

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

“Comparación del biochar magnético y el humus de lombriz en el mejoramiento de suelo agrícola contaminado por presencia de plomo y cadmio en la localidad de Huandobamba - Ambo – 2023”

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

AUTORA: Atencio Gomez, Miriam Leonor

ASESOR: Calixto Vargas, Simeón Edmundo

HUÁNUCO – PERÚ

2024

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
<http://www.udh.edu.pe>

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación ambiental
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniera ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73772913

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22471306

Grado/Título: Maestro en administración de la educación

Código ORCID: 0000-0002-5114-4114

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
2	Valdivia Martel, Perfecta Sofia	Maestro en ingeniería, con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	43616954	0000-0002-7194-3714
3	Llanos Gomez, Silfida	Magíster scientiae en tecnología de alimentos	40712565	0009-0001-6905-0773



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 12 del mes de setiembre del año 2024, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

- Mg. Frank Erick Camara Llanos (Presidente)
- Mg. Perfecta Sofía Valdivia Martel (Secretario)
- Mg. Silfida Llanos Gomez (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 1997-2024-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"COMPARACIÓN DEL BIOCHAR MAGNÉTICO Y EL HUMUS DE LOMBRIZ EN EL MEJORAMIENTO DE SUELO AGRÍCOLA CONTAMINADO POR PRESENCIA DE PLOMO Y CADMIO EN LA LOCALIDAD DE HUANDOBAMBA - AMBO - 2023"**, presentado por el (la) Bach. **ATENCIO GOMEZ, MIRIAM LEONOR**, 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 16:00 horas del día 12 del mes de SEPTIEMBRE del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

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

Mg. Perfecta Sofía Valdivia Martel
DNI: 43616954
ORCID: 0000-0002-7194-3714
Secretario

Mg. Silfida Llanos Gomez
DNI: 40712565
ORCID: 0009-0001-6905-0773
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: MIRIAM LEONOR ATENCIO GÓMEZ, de la investigación titulada “Comparación del biochar magnético y el humus de lombriz en el mejoramiento de suelo agrícola contaminado por presencia de plomo y cadmio en la localidad de Huandobamba - Ambo – 2023”, con asesor SIMEÓN EDMUNDO CALIXTO VARGAS, designado mediante documento, con RESOLUCIÓN N° 1629-2022-D-FI-UDH del P.A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 19 % 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, 05 de julio de 2024



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



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

8. ATENCIO GÓMEZ, MIRIAM LEONOR.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

ÍNDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

4%

2

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

3%

3

Tintaya Consultores S.A.C.. "DIA de la
Instalación de Comercialización de Residuos
Sólidos-IGA0005444", R.D. N° 0002-
2017/DSA/DIGESA/SA, 2020

Publicación

2%

4

jwasociados.com.ec

Fuente de Internet

1%

5

www.slideshare.net

Fuente de Internet

1%



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



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

DEDICATORIA

Al todo omnipotente creador, a mi madre Nely Gómez Ponce por ser pilar fundamental de este largo recorrido y su soporte en todo momento, a mi padre Joel Atencio Aliaga por ser parte en mi crecimiento profesional y su apoyo incondicional, a mi hermana Yonmí Milet Santiago Gómez, a mis familiares, por motivarme con cada uno de sus sabios consejos durante este proceso y que en todo momento fueron mi fuerza espiritual.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, les agradezco a mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que, con su amor y cariño, me han motivado siempre a perseguir mis metas y nunca desistir frente a las adversidades. También son los que me han brindado el soporte material y económico para poder continuar con mis estudios profesionales.

A los que dirigen la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Huánuco, por haberme formado parte de sus aulas para lograr mi meta de concluir mis estudios dentro de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental.

A los docentes de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Huánuco, quienes con su experiencia y conocimiento han contribuido a mi persona durante el tiempo transcurrido, hasta el periodo de concluir mis estudios universitarios.

Un agradecimiento muy profundo a mi asesor por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones no hubiese podido lograr continuar en este arduo camino. Gracias por sus consejos, lo llevare siempre presente.

Agradecer a la casa de estudios Universidad de Huánuco, que me ha permitido obtener mi tan ansiado título. Agradezco a cada directivo por su trabajo, de no ser así, no estaría con la base ni las condiciones para aprender conocimientos.

Finalmente, a todas aquellas personas que de alguna manera aportaron, para la elaboración de este presente trabajo de investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPÍTULO I	13
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	15
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	15
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	16
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	18
CAPÍTULO II	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	19
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	21
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	24
2.2. BASES TEÓRICAS	26
2.2.1. REMEDIACIÓN	26
2.2.2. BIOCHAR MAGNETICO.....	26
2.2.3. LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (<i>EISENIA FOETIDA</i>)....	30
2.2.4. SUELO	33

2.2.5.	LOS METALES PESADOS.....	39
2.2.6.	ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL DEL SUELO...	41
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	43
2.4.	HIPÓTESIS	45
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL	45
2.5.	VARIABLES.....	45
2.5.1.	VARIABLE DE CALIBRACIÓN	45
2.5.2.	VARIABLE EVALUATIVA	45
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	46
CAPÍTULO III		47
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....		47
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	47
3.1.1.	ENFOQUE.....	47
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL.....	47
3.1.3.	DISEÑO.....	48
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	48
3.2.1.	POBLACIÓN.....	48
3.2.2.	MUESTRA.....	49
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	49
3.3.1.	PARA EL INDICADOR FÍSICO.....	49
3.3.2.	PARA EL INDICADOR QUÍMICO.....	50
3.3.3.	PARA EL INDICADOR BIOLÓGICO	50
3.3.4.	PROTOCOLO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	50
3.3.5.	PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	54
3.4.	TÉCNICA PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	54
CAPÍTULO IV.....		55
RESULTADOS		55
4.1.	PROCESAMIENTO DE DATOS.....	55
4.1.1.	CONCENTRACIÓN DEL METAL PESADO PLOMO	55
4.1.2.	CONCENTRACIÓN DEL METAL PESADO CADMIO	56
4.1.3.	DESCRIPTIVOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS.....	57

4.1.4. DESCRIPTIVOS DE LOS INDICADORES QUÍMICOS CAMBIABLES	58
4.1.5. PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS.....	59
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	60
CAPÍTULO V.....	65
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	65
CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES.....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Origen del residuo.....	28
Tabla 2 Características	33
Tabla 3 Colonización microbiana del suelo.....	35
Tabla 4 Estructura del suelo	36
Tabla 5 Estándares de Calidad Ambiental para Suelo D.S. N. ° 011 – 2017 – MINAM.....	41
Tabla 6 Coordenadas UTM.....	49
Tabla 7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos para parámetros físicos.....	49
Tabla 8 Técnicas e instrumentos de recolección de datos para parámetros químicos	50
Tabla 9 Técnicas e instrumentos de recolección de datos para parámetros biológicos.....	50
Tabla 10 Concentración de Pb (Plomo), antes y después del tratamiento ..	55
Tabla 11 Concentración de Cadmio antes y después del tratamiento	56
Tabla 12 Descriptivos de los parámetros.....	57
Tabla 13 Descriptivos de los indicadores químicos cambiables	58
Tabla 14 Prueba de normalidad de los datos	59
Tabla 15 Contrastación de la hipótesis	60
Tabla 16 Comparación de los tratamientos físicos	61
Tabla 17 Comparación de los tratamientos biológicos.....	61
Tabla 18 Comparación de los tratamientos químicos	62
Tabla 19 Comparación de los tratamientos indicadores químicos	63
Tabla 20 Comparación de los tratamientos indicadores cambiables	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Concentración de Pb (Plomo), antes y después del tratamiento ...	55
Figura 2 Concentración de Cadmio antes y después del tratamiento.....	56

RESUMEN

El presente informe tiene como objetivo, evidenciar las diferencias entre los tratamientos del Biochar magnético y el Humus de la lombriz roja californiana para Pb y Cd en suelos agrícolas contaminados en la localidad de Huandobamba. Utilizando una metodología que, según su control y mediciones, el estudio de la investigación es prospectivo, porque el investigador recolecta y trabaja con datos primarios (Supo, 2020). Según el número de variables analíticas, es analítico porque presentan dos variables analíticas la cual es remediación y suelos contaminados (Supo, 2020). Las intervenciones del estudio, el presente estudio de la investigación es con intervención porque se va modificar los resultados en las unidades de estudio para obtener un resultado satisfactorio (Supo, 2020). Las mediciones de las variables serán numéricas y estadísticas de estudio, el estudio es longitudinal porque se realizó un pre test y un post test, también porque se realizó varias mediciones más de uno de la variable de estudio (Supo, 2020). Se tiene como resultados significativos que existe diferencias en la eficacia remediadora cuando se usa el biochar magnético y el humus de la lombriz roja californiana, en los siguientes indicadores: Arena, arcilla, limo, pH, MO, CIC, conductividad, nitrógeno, Ca, Mg, K, Na, Al, H, Bases Cambiables, Saturación de Aluminio. Porque en cada uno de ellos se obtuvo un p valor significativo menor a 0,05. Por otro lado, estos resultados de acuerdo al ECA para suelo, llegamos a la conclusión de la reducción de concentración de Pb y Cd en el suelo agrícola tratado, utilizando el método del biochar magnético, el humus de la lombriz californiana y la combinación de ambos para la recuperación de suelos agrícolas.

