Se encontró que la lombriz (*Eisenia foetida*) reduce la concentración del cadmio y plomo en suelos empleado para cultivo de cacao.

Pues el presente estudio se corresponde en cierta manera con la investigación de Fabián (2021) en su tesis: “Evaluación de concentraciones de cadmio y plomo en suelo y tubérculos, en un cultivo de papa convencional y orgánica (*Solanum tuberosum*). Distrito de Panao, Provincia de Pachite - Huánuco 2022”, Universidad de Huánuco, Perú. Los valores químicos para suelos de cultivos tradicionales estuvieron dentro de los parámetros establecidos para ECA de suelos agrícolas.

Los resultados del presente estudio de igual manera coinciden con la investigación de Solorzano (2021) en su tesis: “Análisis comparativo de inhibidores mineral y bioorgánicos de cadmio y plomo en el cultivo de cacao en la provincia del Guayas”, sector progreso, Universidad Agraria del Ecuador. Entre los tratamientos a base de zeolitas, los tratamientos a base de zeolitas tienen las mayores concentraciones de cadmio y plomo, los cuales funcionan a través de su capacidad de adsorción en el suelo mediante bioacumulación. Se ha demostrado que este tratamiento tiene más éxito para reducir los niveles de cadmio y plomo. El contenido de metales pesados está por debajo del límite máximo.

Los resultados de este estudio también concuerdan con los resultados de Ostz (2023) en su trabajo “Determinación de metales pesados en suelos agrícolas y leguminosas de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la costa central del Ecuador”. Ambato. Se realizaron mediciones de diámetro interior en dos estudios, pero los resultados analíticos difirieron de los valores obtenidos en este estudio. El plomo es un metal pesado que se encuentra en los suelos agrícolas se mantiene por debajo de los LMP de suelo. Mientras en cadmio también se encuentran por debajo de los LMP. Siendo adecuadas para el manejo y cultivo.

Del mismo modo, los resultados del presente estudio coinciden con la investigación de (Chávez,2020) en su tesis: “Evaluación de la concentración de cadmio en el suelo y frutos de una plantación de cacao (*theobroma cacao* l.) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo - Huánuco 2020”, Universidad de Huánuco, Perú, puesto que en ambos estudios fueron comprobados con el ECA indicando la concentración de cadmio en el suelo por lo cual no sobrepasa el ECA, para suelos agrícolas.

Del mismo modo los resultados del presente estudio de investigación de (Coronel, 2018) en su tesis: “Determinación de metales pesados plomo (Pb) y cadmio (Cd) en hortalizas de consumo directo producidas orgánicamente”, Universidad Central de Ecuador, puesto que ambos estudios fueron comprobados los valores del cadmio obteniendo un valor de 19.90 ppm, tanto en el plomo con un valor 14.61 ppm.

Los resultados del presente estudio de igual manera coinciden con la investigación de (Marín 2022) en su tesis: “Influencia del método de limpieza con fertilización orgánica e inorgánica en la remediación del contenido de cadmio en el suelo y granos de cacao (*theobroma cacao* l.) en Ucayali, Perú”, en ambos estudios se realizó calicata con un área de 1 hectárea de terreno, pero los análisis difieren con los valores adquiridos en la presente investigación. El cadmio como metal encontrado en suelos de cultivo de cacao en su valor final se encuentra por debajo de los LMP.

En cuanto el presente estudio coincide en cierta manera con la tesis de (Falero 2021) en su tesis: “Determinación de metales pesados arsénico,

cadmio, mercurio y plomo- en banano orgánico producido en el distrito de Buenos Aires, Valle alto de Piura – Morropón, Piura 2020”, en ambos estudios fueron comprobados con el ECA para suelo indicando la concentración de cadmio y plomo obteniendo los valores por debajo de los ECA para suelo agrícola.

En el presente estudio coincide en cierta manera con la tesis de (Ayala 2022) en su tesis: “Influencia de una torre de alta tensión en la concentración del cadmio y plomo en un suelo agrícola del centro poblado Nauyan Rondós, distrito de Huánuco 2020”, en ambos estudios fueron comprobados por el ECA suelo agrícola indicando que el cadmio y el plomo están por debajo de las ECA.

Este estudio será útil para futuros estudios que busquen mitigar o prevenir concentraciones de diversos metales pesados u otros contaminantes en nuevas tecnologías o estudios de absorción de metales pesados, uno de los cuales es el uso de bioindicadores para identificar metales pesados u otros contaminantes en suelos agrícolas.

CONCLUSIONES

De acuerdo a nuestro trabajo de investigación concluimos lo siguiente:

En cuanto al objetivo general: determinar la eficacia de la lombriz (*Eisenia foetida*) para el tratamiento de suelos contaminados de metales pesados en los suelos de cultivo de cacao.

La concentración de plomo y cadmio en el suelo de cultivo de cacao Cueva de las Pavas, distrito de Mariano Damaso Beraun, no sobrepasan el ECA, respectivo para suelos agrícolas. La concentración de fosforo se inició con 100.83 ppm obteniendo el final con 244.77 ppm, potasio se inició con 35.44 ppm obteniendo el final con 71.59 ppm donde nos indica que el suelo contiene nutrientes y es fértil. Las lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) con respecto a los resultados de los análisis realizados nos muestra que son idóneos para la absorción de los metales pesados disponible en el suelo.

En cuanto al objetivo específico: describir el análisis mecánico del suelo contaminado por metales pesados de cultivo de cacao antes y después de la intervención con la lombriz (*Eisenia foetida*).

Se aprecia un incremento del 34.6% en el porcentaje de arena final con respecto al valor inicial, un decremento del 17.2% en el porcentaje final de arcilla con respecto al valor inicial y un decremento de 8.4% en el porcentaje final de limo con respecto al valor inicial

Describir los parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado por metales pesados de cultivo de cacao antes y después de la intervención con la lombriz (*Eisenia foetida*).

En el valor del pH del suelo hay un incremento de 34.4%, con intervención con la lombriz (*Eisenia foetida*), otros incrementos se dieron en la Conductividad Eléctrica (2818.2%), en la materia orgánica (76.54%) el Nitrógeno (76.9%), el Carbono (76.5%), el Fósforo (102%), el Potasio (142.76%) y en el CIC. Por otro lado, se aprecia un decremento en la cantidad de Plomo (78.5%) y Cadmio (70%)

Describir los valores cambiables del suelo contaminado por metales pesados de cultivo de cacao antes y después de la intervención con la lombriz (*Eisenia foetida*).

Se observa que, en casi todos los indicadores evaluados, se ha incrementado sus valores, luego de la intervención con la lombriz (*Eisenia foetida*). Para el Calcio, el incremento fue de 163.75%. En el Magnesio, el incremento fue de 284%. En el Potasio cambiable, el incremento fue de 205.8%. En el Sodio, se dio un incremento de 366.6%. Por otro lado, para el caso del Aluminio y el Hidrógeno, el decremento fue al 100%.

Se acepta la hipótesis alterna teniendo en cuenta un nivel de significancia de 5% (0.05), que indica que, existe influencia de la densidad poblacional de las lombrices sobre la concentración de Cadmio en el suelo empleado para cultivos de cacao.

Se evaluó la influencia de la densidad poblacional del Cadmio y Plomo disponible en el suelo y con respecto a los resultados de los análisis realizados nos muestra una absorción de metales pesados por las lombrices de tierra de manera inversa con respecto a la concentración de cadmio así mismo el plomo no muestra una influencia de su concentración.

RECOMENDACIONES

El presente estudio de investigación tiene las siguientes recomendaciones:

Se recomienda para las futuras evaluaciones investigar sobre metales pesados entre otros tipos de contaminantes, se deberían realizar en otros tipos de cultivos para observar si la absorción del suelo y la macrofauna que involucra puede ser de mayor o menor concentración.

Se recomienda encontrar técnicas para mejorar o mitigar la absorción de los metales pesados empleando plantas, anélidos y hongos.

Se recomienda la utilización de abono orgánico para los suelos de cultivos de cacao para disminuir las concentraciones de los metales pesados en el fruto.

La importancia que tiene el cultivo de cacao a nivel nacional, local e internacional, se debe realizar más investigaciones con respecto de este cultivo, generando diversos productos por lo que resulta mayor importancia el tema de metales pesados evitando futuras pérdidas en su comercialización.

Realizar investigaciones con respecto a la absorción de diferentes metales pesados por parte de las lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) para futuros proyectos.

Realizar estudios con mayor tiempo de evaluación para observar la reducción del contenido de Cadmio y Plomo en el tiempo.