Palabras Claves: Biochar, magnético, metales pesados, humus, lombrices.

ABSTRACT

The objective of this report is to demonstrate the differences between the treatments of magnetic Biochar and Humus of the Californian red worm for Pb and Cd in contaminated agricultural soils in the town of Huandobamba. Using a methodology that, according to its control and measurements, the research study is prospective, because the researcher collected and worked with primary data (Supo, 2020). According to the number of analytical variables, it is analytical because they present two analytical variables which is remediation and contaminated soils (Supo, 2020). The interventions of the study, the present research study is with intervention because the results in the study units are modified to obtain a satisfactory result (Supo, 2020). The measurements of the variables will be numerical and study statistics, the study is longitudinal because a pre-test and a post-test were carried out, also because several more measurements of one of the study variables were carried out (Supo, 2020). The significant results are that there are differences in the remedial effectiveness when using magnetic biochar and the humus of the Californian red worm, in the following indicators: Sand, clay, silt, pH, MO, CEC, conductivity, nitrogen, Ca, Mg, K, Na, Al, H, Bases Cambiables, Saturacion de Aluminio. Because in each of them a significant P value less than 0.05 was obtained. On the other hand, these results according to the ECA for soil, we came to the conclusion of the reduction of the concentration of Pb and Cd in the treated agricultural soil, using the magnetic biochar method, the humus of the Californian earthworm and the combination of both to the recovery of agricultural soils.

Keywords: Magnetic, biochar, heavy metals, humus, worms.

INTRODUCCIÓN

El suelo es un componente fundamental del ambiente, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro y micro-organismos que desempeñan procesos permanentes de tipo biótico y abiótico, cumpliendo funciones vitales para la sociedad y el planeta. Sin embargo, a pesar de su importancia, el uso insostenible del suelo, entre otras actividades antrópicas durante los últimos años, nos vemos en alerta por los diferentes contaminantes de nuestro medio ambiente, dentro de ellos el deterioro de nuestros suelos, ocasionando su degradación, la cual resulta preocupante, por el efecto negativo en los ecosistemas, los organismos y las comunidades y esto representa una grave amenaza para el suelo y un reto medioambiental.

Al transcurso de los años, hasta la actualidad, la pérdida y degradación de los suelos no es recuperable, a no ser que se utilicen tratamientos que pueda combatir esta pérdida. Los suelos afectan a los alimentos que comemos, al agua que bebemos, al aire que respiramos, a nuestra salud y la de todos los organismos del planeta. Sin suelos sanos no podríamos producir nuestros alimentos.

La contaminación del suelo es devastadora para el medio ambiente y tiene consecuencias para todas las formas de vida a las que afecta. Las prácticas agrícolas insostenibles reducen la materia orgánica del suelo y pueden facilitar la transferencia de contaminantes a la cadena alimentaria. Los contaminantes en el suelo, aguas subterráneas y en la cadena alimentaria pueden causar diversas enfermedades y una excesiva mortalidad en la población.

Más allá del impacto en el medio ambiente, la contaminación del suelo tiene también un elevado coste económico, debido a la reducción de los rendimientos y la calidad de los cultivos. La prevención de esta contaminación debería ser una prioridad en todo el mundo. El hecho de que la gran mayoría de los contaminantes sean resultado de la acción humana significa que somos directamente responsables de realizar los cambios necesarios para garantizar un futuro con menos contaminación y más seguro.

La degradación del suelo es un problema complejo que requiere de medidas conjuntas por parte de los gobiernos, las instituciones, las comunidades y los individuos. El primer paso antes de la remediación de los emplazamientos contaminados es la identificación de las fuentes potenciales de contaminación, lo que debe confirmarse mediante la investigación del sitio y el análisis del suelo. Disponer de información de suelos a nivel nacional facilitará la identificación de suelos contaminados, además de constituir una base sólida para la toma de decisiones sobre el uso de la tierra.

Existen diferentes medidas para la recuperación de suelos, tratamientos eficaces que contribuirían al mejoramiento de la calidad del suelo, ya sean de diferentes tipos, pero relevante para los suelos agrícolas, el cual es de vital importancia porque es fuente principal de ingreso para la población en general.

La prevención de la contaminación del suelo es, sin duda, la mejor solución para el logro de sociedades sostenibles y para asegurar el legado de un planeta sano y productivo para las generaciones futuras. Los suelos deben ser reconocidos y valorados por su capacidad productiva, así como por su contribución a la seguridad alimentaria y al mantenimiento de servicios ecosistémicos. Un suelo sano es un recurso precioso, no renovable y que se ve cada vez más amenazado por comportamientos humanos destructivos. Somos responsables de los suelos que nos proporcionan alimentos, agua y aire, y tenemos que tomar medidas hoy para asegurar que haya suelos sanos para un futuro sostenible y con seguridad alimentaria.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La tierra es de suma importancia debido a que nos proporciona materias renovables y no renovables útiles en el desarrollo del hombre. A si como también proporciona nutrientes para plantas que sirven como alimentos para los animales que en ella habitan.

En la tierra se pueden realizar diversas actividades como minería, recreación, construcción, agricultura, etc.

Según el Ministerio del Ambiente (2020) la tierra es muy importante para el ecosistema, y también se encarga de ayudar con la medida en afluencia de la lluvia y el clima, la diversidad, vida y la extracción y almacenamiento del carbono. Por ello en vista de su importancia se debe recalcar que no solo es fundamental en la economía, sino también en el desarrollo en vida, especies y animales.

En la actualidad grandes porcentajes de suelo están siendo afectados por los metales pesados que son el plomo y cadmio debido a mucho empleo desmesurado de pesticidas, insecticidas, entre otros productos químicos en la agricultura. Lo cual provoca daños irreparables al suelo, siendo los principales responsables los agricultores ya que usan estos químicos en sus sembríos con el fin de obtener una buena cosecha; y no solo afectan la calidad del suelo si no a ellos mismos, ya que no pueden sembrar sus productos por mucha intoxicación que tiene los suelos que son causados por los metales tóxicos. Por lo tanto, al ver que sus tierras ya no son aptas para producir alimentos, estos suelos son abandonados después de darle de 5 a 7 años de uso y buscan otras áreas que estén aptas para su siembra y las siguen degradando por su falta de conocimiento, cultura ambiental y sus malas prácticas.

Las tierras agrícolas mayormente son contaminadas por la toxicidad de metales pesados no solo afecta la calidad de suelo, la economía de los agricultores, sino también la salud de los que consumimos alimentos producidos con mucha insecticidas, pesticidas, ya que estamos añadiendo a nuestros organismos metales pesados; es por ello que hoy en día vemos

muchos tipos de enfermedades en personas adultas, jóvenes y niños, lo cual antes no sucedía ya que nuestros antepasados consumían alimentos más saludables, sus sembríos no tenían productos químicos como en la actualidad a causa de metales pesados que están en los alimentos como la papa, zapallo, verduras, entre otros.

Es por ello que se realizó la investigación, debido a que actualmente hay muchos problemas en suelos agrícolas contaminados por metales pesados no solo se ve en el departamento de Huánuco; también se observa en el distrito de Ambo en el cual se realizó la investigación, ya que presenta problemas de contaminación en suelos agrícolas por metales pesados. Este problema surge debido a las malas prácticas en la producción de la papa, el zapallo, el ají, el maíz, entre otros, ya que la mayoría de estos alimentos necesitan ser protegidos de las plagas en su etapa de desarrollo, por lo tanto el agricultor en su necesidad de dar solución al problema y por obtener una buena producción, recurre a usar plaguicidas, fertilizantes, insecticidas y demás productos químicos para mejorar su producción, trayendo grandes consecuencias en la salud como: cardiopatía isquémica, cáncer, neumopatías crónicas, infecciones respiratorias, paludismo, entre otros, lo cual demuestra la falta de asesoría técnica por parte de los especialistas de dicha área, puesto que está demostrado que tanto los fertilizantes como los pesticidas, debido al uso constante van acumulando estas partículas de pb y cd en el suelo, lo cual es perjudicial para el desarrollo de los cultivo, puesto que el suelo se vuelve improductivo.

Por ello frente a esta problemática se ha visto por realizar la investigación en la comunidad de Huandobamba distrito de Ambo y en busca de una solución para remediar los suelos agrícolas usando el biochar magnético y el humus de la lombriz roja californiana (*Eisenia Fetida*) así se hizo la remoción de metales pesados (Plomo, Cadmio), recuperando así la calidad de suelos agrícolas contaminados por metales pesados. Por lo cual se comprobó cuál de estas dos opciones es mejor en cuanto a la remediación de suelos agrícolas, reduciendo así la excesividad de metales pesados en los suelos de la Comunidad de Huandobamba del distrito de Ambo. Además tanto el biochar magnético y el humus de la *Eisenia Fetida* (lombriz roja californiana), son una

opción sustentable y segura ya que ayudan a eliminar contaminantes del suelo, restableciendo sus principales propiedades físicas y químicas, los cuales en estudios anteriores resultaron ser favorables en la recuperación de los nutrientes del suelo, mejorar la calidad de los alimentos sembrados; por consiguiente disminuyeron enfermedades, y son saludables para los que consumimos estos productos.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la diferencia entre los tratamientos del Biochar magnético y el Humus de la lombriz californiana para Pb y Cd (plomo y cadmio) en los suelos agrícolas contaminados de la localidad de Huandobamba?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cuál es la concentración de Pb y Cd en el suelo tratado con Biochar magnético en suelos agrícolas contaminados en la localidad de Huandobamba?