Se recomienda llevar a cabo el estudio de la investigación por un tiempo más prolongado, y así obtener una mejora en la recuperación del suelo con datos más favorables en el estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alvarado, Y. F. (6 de julio de 2021). *“DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS - ARSÉNICO, CADMIO, MERCURIO Y PLOMO - EN BANANO ORGÁNICO PRODUCIDO EN EL DISTRITO DE BUENOS AIRES, VALLE ALTO PIURA – MORROPÓN, PIURA 2020”*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA: <https://core.ac.uk/download/pdf/479881258.pdf>
- Ávila, O. G. (8 de febrero de 2023). *Determinación de metales pesados en suelos de cultivo y en granos de plantaciones de cacao (Theobroma cacao L.) pertenecientes a la zona litoral central del Ecuador*. Obtenido de UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/37932/1/CBT%20021.pdf>
- Ayala Tello, J. V. (14 de octubre de 2022). *“INFLUENCIA DE UNA TORRE DE ALTA TENSIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DEL CADMIO Y PLOMO EN UN SUELO AGRICOLA DEL CENTRO POBLADO NAUYAN RONDOS, DISTRITO DE HUÁNUCO – HUÁNUCO 2020”*. Obtenido de UNIVERSIDAD DE HUANUCO:
- Belleza extravagante y funcionalidad: Lombrices de tierra. (2018). En D. Ortiz Gamino, & A. I. Ortiz Ceballos.
- Cabrera. (Enero de 2006). *MANUAL DE LOMBRICULTURA*. Obtenido de https://www.pilcomayo.net/media/uploads/biblioteca/libro_787_MA-156.pdf
- CALIXTO IGLESIAS , M. (2018). *“APORTE DEL INGA EDULIS A LA FERTILIDAD DEL SUELO DEGRADADO POR EL CULTIVO DE COCA (Erythroxylum coca) EN EL CASERIO DE BUENOS AIRES, DISTRITO RUPA RUPA, PROVINCIA LEONCIO PRADO, DEPARTAMENTO HUÁNUCO - 2018”*. *Titulo Profesinal*. Universidad

de Huanuco, Huanuco. Obtenido de <http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1460/CALIXTO%20IGLESIAS%2c%20Magaly.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Charrupi, & Martínez. (2017). *Estudio ambiental del cadmio y su relación con suelos destinados al cultivo de cacao en los departamentos de Arauca y Nariño*. Obtenido de Universidad de La Salle: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1717&context=ing_ambiental_sanitaria

Coronel, E. (2018). *Determinación de metales pesados plomo (Pb) y cadmio (Cd) en hortalizas de consumo directo producidas orgánicamente*. Obtenido de UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR: <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/086fda45-df28-4dce-b47c-187b35f79835/content>

Fabián Céspedes, Y. Y. (13 de diciembre de 2022). *“Evaluación de la concentración de cadmio y plomo en el suelo y tubérculos, de un cultivo convencional y orgánico de papa (Solanum tuberosum), en el distrito de Panao, provincia de Pachitea – Huánuco 2022”*. Obtenido de UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO: <http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14257/4028/Fabi%C3%A1n%20C%C3%A9spedes%2c%20Ying%20Yeserton.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Fuentes. (1987). *La crianza de la lombriz roja*. Obtenido de MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION.: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1987_01.pdf

Gabriela, C. A. (10 de enero de 2018). *Determinación de metales pesados plomo (Pb) y cadmio (Cd) en hortalizas de consumo directo producidas orgánicamente*. Obtenido de UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/14566/1/T-UCE-0004-A61-2018.pdf>

- Galan, & Romero. (2008). *Contaminación de Suelos por Metales Pesados*.
Obtenido de https://www.semineral.es/websem/PdfServlet?mod=archivos&subMod=publicaciones&archivo=Macla10_48.pdf
- GARCÍA, M. M. (28 de enero de 2022). *“INFLUENCIA DEL MÉTODO DE LIMPIEZA CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA E INORGÁNICA EN LA REMEDIACIÓN DEL CONTENIDO DE CADMIO EN EL SUELO Y GRANOS DE CACAO (Theobroma cacao L.) EN UCAYALI, PERÚ”*.
Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI:
http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5203/B02_2022_UNU_MAESTRIA_2020_TM_MARLON_MARIN.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gonzales, C., Vallarino, A., & Perez, J. (2014). *Bioindicadores*. Obtenido de <https://www.biopasos.com/biblioteca/Bioindicadores-guardianes-futuro-ambiental.pdf>
- Juárez. (2010). *RECICLAJE DE LODOS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA DEL PAPEL MEDIANTE LOMBRICULTURA UTILIZANDO LA ESPECIE “Lombriz roja californiana” Eisenia foétida*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA:
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1658/CIA%2020-34-TM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MINAM. (2017). *NORMAS LEGALES*. Obtenido de https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/DS_011-2017-MINAM.pdf
- Montez, M., & Ruiz, M. (2013). *Manual para el manejo de instalaciones de lombrícolas*. Obtenido de <https://icamex.edomex.gob.mx/sites/icamex.edomex.gob.mx/files/files/publicaciones/2013%20LOMBRICOLAS.pdf>
- Muñoz, R. (1978). *El análisis de suelos y su interpretación*. Obtenido de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/22521/21380_1237.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Ordoñez, Lopez, & Casa. (07 de Noviembre de 2020). *ANÁLISIS DE CADMIO, PLOMO, NÍQUEL Y ARSÉNICO EN PLANTAS DE CACAO Y DERIVADOS: INDUSTRIA ALIMENTARIA*. Obtenido de <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/367/3671857013/index.html>
- Ortiz, D., & Ortiz, A. (2018). *LOMBRICES DE TIERRA*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Angel-I-Ortiz-Ceballos/publication/325320585_Belleza_extravagante_y_funcionalidad_Lombrices_de_tierra/links/5b058d54a6fdcc8c25228f24/Belleza-extravagante-y-funcionalidad-Lombrices-de-tierra.pdf
- Pino. (2016). *Libro de cacao*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/338014361_LIBRO_CACAO
- Ramirez. (2013). *Dinámica de las Poblaciones de Lombrices en un Andisol Sometido a Distintos Sistemas de Uso del Suelo*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia : <https://www.redalyc.org/pdf/1799/179930031006.pdf>
- Ríos. (2010). *IMPORTANCIA DE LAS LOMBRICES EN LA AGRICULTURA*. Obtenido de Universidad Centroccidental: http://www.avpa.ula.ve/eventos/viii_encuentro_monogastricos/sistemas_integrados/conferencia-8.pdf
- Rodriguez, N. (2019). *LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO: UNA REALIDAD OCULTA*. Obtenido de ORGANIZACIÓN DE LA NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA: <https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf>
- Rodriguez, & Ramos. (2019). *“ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA DE TABLETAS DE CHOCOLATE A BASE DE CACAO PIURANO EN LA CIUDAD DE PIURA – 2019”*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA: <https://repositorio.unp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/bd859fc4-eb80-4c24-995e-0a1dbe5d28e2/content>

- Rodríguez, & Ramos. (2019). *“ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA DE TABLETAS DE CHOCOLATE A BASE DE CACAO PIURANO EN LA CIUDAD DE PIURA – 2019”*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA:
<https://repositorio.unp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/bd859fc4-eb80-4c24-995e-0a1dbe5d28e2/content>
- Sampieri, H. .,., Hernandes, & Mendoza. (2008). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA*. Obtenido de Universidad Tecnológica Laja Bajío:
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64591365/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n._Rutas_cuantitativa__cualitativa_y_mixta-libre.pdf?1601784484=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMETODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION_LAS_RUTA.pdf&Expires=
- Socorro, & Arboleada. (2014). *Efecto de la calidad de la materia orgánica asociada con el uso y manejo de suelos en la retención de cadmio en sistemas altoandinos de Colombia*. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/73197/39569-201869-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Supo, F. (2014). Obtenido de <https://www.felipesupo.com/wp-content/uploads/2020/02/Fundamentos-de-la-Investigaci%C3%B3n-Cient%C3%ADfica.pdf>
- Tenecela, X. (2012). *Producción de humus de lombriz mediante el aprovechamiento y manejo de los residuos orgánicos*. Obtenido de Universidad de Cuenca:
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3252/1/TESIS.pdf>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACION

Chaupis García, A. (2024). *Eficacia de la lombriz (Eisenia foetida) para el tratamiento de suelos contaminados con metales pesados en suelos de cultivo de cacao Huánuco*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. [http....](http...)

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: “Eficacia de la Lombriz (*Eisenia foetida*) para el Tratamiento de Suelos Contaminados con Metales Pesados en Suelos de Cultivo de Cacao Huánuco.”

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA
<p>PROBLEMA GENERAL ¿Sera eficaz la lombriz (<i>Eisenia foetida</i>) para el tratamiento de suelos contaminados con metales pesados en suelos de cultivo de cacao en la Cueva de las Pavas Distrito de Mariano Damaso Beraun de la Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Determinar la eficacia de la lombriz (<i>Eisenia foetida</i>) para el tratamiento de suelos contaminados de metales pesados en los suelos de cultivo de cacao.</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL H1: La lombriz (<i>Eisenia Foetida</i>) es eficaz para el tratamiento de suelos contaminados con metales pesados por cultivo de cacao, Huánuco.</p>	Variable Dependiente Suelos de cultivo de cacao	Prospectivo, con intervención y Longitudinal Análítico Enfoque, cuantitativo
<p>PROBLEMA ESPECIFICO ¿Como es el análisis mecánico del suelo contaminado por metales pesados de cultivo de cacao antes y después de la intervención con la lombriz (<i>Eisenia foetida</i>)?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECIFICOS Describir el análisis mecánico del suelo contaminado por metales pesados de cultivo de cacao antes y después de la intervención con la lombriz (<i>Eisenia foetida</i>).</p>	<p>H0: La lombriz (<i>Eisenia Foetida</i>) no es eficaz para el tratamiento de suelos contaminados con metales pesados por cultivo de cacao, Huánuco.</p>		<p>DISEÑO GE1: O1 X1 O2</p> <p>Donde: • O1: Muestra inicial • O2: Muestra final • X1: Aplicación de la lombriz <i>Eisenia foetida</i></p>
<p>¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado por metales pesados de cultivo de cacao antes y después de la intervención con la lombriz (<i>Eisenia foetida</i>)?</p>	<p>Describir los parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado por metales pesados de cultivo de cacao antes y después de la intervención con la lombriz (<i>Eisenia foetida</i>).</p>		Variable Independiente Lombriz Eisenia - Foetida	<p>POBLACION La población de estudio está constituida por una hectárea de suelos de cacao la cual se encuentra ubicada en el Distrito de Mariano Damaso Beraun, Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco</p> <p>MUESTRA La muestra fue obtenida de la población. Que se encuentra conformada por 5 kilogramos de suelo de cultivo de cacao (<i>Teobroma cacao</i>).</p>
<p>¿Cuáles son los valores cambiables del suelo contaminado por metales pesados de cultivo de cacao antes y después de la intervención con la lombriz (<i>Eisenia foetida</i>)?</p>	<p>Describir los valores cambiables del suelo contaminado por metales pesados de cultivo de cacao antes y después de la intervención con la lombriz (<i>Eisenia foetida</i>).</p>			