¿Cuál es la concentración de Pb y Cd en el suelo tratado con el Humus de lombriz californiana en suelos agrícolas contaminados en la localidad de Huandobamba?

¿Cuál es el resultado de la concentración de Pb y Cd (plomo y cadmio) antes y después del tratamiento con Biochar magnético, el Humus de la lombriz roja californiana y la combinación de estos, ¿en la localidad de Huandobamba y su comparación con el ECA D.S. N° 011 – 2017 – MINAM?

¿Cuáles son los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo contaminado por metales pesados antes y después de los tratamientos con el biochar magnético y el humus de lombriz californiana en la localidad de Huandobamba?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evidenciar las diferencias entre los tratamientos del Biochar magnético y el Humus de la lombriz roja californiana para Pb y Cd en suelos agrícolas contaminados en la localidad de Huandobamba.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Describir la concentración de Pb (Plomo) presente en el suelo tratado con Biochar magnetico, el Humus de la lombriz roja californiana y la combinación de estos, antes y después del tratamiento en suelos agrícolas contaminados, en la localidad de Huandobamba.

Describir la concentración de Cd (Cadmio) presente en el suelo tratado con Biochar magnetico, el Humus de la lombriz roja californiana y la combinación de estos, antes y después del tratamiento en suelos agrícolas contaminados, en la localidad de Huandobamba.

Describir el resultado de la concentración de Pb y Cd (plomo y cadmio) antes y después del tratamiento con Biochar magnético, el Humus de la lombriz roja californiana y la combinación de estos, en la localidad de Huandobamba y su comparación con el ECA D.S. N° 011 – 2017 – MINAM.

Describir los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo contaminado por metales pesados antes y después de los tratamientos con el biochar magnético y el humus de lombriz californiana en la localidad de Huandobamba.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de indagación científica es de método aplicativo ya que se aplicó el Biochar magnético y el humus de *Eisenia foetida* en parcelas de suelos agrícolas que son contaminados por metales pesados. Por ello en vista de la problemática del suelo del caserio de Huandobamba, lo que se quiere es solucionar la contaminación de metales (pb y cd) que presenta su suelo desde hace muchos años hasta la actualidad. Las características de la tierra en el lugar han sido y siguen siendo afectadas por la agricultura

haciendo infértil al suelo en muy poco tiempo y una vez que lo degradan, es abandonado por su falta de fertilidad y debido a la mala calidad de sus cosechas. Ocasionando la migración a otras áreas para seguir degradándolas, afectando a su vez dejándolas infértil al suelo los humanos son los amenazados con su bienestar en su salud al consumir estos productos.

En este estudio de investigación lo que se quiere es mejorar la calidad del suelo de la comunidad de Huandobamba, mediante la remediación usando el Biochar magnético y la lombriz roja californiana *Eisenia fetida*, Por ello se procedió a su comparación y determino cuál de los dos tipos de remediadores de suelo actúa mejor en la eliminación de metales pesados (pb, cd) de las tierras agrícolas de Huandobamba.

Por ello esta investigación científica se basó en ECA para Suelo D.S. N°011 - 2017 - MINAM en los parámetros que tienen relación con ciertas actividades para recuperar suelos. Nos dice que los niveles del suelo son inferiores, tuvimos la facilidad de adquirir informaciones de cuantas sustancias tóxicas tiene el suelo de origen natural que se contaminó por metales pesados o sustancias toxicas que tiene el suelo, y se logró realizar una comparación con las informaciones que se encontró anteriormente en el sitio de evaluación.

Asimismo, el estudio se realizó usando la “Guía para muestras de suelos en el marco del D.S. N° 011-2017-MINAM” la cual sirvió para las etapas de ejecución del proyecto.

El estudio de investigación tiene el propósito de reducir metales pesados en suelos contaminados por la agricultura en la Comunidad de Huandobamba, mejorando así recuperaremos los nutrientes del suelo y obtendremos mejoras para los agricultores que siembran sus productos y tanto para los que consumen los productos que se cosechan en él lugar. Así como también poder dar un nuevo uso a los terrenos que los agricultores abandonaron por contaminación de los mismos.

Es muy importante esta investigación ya que contribuyo en el conocimiento de la población de Huandobamba, sirviéndose a las nuevas generaciones para el futuro para que mejoren y así ver una mejor calidad del

suelo, logrando reducir la contaminación del suelo por metales pesados; entendiendo el uso del Biochar magnético y el humus de lombriz roja californiana (*Eisenia fétida*), rescatando que están gravemente maltratadas por toxicidad de metales de plomo y cadmio.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Debido a que el lugar donde se trabajó, en la Provincia de Ambo, esta es una zona alejada, lo cual al momento de ir a monitorear o sacar las muestras se dio algunas obstrucciones o imprevistos en la carretera para llegar a la zona considerándose, así como una limitación.

Otra limitación es que en Huánuco no hay laboratorio para sacar análisis de suelo, lo cual no facilita la obtención de los análisis con rapidez o a corto plazo.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Para la viabilidad económica; el monto de ejecución está a mi favor porque tuve apoyo económico de mi familia, teniendo en cuenta que el terreno y la movilidad son recursos con los que conté en su momento.

Viabilidad ambiental; es viable porque se hizo una comparación de remediación con biochar magnético y el humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y cuál de ellos recupera tierras contaminados por metales pesados en menor tiempo y es el más efectivo. De esta manera ayudamos a reducir la contaminación y los impactos negativos al medio ambiente en la comunidad de Huandobamba.

Viabilidad social; la investigación ayudo de manera textual a la población a dar solución a sus tierras en menor tiempo al problema que tienen ya desde hace mucho para volver a sus tierras fértiles.

Por último, es viable ya que de esta manera se logró mejorar la calidad del suelo y a su vez logro minimizar la intoxicación del suelo por metales pesados (pb y cd).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Loza (2007) Su tesis lombriz roja californiana de tierra, (*Eisenia foetida*) a modo biocompuesto de metales pesados (pb) a lo largo de la transformación de los desechos sólidos orgánicos de Guadalajara, Jalisco, México. Su **objetivo** fue evaluar la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* como un bioacumulador de plomo (Pb), durante la conversión de residuos sólidos orgánicos a abonos orgánicos de Guadalajara, Jalisco, México. La **metodología**, fue recolectar los residuos municipales y después seleccionarlos en tanto como orgánicos e inorgánicos (orgánicos, vidrios, metales, plásticos) después cogieron aproximadamente 10 kg de residuos para llevarlo al laboratorio y sacar los análisis correspondientes para lo cual se realizaron varios métodos para ver la presencia de metales pesados se determinó su peligrosidad del residuo. Con la sobranza de residuos orgánicos se hizo un compostaje con la lombriz roja californiana (*eisenia foetida*) para que puedan ver si ya había madurado el compostaje tenían que ver la descomposición que se dio como alimentos a las lombrices los residuos orgánicos por lo cual usaron para determinar el método de la solvita. El otro método que se aplicó es de la Misenota en este método lo que hicieron es poner en un recipiente de plástico de la caja, pusieron agua desionizada de suelo artificial en un lugar con 80% de humedad y temperatura de 20°C y durante 12 horas con luz, luego colocaron 6 lombrices con una masa de unos 100 a 200 mg. después fue alimentado por los residuos pasando 7 días, pesaron las lombrices para ver si ganaron o perdieron su peso. Los **resultados** fueron la que se encontró en mayor porcentaje es arsénico, cobre, plomo, níquel y zinc y en menor porcentaje fue cadmio, cobre y mercurio. Según el método Solvita en su madurez presenta el índice de un valor de 6 que dentro del rango 0 a 9 se puede decir que la solvita es una composta aun activa para utilizar en

el campo tendremos que aislarlos de los residuos orgánicos y en su madurez en un 65% se puede decir que no es tan práctico porque no es preciso es casi neutra. Y por el método Misenota nos dice que aún no está madura la composta lo más recomendable es en este caso el método Solvita y también se dice que la lombriz roja californiana (*eisenia foetida*) si absorbe el plomo. La **conclusión** es que el siguiente método de a Solvita tiene un índice de madurez de la composta de 6 que aproximadamente un 65% y se dice que es una composta activa que podemos utilizar, pero; tenemos que retirar los residuos inorgánicos como el vidrio, metal y trapo para que pueda ser utilizada en el campo.