ANEXO 2

ANÁLISIS DE LABORATORIO

MÉTODOS ANALÍTICOS

01. pH método del potenciómetro, relación suelo - agua 1:1
02. C.E. Conductímetro – Extracto Acuoso
03. Materia orgánica. Método de Walkley y Black
04. Nitrógeno Total: Micro Kjeldahl
05. Fósforo disponible: Método de Olsen modificado. Extracto de NHCO_3 0.5M, pH 8.5
06. Potasio Disponible: Método de acetato de amonio 1N, pH 7.0
07. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): Método de acetato de amonio 1N, pH 7.0
Ca Mg K Na - Absorción atómica
08. C.I.C efectiva: Desplazamiento con KCl 1N (Suelos en pH < 6.5)
Aluminio más Hidrógeno: Método de Yuan
09. Densidad Aparente, Densidad Real, Porcentaje de Porosidad: Método de la Probeta
10. Humedad Relativa, Capacidad de Campo: Método de la Probeta
11. Determinación de elementos menores Hierro, Cobre, Zinc y Manganeso: Método Melich III – EAA
12. Determinación del Boro: Método de la Azometina – H
13. Cadmio y Plomo disponible: Método EDTA – EAA
14. Cadmio Total: Extracción USEPA 3050 – EAA
15. Cadmio Soluble: Lectura directa de la solución en el espectrofotómetro de Absorción Atómica.
16. Determinación colorimétrica de molibdeno

INTERPRETACIÓN DEL pH

Según Scheffer y Schachtschabel	pH en KCl	UNALM	pH en agua
Extremadamente ácido	< 4.0	Fuertemente ácido	< 5.5
Fuertemente ácido	4.0 - 4.9	Moderadamente ácido	5.5 - 6.0
Medianamente ácido	5.0 - 5.9	Ligeramente ácido	6.1 - 6.5
Ligeramente ácido	6.0 - 6.9	Neutro	7.0
Neutro	7.0	Ligeramente alcalino	7.2 - 7.8
Ligeramente alcalino	7.1 - 8.0	Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4
Mediana alcalino	8.1 - 9.0	Fuertemente alcalino	> 8.5
Fuertemente alcalino	9.1 - 10		
Extremadamente alcalino	> 10		

Interpretación de Salinidad	Rango (dS/m)
No salino	0-2
Muy ligeramente salino	2-4
Ligeramente salino	4-8
Moderadamente salino	8-16
Fuertemente salino	> 16

Interpretación de Potasio Disponible	Rango (Kg K ₂ O/ha)	Rango (ppm)
Bajo	< 300	< 100
Medio	300-600	100-240
Alto	> 600	> 240



Interpretación de Carbonato de Calcio	Rango (%)
Bajo	< 1
Medio	1-5
Alto	5-15
Muy alto	> 15

Interpretación de Materia Orgánica	Rango (%)
Bajo	< 2
Medio	2-4
Alto	> 4

Interpretación de Nitrógeno Total	Rango (%)
Bajo	< 0.1
Medio	0.1-0.2
Alto	> 0.2

Interpretación de Fósforo Disponible	Rango (ppm)
Bajo	< 7
Medio	7-14
Alto	> 14

GRACIAS POR LA CONFIANZA Y PREFERENCIA



ANÁLISIS DE SUELOS

LASAE



1. DATOS

SOLICITANTE:	CHAUPIS GARCÍA ANAIS ISABEL	MUESTREADO POR:	BARRUETA ZEVALLOS HELEN SILENE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	22/06/2023
PROVINCIA:	LEONCIO PRADO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	22/06/2023
DISTRITO:	MARIANO DAMASO BERAUN	FECHA DE REPORTE:	30/06/2023
SECTOR:	CUEVA DE LAS PAVAS	RECIBO O FACTURA:	23016890 - 23016891 - 23016892
CULTIVO:	CACAO	OBSERVACIÓN:	---

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO				pH	CE dS/m	M.O.	N	C	P disponible	K disponible	Pb disponible	Cd disponible	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables %	Acidos Cambiables %	Saturación de Aluminio %
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural																				
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA DEL SOLICITANTE	%	%	%		1:1	1:1	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm		CAMBIABLES					Cmol(+)/kg				
1	S0949	M1	26	25	49	Franco	5.35	0.087	2.626	0.131	1.523	35.445	100.831	12.400	0.008	----	3.314	0.438	0.169	0.085	0.340	0.200	4.546	88.121	11.879	7.479

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
FACULTAD DE AGRONOMIA

Luis G. Mansilla Minaya
ING. LUIS GERMAN MANSILLA MINAYA
Jefe del Laboratorio de Analisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología





ANÁLISIS DE SUELOS

LASAE



1. DATOS

SOLICITANTE:	CHAUPIS GARCIA ANAIS ISABEL	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	1/08/2023
PROVINCIA:	LEONCIO PRADO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	2/08/2023
DISTRITO:	MARIANO DAMASO BERAUN	FECHA DE REPORTE:	18/08/2023
SECTOR:	CUEVA DE LAS PAVAS	RECIBO O FACTURA:	19973
CULTIVO:	CACAO	OBSERVACION:	----

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS MECANICO				pH	CE dS/m	M.O.	N	C	Cd	Pb	P	K	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiabiles	Acidos Cambiabiles	Saturación de Aluminio
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural																				
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	%	%	%		1:1	1:1	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm									%	%	%
1	S1106	M1	32	24	45	Franco	7.10	1.330	3.875	0.194	2.248	0.004	7.640	41.384	136.990	5.689	4.805	0.483	0.283	0.119	0.000	0.000	--	100.000	0.000	0.000

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
 FACULTAD DE AGRONOMIA

 ING. LUIS GERMAN MANSILLA MINAYA
 Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



analisisdesuelosunas@hotmail.com
 Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531



ANALISIS DE SUELOS

LASAE



1. DATOS

SOLICITANTE:	CHAUPIS GARCIA ANAIS ISABEL	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	24/08/2023
PROVINCIA:	LEONCIO PRADO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	24/08/2023
DISTRITO:	MARIANO DAMASO BERAUN	FECHA DE REPORTE:	31/08/2023
LOCALIDAD:	CUEVA DE LAS PAVAS	RECIBO O FACTURA:	21699
CULTIVO :	CA CAO	OBSERVACION:	--

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS		ANALISIS MECANICO				pH	CE		M.O.	N	C	Cd	Pb	P	K	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiab les	Acidos Cambiab les	Saturación de Aluminio			
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural		dS/m	disponible																					
			%	%	%			1:1	1:1																			%	%	%
1	S1184	M 1	42	10	49	Franco	7.13	3.240	4.820	0.241	2.796	VND	1.680	45.491	282.161	12.783	9.913	1.622	0.716	0.532	0.000	0.000	--	100.000	0.000	0.000				

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.

VND: VALOR NO DETECTADO MENOR AL LIMITE DE DETECCION 0.002

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMIA

[Firma]
ING. LUIS GERMAN MANSILLA MINAYA
Jefe del Laboratorio de Analisis de Suelos, Agua y Ecotoxicologia



Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

LASAE



ANALISIS DE SUELOS



1. DATOS

SOLICITANTE:	CHAUPIS GARCIA ANAIS ISABEL	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	12/09/2023
PROVINCIA:	LEONCIO PRADO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	12/09/2023
DISTRITO:	MARIANO DAMASO BERAUN	FECHA DE REPORTE:	18/09/2023
LOCALIDAD:	CUEVA DE LAS PAVAS	RECIBO O FACTURA:	23081
CULTIVO:	CA CAO	OBSERVACION:	---

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS		ANALISIS MECANICO				pH	CE				Cd	Pb	P	K	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables	Acidos Cambiables	Saturación de Aluminio				
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural		dS/m	M.O.	N	C																disponible			
			%	%	%			1:1	1:1	%	%																%	ppm	ppm	ppm
1	S1233	M1	34	22	45	Franco	7.50	2.900	4.798	0.240	2.783	VND	1.593	89.260	271.481	14.238	10.879	2.227	0.561	0.571	0.000	0.000	---	100.000	0.000	0.000				

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.