Paz (2017) este artículo es de uso de biocharres magnéticos para inmovilizar del terreno a los metales pesados en un suelo multicontaminado. Su **objetivo**; es comparar biochar preparados a partir de diferentes materias primas y a diferentes temperaturas y sus contrapartes magnetizadas en el contexto de la remediación de suelos en un área minera contaminada con varios metales pesados. Su **metodología**; para este trabajo la tierra que se utilizó fue de la capa superficial que fue contaminada por aguas de riego de la minería a largo plazo, una vez obtenida la tierra fue secada de manera natural con el aire, después se pasó a tamizar a 2mm luego utilizó para hacer el experimento, así mismo también se utilizó la biomasa del eucalipto y la cama de las aves para la preparación del biochar magnético, los aves fueron criadas orgánicamente con maíz y trigo las materias primas se secaron con un grado de 70°C y luego fueron molidas y se pasaron por el tamizaje, después de este proceso se prepararon 4 biocarbones no magnéticos y el biocarbón magnético fue pirolizado con una temperatura de 300°C a 500°C después de esto fue mezclado en una tierra de 300g en maceteros con un 2% de biochar después se humedeció un 60% y se puso en un horno de 25°C durante un mes. Todo el día se tenía que pesar los maceteros y también añadir agua destilada para la recompensar las pérdidas de su humedad. El **resultado** fue el biocarbón magnético preparado de la cama de aves y fue pirolizado en una temperatura de 300°C a 500°C que fue triturado y luego tamizado es el

que absorbió más metales pesados como el plomo, cadmio y zinc a comparación que se preparó los biochares sin pirolisis. La **conclusión**; el biochar a través de la magnetización realizadas con la camada de las aves evitará la lixiviación que se da a causa de los metales pesados en zonas donde hay minería ya que esas zonas están muy contaminadas por metales pesados.

Guartatanga y Sigüencia (2019) Su Trabajo experimental es la, biorremediación de suelos contaminado con cobre y plomo dentro del campo Guarumales., la empresa hidroeléctrica de Ecuador, Celec ep-unidad de negocio hidropante. Su **objetivo**, fue evaluar métodos bioestimulantes, biomejorados y extracción de vegetal en la rehabilitación de suelos contaminados con cobre y plomo dentro del Campamento Guarumales - Corporación Ecuatoriana metabólicos para descomponer contaminantes inorgánicos. La **metodología** para este trabajo se aplicaron tres métodos donde utilizaran la actividad biológica de microbio metabólicos para que degraden contaminantes inorgánicos para esto utilizaran bacterias, hongos y plantas ya que estos transforman contaminantes por absorción de nutrientes y oxígeno. El método biológico in situ, es el más fácil porque no se traslada materiales contaminados de un lugar a otro, pero puede ser desfavorable porque puede propagarse la contaminación en la población. El método biológico ex situ para este método se dispone del tipo de contaminantes y económicamente y una instalación adecuada. Por los **Resultados**, que obtuvieron en la concentración del cobre redujo bastante lo que es en el cultivo de tabaco y lo que es en el cultivo de girasol aún hay todavía estos metales pesados, vemos que ambas plantas redujeron la concentración del metal pesado. Las conclusiones son al ver los análisis antes que se hizo el trabajo hubo alta concentración de metales pesados a comparación que se hizo al finalizar la investigación nos demuestra que acorto el porcentaje establecido.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Shaday y Febres (2019) su tesis remediación de suelos que contienen plomo con fertilizantes de girasol (*helianthus annuus*) y lombriz

roja californiana (*Eisenia foetida*) en condiciones controladas. Su **Objetivo** es; Evaluar la capacidad remediadora de *Helianthus annuus* y estiércol de *Eisenia foetida* de suelos contaminados con plomo. Su **Metodología**, la metodología que emplearon fue la viabilidad de la semilla del girasol y la prueba de la fitotoxicidad en plomo aquí colocó 10 semillas por cada recipiente de plástico y en ello aplicó disoluciones de plomo para las plantas del girasol. Después se observó la germinación de las semillas de girasol para ver la dosis del plomo el trabajo de la investigación se hizo en 12 recipientes los cuales fueron regadas con agua agregada por dosis de plomos y los recipientes estaban con la tierra agrícola y ahí lo añadieron la semilla de girasol y en otros maceteros se aplicaron el estiércol de la lombriz. Los **resultados**; el suelo contaminado más el estiércol de la lombriz obtuvieron un resultado bastante bueno en la exclusión de las sustancias pesadas de los metales con el estiércol de lombriz este método remedió el inicio de la contaminación por plomo, y lo que es en el suelo contaminado por plomo más el estiércol de lombriz y el girasol lo consideran como una planta excluidora para la estabilización del plomo. Las conclusiones son que el girasol y el estiércol de la lombriz (*Eisenia Foetida*) son involuizadores de plomo porque son absolvedores y acumuladores en su raíz de sus plantas.

Aguero (2019) En su tesis: Tratamiento de desecho en lodos en el sitio de método de aguas residuales domésticas por el método de permacultura en la empresa Minera Chungar – 2019. Su **objetivo**, Determinar si es posible tratar los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con la aplicación de la lombricultura en la Compañía Minera Chungar – 2019. La **metodología**, es inductivo fue aplicado a la lombricultura en el lodo donde se pondrá en contacto durante un tiempo determinado lodos activados con pocas porciones de contaminación para ver si se logra la depuración del agua que vamos a tratar y sea favorable la oxidación para así poder conseguir que el fango no tenga ninguna dificultad con el olor. Este método de los microbios va a degradar las aguas contaminadas por la utilización del

oxígeno. Los **resultados** fueron que los lodos que son generados PTAR no son válidos para usar en campos agrícolas por lo que se encontró que tiene muchos contaminantes, viendo esto se realiza la aplicación de las lombrices por un periodo de 8 semanas y viendo los resultados se afirmó que redujo bastante las impurezas. Como **conclusiones**, observamos que se eliminó los metales pesados en comparación de los lodos sin tratar así podremos utilizar para la agricultura tratándolos por un periodo de 8 semanas así veremos la mejoría que bajara sus impurezas.

Romero (2017) en su tesis; Eficacia de la estabilización de metal pesado como son el plomo y el cadmio mediante aplicación del biocarbón, San Mateo, Lima. **Objetivos**, determinar la validez en la paralización de plomo en el suelo mediante la aplicación de biocarbón. Esta **metodología**; realizada la aplicación fue hecha en diferentes cantidades del biocarbón en un suelo contaminado en maceteros por metales pesados para determinar su paralización de plomo como un indicador utilizaron la lechuga americana. También hicieron un análisis para del suelo para determinar la ubicación de plomo en la tierra, en el agua y en la raíz de la lechuga americana para que lo den por terminado el análisis en la cual duro un tiempo de 2 meses. Tuvieron el **resultado** con el biocarbon se redujo más metales pesados un 81.89% y un 77.38% en el suelo tanto como en el agua para obtener este resultado ellos aplicaron un 20% del biocarbón magnético por lo que obtuvieron la raíz de la planta no mostraron plomo. Y donde no se aplicó el biocarbón magnético se presentaron un 7.0 kg/mg de plomo en la raíz de la lechuga americano tanto como en el agua. En la **conclusión**. Se concluyó que el biocarbón magnético hecho por la excreta de los cerdos durante dos horas a una alta temperatura de 500°C tiene que carbonizarse así obtiene la capacidad para inmovilizar el plomo en el suelo y reduce la concentración en el agua así imposibilita que los metales tóxicos sean absorbidas por las plantas. A partir de estiércol de cerdo a 500 °C durante la carbonatación durante dos horas, logra la reforma orgánica por su capacidad de estabilizar en el suelo, reducir su concentración en

los poros de agua y evitar la absorción de este metal tóxico por las plantas.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Suarez (2017) En la tesis: Evaluación de la distribución de cadmio en suelos y en raíces de cacao en Pucayaku, Huánuco 2017, el **objetivo** fue determinar la forma de distribución de cadmio en suelo en raíces de cacao. Cacao en Pucayaku, Huánuco, 2017 La **metodología** se pudo localizar el lugar donde se realizó la investigación el río Pucayacu a una distancia de 100m para hacer las calicatas en forma diagonal las 5 calicatas en suelos donde está el cacao sembrado y en cada calicata que se hizo se tomaron las líneas con la ayuda del GPS. Para culminar se sacó 1kg de muestra del suelo para mandar al laboratorio. Los **resultados** fueron los siguientes, se observaron que tienen diferentes temperaturas la calicata 1 y 2 casi son similares y la calicata 3 presenta mayor temperatura a comparación de la 1 y 2 y en drenajes las 3 calicatas tienen las mismas en comparación de la 2 y 5 que tienen mal drenaje, y en pH son suelos fuertemente ácidos y lo que es en humedad la calicata 1 es bastante húmedo, de la 2 varía la humedad y de la 3 es más seco que la 1 y 2 en lo que es materia orgánica varían. Las **conclusiones**, los suelos no tienen condiciones suficientes para el sembrío de cacao ya que el pH es bastante ácido, tienen una humedad muy baja y lo que es en materia orgánica es demasiado pobre por los análisis estudiados que el cultivo de cacao es entendible a la absorción de los metales.

Guerrero (2021) Efecto del biocarbón obtenido a partir de residuos agrícolas sobre la fijación de cadmio en suelo en una base teórica para una etapa de laboratorio. Su **objetivo** es. Determinación del efecto del biocarbón procedente de biomasa agrícola residual sobre la fijación de cadmio en el suelo. La **Metodología** la investigación fue en dos fases, para la primera fase se recolectó biomasa para fabricar el biocarbón de la misma escuela universitaria de los cultivos de las parcelas después fueron secados en una estufa de acuerdo a su cantidad de agua que tienen en una temperatura de 70°C a 80°C después de ser secado fue

introducido estas biomásas al horno pirolito que fabricaron ellos mismos para poder pirolizar la biomasa forestal después fueron molidos en un mortero de porcelana y luego lo tamizaron. Los **resultados** son; que de los 3 tipos de los residuales de la biomasa agrícola solo dos dieron un resultado cerca a los 50% que es la cascarilla arábica y sativa y lo que es la cascara de cacao fue muy bajo cerca al 10%. La **conclusión** es; cascarilla de sativa y arábica son los que producen más biocarbón a comparación del de la cascara de cacao. Así como también el biocarbón tiene más efectos buenos en el mejoramiento de las plantas y ven la calidad que va mostrando las plantas y a la vez se ve el mejoramiento y del suelo para el cultivo.

Chucuyubamba (2021) en la tesis, Evaluar el efecto del cadmio y plomo disponible en el suelo sobre la densidad de organismos (*eisenia foetida*) en árboles de cacao (*theobroma cacao*), Huamiles, Huánuco - 2020. **Objetivos** del estudio. Este estudio es ver qué tipo de problemas tiene el suelo que se va estudiar de un biomarcador (*eisenia foetida*) sobre la presencia de metales pesados en el suelo utilizando el *Theobroma cacao*. La **metodología** es observacional y es de análisis cuantitativo, para lo cual en una hectárea de la plantación de cacao hay la lombriz *eisenia foetida* y de esos una cuadra solo cogió 5 metros cuadrados de terreno se escarbo el suelo con una medida de 1m*1m con una profundidad de 25-30cm en cada metro cuadrado de ahí se sacaron los análisis y se mandaron al laboratorio. Los **resultados** fueron los siguientes, según los análisis está en buenas condiciones para el cultivo de cacao porque en él se vio que el suelo que sacamos para muestra tuvo más metales pesados a comparación de otros suelos. Las **conclusiones**, las lombrices rojas californiana (*eisenia foetida*) estas lombrices son absorbedores de la toxicidad de plomo y cadmio en cultivos de cacao.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. REMEDIACIÓN

Volke y Velasco (2002) El uso del procesamiento es necesario buscar informaciones y cuáles van hacer las técnicas de la remediación para mejorar la toxicidad que no se desagradan las cuales son respetuosas con el medio ambiente y menos costosas. La tecnología de desodorización física y química puede manejar sitios con características geológicas difíciles, costos económicos y tiempo de desincrustación a corto y mediano plazo. Con la tecnología térmica se puede reducir el tiempo de limpieza, aunque lo habitual es desenterrar la zona contaminada y este es el conjunto de tratamiento más caro. El sitio está contaminando con varios tipos de metales pesados para lo cual se utilizarán varios tipos de remediación para subsanar el suelo.

Jiménez (2017) La acción de remediación es el conjunto de acciones de remediación que se pueden tomar para evitar los daños causados o que puedan ser causados por un suelo contaminado. Se deben tomar las medidas apropiadas para restaurar la condición física modificada o tender a prevenir nuevos peligros para las personas o daños a la propiedad de las personas o al medio ambiente protegido. Las lecciones de tecnología terapéutica deben basarse en los resultados de estudios ambientales previos realizados en el sitio de muestreo. En primer lugar, debe eliminarse la fuente de contaminación y, a continuación, debe extinguirse o neutralizarse la contaminación existente para eliminar el peligro que puede darse para las personas y así mismo para nuestro ecosistema.

El tratamiento de la contaminación puede ser in situ (remoción de contaminantes del suelo sin remoción) o ex situ (suelo transportado a otras instalaciones para su tratamiento o contención).

2.2.2. BIOCHAR MAGNETICO

García (2014) El biochar magnético es una enmienda orgánica carbonada para suelos, los problemas derivan de la dificultad de comprender los mecanismos de acción de un producto como este frente

a una matriz tan compleja como el suelo y, en particular, con su coloide mineral. Es fundamental conocer qué sucede con algunas propiedades básicas del suelo cuando al mismo se adiciona el biochar y de manera particular, sobre la funcionalidad y biodiversidad de dicho suelo receptor. Asimismo, es esencial conocer su efecto sobre el suelo lo que se respecta a inducir un mejor comportamiento sobre su rendimiento. Por último, y desde una perspectiva ambiental de enorme interés, será básico describir la estabilidad de estos productos, para poder asignar su capacidad para ser fijado en el suelo, y su utilidad por tanto para hacer de esos suelos que son sumideros de carbono.

Bravo (2013). El biocarbono, comúnmente conocido como biocarbón, es una de las tecnologías propuestas en geo ingeniería, se cree que aborda el cambio climático. Los científicos que respaldan esta tecnología afirman que cerca del 10% de los más de 60.000 millones de toneladas de carbono convertidas anualmente por la fotosíntesis, proviene de los restos de los cultivos que son el maíz y el arroz, subproductos forestales y materia orgánica. Se convierte en biocarbono aquellos que son descompuestos por falta de oxígeno, es un producto como si fuera de la segunda que ya no lo utilizan en la pirolisis de residuos orgánicos, y estos agricultores se han beneficiado principalmente, durante generaciones, de incorporar una combinación del biochar vegetal y compost al suelo, huesos de animales y peces, sedimentos de río y diversos restos de biomasa fueron absorbidos sin evidencia de suelo. Rica en carbono y renovable

2.2.2.1. EFECTO DEL BIOCHAR EN METALES PESADOS

Jiménez (2017). El uso de biochar para reducir metales pesados ha demostrado una gran eficiencia. El mecanismo de disminuir la toxicidad con el biocarbón es muy bueno y tienen una reacción electrostática y precipitaciones y más reacciones que se podrían dar cuando utilizamos el biocarbón que son realizados por los restos orgánicos de la agricultura y lo vuelven paralizados a los metales pesados.

Los mecanismos por los cuales opera el biochar en los procesos de descontaminación son diversos y poco comprendidos en la mayoría de los estudios. Está claro que, en los fenómenos de absorción, las propiedades del biochar y los nutrientes son muy importantes para los agricultores, de la forma en que el biochar afecta la biota del suelo, que intervienen en procesos de depuración de contaminantes.

2.2.2.2. RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Jiménez (2017) La industria agroindustrial genera al año toneladas de residuos de origen orgánico, tales como la cascara de arroz (*Oryza Sativa*), tusa de maíz (*Zea maíz*), bagazo de sábila (*Aloe Vera*), bagazo de caña (*Saccharum Officinarum*) y capsulas de moringa (*Moringa Oleifera*), entre otros.

La recuperación y reutilización de este tipo de residuos constituye una obligación legal para este sector económico a nivel mundial si necesita desprenderse de ellos sin generar daños medioambientales.

Tabla 1

Origen del residuo

Origen del residuo	Ingrediente de interés
Reales	Albúminas, globulina, hemicelulosa, fibras insolubles, arabinoxilanos, betaglucanos, glucosa, arabina y galactosa
Raíces y tubérculos	Arabinoxilanos, fenoles, ácidos orgánicos
Plantas oleaginosas	Fitoesteroles, albúmina, fenoles, pectina
Pescados	Proteínas, lípidos, quitina
Frutas y verduras	Hesperidina, lomoneno, pectina, fenoles, fibra dietética, tartrato de calcio, beta-caroteno, licopeno, carotenoides
Producto cárnico	Proteínas, hidrolizados de proteínas
Productos lácteos	Lactosa, beta-globulina, alfa-lactalbúmina

Nota. Se aprecia los residuos agroindustriales y su uso como restauración de suelos, datos utilizados por Galaaski (2012).

a) La biomasa

Gómez (2015) La biomasa es todo material que también puede ser usada como energía, la biomasa a pesar de ser restos de la agricultura es muy bueno para las plantas perennes, anuales, hierbas y semillas oleaginosas, entre otras. También proviene de desechos agrícolas, procesamiento de alimentos, la industria de madera desechos sólidos de fuentes de industria y municipales. Ahora en día también se puede fabricar combustible de biomasa aportan alrededor del 10% del suministro de energía primaria del mundo, con una biomasa.

b) La pirolisis

Gómez (2008) La descomposición por evaporación, la biomasa puede ser utilizada con 0 de oxígeno con una reacción máxima para las plantas y con el tiempo se vuelve muy útil para las plantas aparte de ser un bien muy importante. Con la pirolisis podemos fabricar nuestro propio abono para las plantas.

c) Abono Bocashi

FAO, CENTA (2011) Es un abono orgánico sólido, producto de un proceso de fermentación (proceso anaeróbico) que acelera la degradación de la materia orgánica (animal y vegetal) y también eleva la temperatura, permitiendo la eliminación de patógenos (pasteurización). Este proceso es más acelerado que el compostaje y permite obtener un abono.

d) La lombriz

Compagnoni y Putzolu (2008) La lombriz es un bicho que pertenece a las familias de lombricidas, todas de hábitos terrestres. Los oligoquetos, con numerosas especies, entre las que se cuenta la lombriz, constituyen la organización más desarrollada de los anélidos.

– **Características**

Compagnoni y Putzolu (2008) Algunos estudiantes nos dicen que hay dos tipos de lombrices el más oscuro y más

claro. De las más de 8.000 especies de lombrices, son pocas las que por sus cualidades tienen interés.

La lombriz de tierra europea (*lumbricus terrestres*) está muy extendida en la actualidad en el mundo. La mayoría de lombrices que podemos encontrar normalmente en nuestros suelos no son apropiados para establecer la cría intensiva, ya que es muy difícil mantenerlas vivas y muchos más crear una explotación rentable. Las más comunes son la lombriz roja (*lumbricus europea*), la (*lombricus rubellus*) y la lombriz del estiércol roja californiana (*eisenia foetida*).