VND: VALOR NO DETECTADO MENOR AL LIMITE DE DETECCION 0.002

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMIA

ING. LUIS GERMAN MANSILLA MINAYA
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

LASAE



ANÁLISIS DE SUELOS



1. DATOS

SOLICITANTE:	CHAUPIS GARCIA ANAIS ISABEL	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	27/09/2023
PROVINCIA:	LEONCIO PRADO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	27/09/2023
DISTRITO:	MARIANO DAMASO BERAUN	FECHA DE REPORTE:	3/10/2023
LOCALIDAD:	CUEVA DE LAS PAVAS	RECIBO O FACTURA:	23808
CULTIVO:	CA CAO	OBSERVACION:	---

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

Nº	DATOS		ANÁLISIS MECANICO				pH	CE				Cd	Pb	P	K	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiab les	Acidos Cambiables	Saturación de Aluminio				
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural		dS/m	M.O.	N	C																disponible			
			%	%	%			1:1	1:1	%	%																%	ppm	ppm	ppm
1	S1298	M1	33.52	23.76	42.72	Franco	7.53	2.954	4.921	0.246	2.854	VND	1.325	87.245	253.450	12.841	9.890	2.105	0.475	0.371	0.000	0.000	---	100.000	0.000	0.000				

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.

VND: VALOR NO DETECTADO MENOR AL LIMITE DE DETECCION 0.002

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMIA

INO LUIS GERMAN MANSILLA MINAYA
Jefe del Laboratorio de Analisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

LASAE



ANÁLISIS DE SUELOS



1. DATOS

SOLICITANTE:	CHAUPIS GARCIA ANAIS ISABEL	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	13/10/2023
PROVINCIA:	LEONCIO PRADO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	13/10/2023
DISTRITO:	MARIANO DAMASO BERAUN	FECHA DE REPORTE:	23/10/2023
LOCALIDAD:	CUEVA DE LAS PAVAS	RECIBO O FACTURA:	25765
CULTIVO:	CACAO	OBSERVACION:	---

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO				pH	CE				Cd	Pb	P	K	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiab les	Acidos Cambiab les	Saturación de Aluminio				
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural		dS/m	M.O.	N	C																disponible			
			%	%	%			1:1	1:1	%	%																%	ppm	ppm	ppm
1	S1496	M1	33.52	23.76	42.72	Franco	6.71	2.270	4.759	0.238	2.760	VND	1.079	94.603	279.800	11.237	8.172	2.010	0.568	0.487	0.000	0.000	---	100.000	0.000	0.000				

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.

VND: VALOR NO DETECTADO MENOR AL LIMITE DE DETECCION 0.002

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Luis G. Mansilla Minaya
ING. LUIS GERMAN MANSILLA MINAYA
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



ANEXO 3
ÁRBOL DE CAUSAS Y EFECTOS



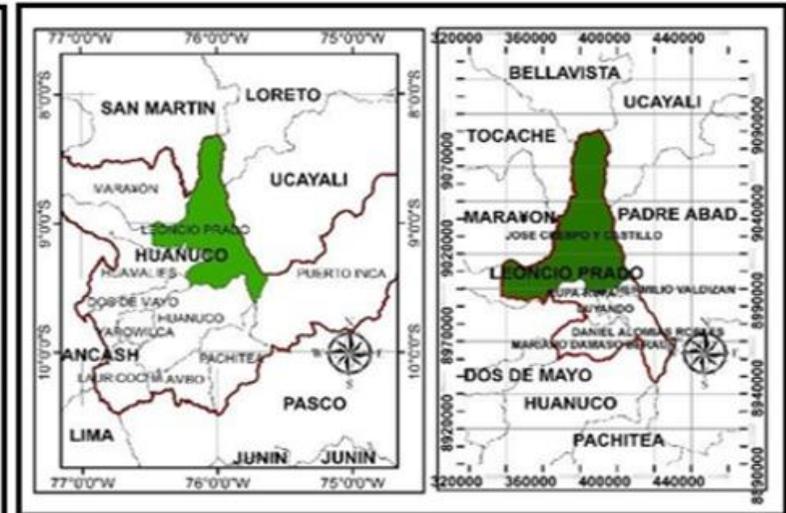
ANEXO 4
ÁRBOL DE MEDIOS Y FINES



ANEXO 5 MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO



LOCALIZACION DISTRITAL – ESCALA: S/E



LOCALIZACION

Departamento: HUANUCO
 Provincia: LEONCIO PRADO
 Distrito: MARIANO DAMASO BERAÚN

COORDENADAS

- 1.- 392921 E 8962674
- 2.- 392922 E 8962674
- 3.- 392922 E 8962675

"EFICACIA DE LA LOMBRIZ (*Eisenia foetida*) PARA EL TRATAMIENTO DE SUELOS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS EN SUELOS DE CULTIVO DE CACAO HUÁNUCO."