2.2.3. LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*EISENIA FOETIDA*)

Rodríguez (2018) Se le conoce como el gusano rojo de California porque se encuentra en Estados Unidos, donde descubrieron las características del ecosistema y donde se establecieron los primeros criaderos. Los gusanos rojos de California se reproducen intensamente desde la década de 1950 en California (EE. UU.). Este gusano es originario de Eurasia como una especie a la que se hace referencia en alguna literatura no científica como "Hybrid Red", lo que ha generado mucha confusión porque no es un híbrido, sino una especie. Los gusanos, como el resto de sus parientes, son fruto de una parte de la naturaleza.

Actualmente es considerada la especie más cultivada en el mundo, teniendo en cuenta su vigor, tolerancia a los factores ambientales (pH, temperatura, humedad), fecundidad y capacidad de población. La lombriz se cría en estanques de desechos orgánicos utilizados como fertilizante para la agricultura. El desecho orgánico producido por las lombrices se llama humus, el cual presenta los humus de los chancos y pollos son los que descomponen mejor, ayuda a dominar a los que cultivan la agricultura fruta es para mejorar la tierra de los agricultores con metales pesados.

La ubicación de los canteros debe ser en lugares con sombra como cenadores, donde hay lugares con mucha sombra sin taninos,

tomillos, galerías, eco-boxes y en exteriores, colocando pastos altos para evitar la evaporación y además tienen que ser de fácil acercamiento. El lugar tiene que ser plano nada de curvas o subidas y no inundada.

Cuidad la iluminación dado que los gusanos son muy sensibles mortales a los rayos ultravioleta. Además, de la humedad ya que este es uno de los factores que están más presentes es la humedad y conlleva a las consecuencias negativas en la producción de humus, así como en la reproducción y reproducción de las lombrices. La humedad en el macizo de flores debe mantenerse en el rango 75 - 80%, ya que por debajo del 70% es desfavorable para la reproducción y por debajo del 55, el grado de muerte de la planta.

Por otro lado, la temperatura es de 15 – 24 °C, lo más cerca posible del cuerpo; arriba de 30°C tolera bien la temperatura, pero el costo reduce la producción y así mismo el humus. Y el pH es un factor mayormente para las plantas y un factor muy importante para las agriculturas para aquellos que siembran sus cultivos en general ya pueden ser papa, zapallo, olluco, etc. Finalmente, la lombriz necesita aire para su vida, por lo que es necesario limpiar el cantero o macizo de flores con un rastrillo al menos cada siete días.

2.2.3.1. VERMICOMPOSTAJE

Salinas (2018) Vermicompostaje es una biotecnología que utiliza lombrices rojas de California (*Eisenia foetida*) para producir humus. Estos gusanos se alimentan de desechos orgánicos, que digieren y metabolizan junto con las heces en abono orgánico conocido comúnmente como humus. Este fertilizante orgánico aporta muchos beneficios al suelo, mejorando la estructura, aumentando la aireación y aumentando la actividad microbiana. Para iniciar el proceso de vermicompostaje se necesita un recipiente con las instrucciones anteriores, un nido de lombrices, desechos orgánicos, fertilizarlos y brindar un régimen de humedad y temperatura para las lombrices.

2.2.3.2. HUMOS DE LOMBRIZ

Gordillo y García (2015). Hemos visto que el compostaje este hecho de residuos sólidos inorgánicos es un abono para las plantas en general los ayuda mucho en su desarrollo de las plantas que se alimentan de los desechos, como lombriz de tierra y chinches. Así, la vermicompostaje de ciertas lombrices. El gusano de California (*Eisenia foetida*) es el más utilizado porque acelera este proceso.

Según Salinas (2018). Parámetro principal para el vermicompostaje son los siguientes:

a) Ausencia de luz

Las lombrices debido a que son sensibles a la luz, se deben evitar la exposición directa con esta.

b) Humedad

La presencia de una cutícula permeable en el cuerpo de la lombriz favorece que el agua no se debe de perder porque es muy importante reducir rápidamente la humedad, ya que esto detendrá el trabajo y a la vez también bajará la cantidad de la población. La humedad debe ser del 70 al 80 %, por debajo del 55 % matará a los gusanos.

c) Temperatura

Este parámetro afecta el desove, la formación de humus y la fertilidad del capullo. Soportan temperaturas de 0°C a 30°C, la temperatura óptima ronda los 20°C. A temperaturas inferiores a 5°C, las lombrices reducen su metabolismo, produciendo menos caries.

d) pH

El pH mide la alcalinidad o acidez del medio. Las lombrices de tierra no toleran un valor inferior a 4,5, la acidez no es apta. El rango óptimo es de 5 a 8,4, que se puede controlar con un medidor de pH o papel indicador ordinario. Fuera de este rango, el gusano se dormirá.

e) Aireación

Este parámetro afecta el desove, la formación de humus y la fertilidad del capullo. Soportan temperaturas de 0°C a 30°C, la temperatura óptima ronda los 20°C. A temperaturas inferiores a 5°C, las lombrices reducen su metabolismo, produciendo menos caries.

2.2.4. SUELO

Estecé (2021). Este autor nos dice que es muy importante porque es uno de los beneficios para las personas tanto como para las plantas. Como la historia nos dice que el suelo fue originado por las rocas a través de ellas se creó el suelo. Gracias al suelo ahora nosotros sembramos nuestros cultivos y podemos alimentarnos a través de ellos.

Bautista (1999). Este autor nos dice que es un cuerpo natural y es un soporte natural donde los seres vivos se benefician a través de ello se pueden sembrar variedad de plantas y muchos alimentos.

2.2.4.1. LOS ORÍGENES DEL SUELO

De La Rosa (2008) El conocimiento del suelo ha seguido de cerca la historia del uso de la tierra para cultivos y agricultura, y hoy en día también es más importante para fines agrícolas como la ingeniería civil y el uso de la tierra, transacción, como utilizar los recursos y como conservar los suelos.

Tabla 2

Características

Características						
Relieve	Depresión		Depresión/ Elevación	Elevación		
Color	Rojo	Rojo/Pardo rojizo	Rojo/Negro Pardo rojizo	Negro	Negro	Negro
Pedregosidad	Nula	Baja	Nula	Medio	Alta	Nula
Rociedad	Nula	Medio	Alta	Nula	baja	Alta
Profundidad	10-50cm	< 10 cm	ND	ND	ND	ND

Nota. Se aprecia las características físicas texturales del origen del suelo. Datos elaborados por Bautista et (2005).

Los antiguos filósofos griegos como Xenophon, Hesíodo, Aristóteles y Platón mostraron las propiedades del suelo llegando

a un concepto de perfiles de suelo y a reconocer que el suelo suministra nutrientes a plantas, los griegos empezaron a seleccionar cultivos más apropiados para distintos suelos dejando una literatura precisa sobre las prácticas de manejo agrícola.

2.2.4.2. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Sánchez (1981). Son los responsables de movilizar el aire, calor, agua y soluto del suelo, y varían ampliamente en los suelos tropicales. Incluyendo algunas que se desconocen en la zona templada. Generalmente se considera que en su estado natural los oxisoles y alfisoles tienen excelentes propiedades físicas. Muchos oxisoles y alfisoles son susceptibles a la erosión debida a rápidos cambios de textura. Algunas características físicas pueden y están sujetas a prácticas de gestión. En los trópicos, la sequía severa y las altas temperaturas superficiales pueden causar una transición rápida a tormentas intensas. Muchas propiedades físicas del suelo se degradan durante la labranza, lo que hace que el suelo sea menos permeable y más susceptible a la erosión y la escorrentía. La retención del agua es muy importante para abastecer en la agricultura la cobertura vegetal es muy importante.

2.2.4.3. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

Fassbender (1975). La tierra tiene unas principales tareas de su química. Estas propiedades son el resultado de la formación y evolución del suelo, y su conocimiento permite desarrollar criterios valiosos para clasificarlos, especialmente para explicar las relaciones entre el suelo y las plantas.

El intercambio catiónico y aniónico resultante de la interacción de las fases sólida y líquida del suelo depende de la composición y propiedades del complejo coloidal (partículas orgánicas, arcilla) y de la composición de la traducción del suelo. El resultado es un equilibrio químico que es reversible y cambia con las influencias climáticas y ambientales que afectan el suelo y regulan la disponibilidad de nutrientes. La respuesta del suelo, que determina

las condiciones de acidez y alcalinidad, es de suma importancia para el uso del suelo tropical, especialmente a medida que se acercan los resultados de la meteorización.

La cal y la acidificación de las tierras de cultivo son métodos de producción que aumentan los rendimientos y controlan la fertilidad. Sin embargo, la práctica del encalado ha llevado a resultados muy contradictorios, en los trópicos, debido a la falta de comprensión de la química del suelo que se discutirá en esta sección, las condiciones de oxidación y la reducción, que también ocurre más tarde, es importante para algunos suelos, por ejemplo, en la producción de arroz.

2.2.4.4. PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO

Paz (2006) Los suelos se diferencian de otras formas de ecosistemas, como los acuáticos, en su gran diversidad biológica y complejidad fisicoquímica. Estas estabilizan la estructura del suelo. Los microorganismos descomponen los restos orgánicos y metabolizan los nutrientes minerales.

Compagnoni y potzolu (2018) Probablemente el inventario microbiano más reciente de diferentes suelos.

Tabla 3

Colonización microbiana del suelo

Indicios	Podzol herbáceo	Cemazem
Humus en %	4,2	4,3
pH (salino)	6,0	7,6
Nitrógeno total en %	0,25	0,28
Nitrógenos hidrolizables en mg/100g	9,2	7,8
Densidad microbiana en 1 g de terreno:		
Bacterias	17600.000	11200.000
Hongos saprofitos	25.300	28.500
Actinomicetos	418.000	883.000
Oligonitrofiticos	4600.000	10600.000
Azotobacter beijerincki		354
Clostridium pasteurianum	61.800	496.000
Algas unicelulares	150.000	200.000
Total	22855.100	23407.964

Nota. Se aprecia el porcentaje de cada uno de los indicadores de la colonización microbiana del suelo. Datos elaborados por Leningrado (1977)

2.2.4.5. ESTRUCTURA DEL SUELO

Sánchez (1981). Estructura general del suelo, los Oxisoles y las familias de Ultisoles, Afisoles e Inseptisoles oxidados tienen una excelente estructura del suelo. Los oxisoles con un contenido de arcilla superior al 80% parecen ser arcilla o arcilla polvorienta cuando se texturizan. Sin embargo, si continúa mojando la tierra con los dedos, gradualmente se volverá más humus a medida que las texturas se descomponen gradualmente. La buena estructura de estos suelos se debe a que las partículas primarias están densamente empaquetadas en gránulos del tamaño de un grano.

Tabla 4

Estructura del suelo

Tamaño de agregados (mm)	Terra Rosa legitima (Oxisol)		Suelo Massapé (Ultisol)	
	Bosque	Cultivo	Pastura	Cultivo
>2	84,2	48,2	80,8	36,0
2-1	1,1	13,2	7,2	11,1
1 - 0,5	0,5	13,0	3,9	6,6
0,5 – 0,21	0,5	15,1	4,2	12,5
< 0,21	13,7	10,5	3,9	33,8

Nota. Se aprecia la estructura del suelo agrícola en su versión. Datos elaborados por Sánchez (1981).

2.2.4.6. LA IMPORTANCIA DE LA TEXTURA DEL SUELO

Velásquez (2003). Al igual que ocurre con la agricultura a gran escala, la textura del suelo de nuestro jardín juega un papel directo en muchos procesos y determina el buen crecimiento de los cultivos. En cuanto a la parte de acabado del suelo, su textura determina la complejidad de la obra. La arcilla y el suelo pesado son difíciles de cultivar. El suelo debe contener una proporción significativa del oxígeno retenido entre sus constituyentes. Tipo de suelo franco arenoso, con estructura de un suelo que presenta bastante arena pero que cuenta también con limo y arcilla, lo cual le otorga algo más de coherencia entre partículas. Textura Franca. Es un suelo que tiene una mezcla relativamente uniforme, en términos cuantitativos, de los tres separados textuales. Estos tres

factores, además de su dependencia del tamaño de grano, también son consecuencia del grado de distribución del suelo.

a) Materia orgánica

Salas (1981) La materia orgánica es producida en gran parte por las plantas a través de la fotosíntesis y se compone principalmente de muchos compuestos de carbono, los más comunes de los cuales son los polisacáridos, que incluyen celulosa, hemicelulosa, lignina, peptonas y otros. Los líquenes son relativamente resistentes al ataque bacteriano y, por lo tanto, suelen acumularse durante los procesos degenerativos. Sin embargo, los cambios que se dan durante la descomposición de restos orgánicos tampoco se modifican por completo, lo que permite conservar los cationes que componen los grupos más grandes de fitonutrientes

La materia orgánica del suelo y las plantas contiene proteínas muchas veces a medida que se rejuvenecen las nuevas células. Además, las partículas de arcilla protegen las proteínas y otras partículas atrapándolas en sus micelas. La materia orgánica también se produce por la reacción de las proteínas con otros componentes de los restos orgánicos de la tierra, como el lignio, que también son resistentes al ataque microbiano. La materia orgánica no es la misma en todos los suelos. El tipo de vegetación, la naturaleza de la población microbiana en el suelo, los patrones de drenaje, las precipitaciones, la temperatura y el manejo de las tierras de cultivo afectan lo que se encuentra. En resumen, la materia orgánica es un producto del medio ambiente.

b) Fertilidad del suelo

Velásquez (2003). El suelo es el lugar donde las plantas absorben sus nutrientes naturales para crecer. Pero el suelo también está excluido cuando estos nutrientes no se reponen adecuadamente después de cada cosecha. El suelo es fértil

cuando las condiciones culturales son favorables para el cultivo de los cultivos resistentes. El suelo es fértil cuando es fértil, es decir, cuando la relación agua-rendimiento es óptima. Básicamente, debes analizar los principales elementos que consumen las plantas consumen en mayor proporción, como el nitrógeno, el fósforo y el potasio.

c) Elementos mayores del suelo

Velásquez (2003). El primer elemento importante en el suelo es el nitrógeno (N), que es el encargado del desarrollo de las plantas, es un verdadero bloque de construcción de las plantas que consumen las proteínas como son AMONIACO y NITRATO. El segundo elemento más grande en el suelo es el fósforo (p), no tiene otros nutrientes para reemplazar, no es muy móvil cuando se aplica el nitrógeno trabaja en la fotosíntesis y por lo que vemos es muy importante para la agricultura.

2.2.4.7. IMPORTANCIA DEL MUESTREO DEL SUELO

Velásquez (2003) La elección es muy importante, por lo general sabemos que existen técnicas en el campo donde se debe de tener bastante cuidado y mucha precisión al implementarse, no solo es eso para ver los resultados si es real o falso sobre la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio que necesitan las plantas. Por lo tanto, no obtendremos una buena cosecha.

a) Forma de muestreo de suelos

Velásquez (2003) Primero, analizar y estudiar el sitio o campo, identificando áreas que sean homogéneas en términos de relieve, donde cultivan los alimentos los agricultores en suelos rocosos, suelo en barbecho. Una vez especificadas estas zonas, podremos calcular la cantidad de muestras que se sacara y el coste aproximado del análisis. Preparará las señalizaciones o señales de donde se sacará las muestras del campo, luego siga las instrucciones del técnico.

b) Obtención de las muestras

Velásquez (2003) Se identificaron parcelas homogéneas, se distinguieron los puntos que serían ubicados como mínimo 15 puntos y como máximo 20 puntos (submuestra), las cuales serán representadas con una medida de profundidad de 0-30 cm y 0,30-0,60 cm anualmente dependiendo del zigzag u oblicuo a la edad del cultivo ya la altura del voladizo para frutales.

c) Preparación de la muestra

Velásquez (2003). Mezcle las submuestras en un balde luego sacar una sola muestra con un peso de 20-500 gramos, agregue los datos impresos en el cartón y pegue la etiqueta de identificación para enviar al laboratorio. El suelo está compuesto por ingredientes sólidos, líquidos y gaseosos.

Bautista (1999). Al suelo podemos describirle que es muy importante para los seres vivos, que consta de tres fases: solida (orgánica e inorgánica) liquida y gaseosa. La solida está compuesto por minerales, óxidos, sustancias orgánicas, sales y complejos siempre lo encontraremos cuando esto esté en un proceso de descomposición. El espacio libre será ocupado por diferentes gases de composiciones. En liquida ayuda bastante al suelo porque tiene sus iones ya disueltos a comparación de sólido y gaseoso es la más eficiente y muy fácil para usarlo. También tiene un lugar y por lo general se vienen formando lo que es los complejos solubles. Y como resultado podemos tener una reacción bastante considerable en la red de compuestos químicos impulsados por diferentes variables de la materia orgánica y la energía, etc.

2.2.5. LOS METALES PESADOS

Bautista (1999). Como resultado tenemos diferentes tareas de la humanidad los más importantes son los industriales, los cuales dan un cambio bastante a varios compuestos de estos elementos que se acumulan en el suelo en enormes dimensiones que son de forma

disuelta y alterado la fuerza del ecosistema que son contaminados introduciendo estas sustancias de la red alimentaria de los metales pesados. Cuando se habla de un metal pesado, muchos de nosotros lo entendemos mal, lo tomamos como un elemento tóxico, pero está mal porque los metales pesados no son todos tóxicos.

El vértigo metálico se refiere a los elementos metálicos que están en rango de concentraciones inferiores a 1 mol/m³ en elementos con concentraciones inferiores a 100 mg/kg de sólidos. Las síntesis esenciales, son los más necesarios para las plantas en su vida diaria, de los cuales el ciclo de vida es incompleto. Cabe recordar que no todos son importantes los elementos para las plantas y que otros elementos son para los organismos que son muy importantes.

2.2.5.1. LA CONTAMINACIÓN

Bautista (1999) Se refiere a la introducción o desarrollo anormal de sustancias que pueden afectar adversamente a los organismos en un ecosistema. Los contaminantes a veces son de origen natural, pero muchas veces están relacionados con la actividad humana, que libera sustancias agresivas en busca de supervivencia y prosperidad, algunas de las cuales pueden ser transformadas por organismos vivos (biodegradables) y otras que son persistentes (no biodegradables).