PLANO: UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

ING. AMBIENTAL

DSITRITO: MARIANO DAMASO BERAÚN

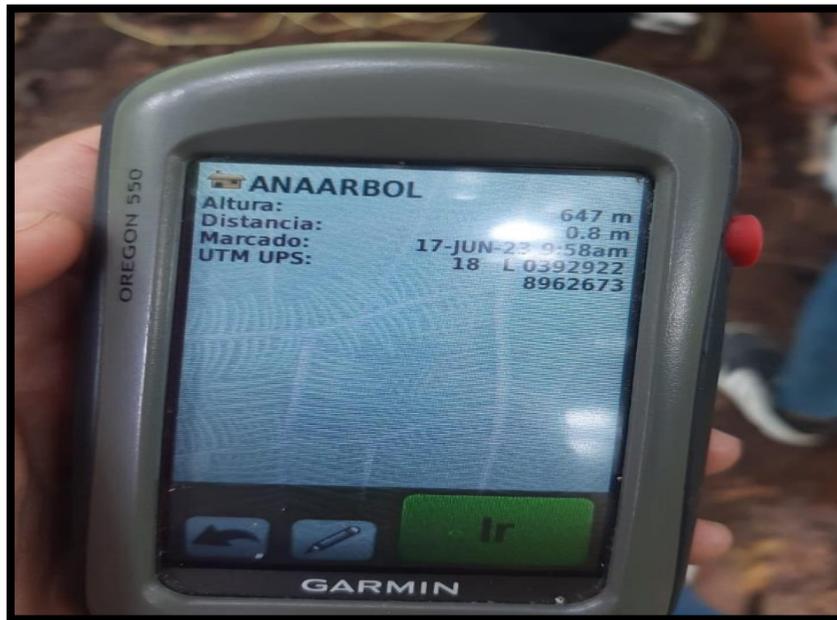
FECHA: NOV 2023

ANEXO 6

PANEL FOTOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN

Fotografía 1

Georreferenciación de la zona de estudio



Fotografía 2

Georreferenciación de la zona de estudio tomando puntos con el GPS



Fotografía 3

Ubicación de la calicata en Google Earth



Fotografía 4

Delimitación de la calicata



Fotografía 5

Remoción del perfil del suelo



Fotografía 6

Remoción del perfil del suelo para la muestra inicial



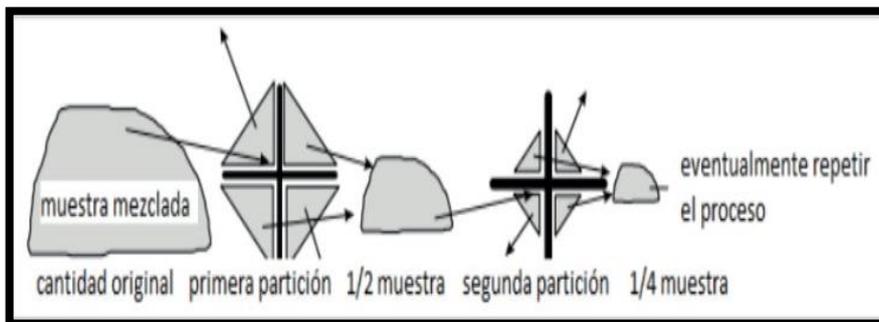
Fotografía 7

Medición de la profundidad de la calicata



Fotografía 8

Cuarteo del suelo agrícola a extraer



Fotografía 9

Recolección del material



Fotografía 10

Recipiente con las lombrices de tierra (eisenia foetida)



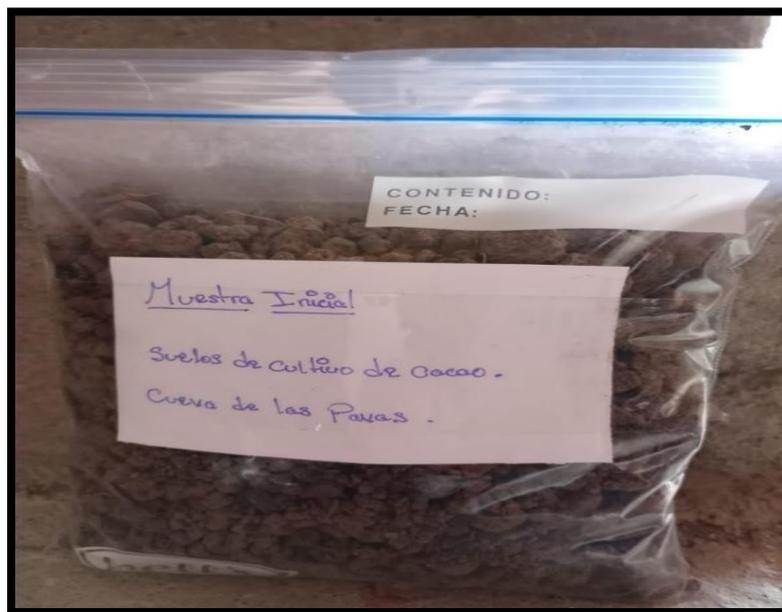
Fotografía 11

Recipiente con las lombrices de tierra (eisenia foetida)



Fotografía 12

Muestra inicial en la bolsa de polietileno



Fotografía 13

Muestra final en la bolsa de polietileno