Cabe recalcar lo anterior, ya que las sustancias naturales pueden causar daños significativos al medio ambiente, de lo contrario se descompondrán en poco tiempo, mientras que las sustancias sintéticas, por su no biodegradabilidad, ingresarán a la red alimentaria y elevarán los niveles de nutrientes y el nivel de sustancia

a) Suelo contaminado

Jiménez (2017). Su papel vital en la tierra es muy importante, o como filtro y almacenamiento de sustancias potencialmente dañinas, sigue siendo en gran parte desconocido. La contaminación del suelo, definida como la

introducción de sustancias nocivas o tóxicas en el suelo que pueden afectar negativamente el tipo de tierra (para el bienestar de los organismos del suelo), es una amenaza grave para el suelo y un problema ambiental.

Desde las características específicas de los contaminantes y diversos contaminantes bióticos y abióticos hasta su dinámica y evolución en el suelo. También se consideran aspectos de innovación en cuanto a contaminantes emergentes, radionúclidos, etc., y aspectos clásicos como la contaminación por metales pesados, pesticidas o hidrocarburos. Su contenido ofrece soluciones potenciales a importantes perspectivas de futuro.

2.2.6. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL DEL SUELO

MINAM (2017). Se ha publicado el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM que aprueba la Norma de Calidad Ambiental (ECA) suelos, la cual ha sido desarrollada en cooperación con las autoridades correspondientes, de los sectores público y privado y el público general.

Tabla 5

Estándares de Calidad Ambiental para Suelo D.S. N. ° 011 – 2017 – MINAM

Parámetros en mg/kg PS (2)	Suelo agrícola (8)	Usos del suelo (1)		Métodos de ensayo (7) Y (8)
		Suelo Residencial/ Parques (4)	Suelo comercial (5) /Industrial/Extractivos (6)	
		Inorgánicos		
Cadmio	1.5	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051

Nota. el estándar se encuentra establecido con D.S. N. ° 011 – 2017 – MINAM

De la tabla 1, se considera (1) Suelo: El muestreo de suelos se realiza siguiendo las pautas de la Guía para muestreo de Suelos. (2) PS: Peso Seco. (3) Suelo agrícola: Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. (4) Suelo residencial / parque: Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades

de recreación. (5) Suelo comercial: Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios. (6) Suelo industrial/extractivo: Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla es la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales como la minería. (7) Métodos de ensayo estandarizados, vigentes o métodos validados y que cuenten con acreditación nacional e internacional correspondiente. Los métodos de ensayo deben contar con límites de cuantificación que estén por debajo del ECA correspondiente al parámetro bajo análisis. (8) Para aquellos parámetros que no se especifican métodos de ensayo empleados para la determinación de las muestras, se deben utilizar métodos que cumplan con las condiciones señaladas en la nota (7). EPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

Esta norma, recogida durante la publicación preliminar de una iniciativa normativa el 5 de julio de este año, identifica parámetros de calidad ambiental en el suelo que mejorarán el nivel del cuidado y el bienestar de la calidad ambiental. Los parámetros de calidad del suelo serán la base y guía para el desarrollo e implementarán para poder prevenir y controlar el suelo dichos programas.

2.2.6.1. MARCO LEGAL

- Guía para el muestreo de suelos D.S N.º 002 – 2013 – MINAM
- D.S N.º 011 – 2017 – MINAM

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Suelo**

Estrella (2019) El manto es el que tapa toda la tierra la cual se hace llamar suelo. Allí prosperan diferentes especies de animales y plantas. Se compone de restos: sal, organismos aun vivientes del suelo que fueron originados de las rocas, pequeñas especies y animales. Las plantas y animales muertos en la cima del suelo serán dañados por varios microorganismos, que se convierten en materia orgánica y forman el suelo.

- **Biorremediación**

Argyles (2010) Esta técnica o un proceso se utiliza para limpiar suelos contaminados con microorganismos, plantas y hongos. Se basa en los procesos de biodegradación que ocurren de forma natural en el medio ambiente.

- **Eisenia fetida**

Savigny (1826) *Eisenia fetida* es el más conocido como lombriz roja de la tierra su especie es *Eisenia*, en el orden haploide, de la familia *Lumbricidae*, sinónimo de *oligoquetos*. Es semihermafrodita (las lombrices cuentan con ambos sexos, pero para aumentar necesitan ser apareados). Alcanzan aproximadamente 160 piezas y su color se debe al pigmento burdeos que se encuentra a nivel de la epidermis subcutánea.

- **Temperatura**

Agüero (2019) Son un grupo de metales que transmiten y en ocasiones provoca la contaminación del suelo y del agua; Esta contaminación puede permitir el acceso a cambiantes cadenas alimentarias saludables, tanto para quienes trabajan directamente en las principales fuentes de emisión como para quienes se ven afectados indirectamente por el uso de residuos peligrosos, las fuentes contaminantes mencionadas

- **Textura**

García y Dorronsoro (2017) Por un lado, la arcilla tiende a absorber metales pesados, los cuales quedan retenidos en su intercambio, por lo que la arcilla contiene más metales. Por otro lado, el suelo arenoso no es capaz

de retener los metales pesados, estos ingresan rápidamente al intestino y por lo general causan daños a las aguas subterráneas.

- **Metales pesados**

Se trata de materiales naturales característicos de alto peso molecular que son muy comunes, pero vemos casos que existen que el plomo o el cadmio comúnmente utilizados en tuberías. Hablando de contaminación, los metales pesados afectan el bienestar de las personas y conllevan a las enfermedades y contaminación.

- **Contaminación**

Agüero (2019) Es una renovación nociva en las propiedades químicas, físicas y biológicas del ambiente. Perjudica a los seres de la biología y especialmente la vida humana.

- **Plomo**

Melinda (2005) Al plomo se le conoce como un metal muy pesado y dúctil para las plantas, obtenido por fundición o refinación en una mina o secundariamente por el reciclaje de desechos que contienen plomo, como las baterías de automóviles.

- **Cadmio**

Por un lado, las arcillas tienden a absorber los metales pesados atrapados en sus sitios de intercambio, por lo que las arcillas retienen más minerales. Por otro lado, los suelos arenosos son incapaces de fijar metales pesados y rápidamente se vuelven subterráneos y pueden contaminar las aguas subterráneas.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Ha: La remediación con Biochar magnético y la lombriz roja californiana (*Eisenia fétida*) es diferente en la recuperación de suelos agrícolas contaminados por metales pesados (plomo y cadmio) en la localidad de Huandobamba, si cumple con el ECA D.S. N° 011-2017 – MINAM.

Ho: La remediación con Biochar magnético y la lombriz roja californiana (*Eisenia fétida*) no es diferente en la recuperación de suelos agrícolas contaminados por metales pesados (plomo y cadmio) en la localidad de Huandobamba, si cumple con el ECA D.S. N° 011-2017 - MINAM.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACIÓN

Remediación.

2.5.2. VARIABLE EVALUATIVA

Recuperación de suelos contaminados.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TÍTULO: “Comparación de la remediación con biochar magnético y la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) para la recuperación de suelos agrícolas contaminados por metales pesados (plomo y cadmio) en la localidad de Huandobamba - Ambo- 2023”

Variable de calibración	Indicadores	Valor final	Tipo de variable
Remediación	Tipos de remediadores	- Biochar magnético - Humus de lombriz roja californiana (<i>Eisenia Foetida</i>)	Nominal politómica
Variable evaluativa	Indicadores	Valor final	Tipo de variable
Recuperación de suelos contaminados	Parámetros Físicos:		Numérica continua
	• Arena	%	
	• Arcilla	%	
	• Limo	%	
	Parámetros Químicos:		
	• PH del suelo.	g/cm3	
	• Conductividad eléctrica.	ds/m	
	• Clce	g/cm3	
	• Fosforo	ppm	
	• Nitrógeno	%	
	Parámetros Biológicos:		
	• Materia orgánica.	%	
	Indicadores químicos cambiables		
	• Ca	Cmol(+)/kg	
	• Mg	Cmol(+)/kg	
	• Na	Cmol(+)/kg	
	• Al	Cmol(+)/kg	
	• Bases Cambiables	Cmol(+)/kg	
	• Ácidos Cambiables	%	
	• Saturación de Aluminio	%	

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según su control y mediciones, el estudio de la investigación fue prospectivo, porque el investigador recolecto y trabajo con datos primarios (Supo, 2020).

Según el número de variables analíticas, la presente investigación es analítico porque presento dos variables analíticas la cual es remediación y suelos contaminados (Supo, 2020).

Las intervenciones del estudio, la investigación es con intervención porque se modificó los resultados en las unidades de estudio para obtener un resultado satisfactorio (Supo, 2020).

Las mediciones de las variables son numéricas y estadísticas de estudio, el estudio es longitudinal porque se realizó un pre test y un post test, porque se realizó varias mediciones más de uno de la variable de estudio (Supo, 2020).

3.1.1. ENFOQUE

El estudio que se realizó tiene un enfoque cuantitativo, donde se recaudó y analizó datos de campo sobre la comparación de la remediación con biochar magnético y el humus de lombriz roja californiana (*Eisenia Foetida*), para la recuperación de suelos contaminados por metales pesados (plomo y cadmio), se aplicó una prueba estadística para realizar la comparación del efecto.

El enfoque cuantitativo nos dice que las preguntas plantean hipótesis e identifican variables, donde se planifica la verificación del diseño, se miden variables y las mediciones resultantes también se analizan estadísticamente (Torres, 2014).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

La presente investigación se encuentra en el nivel aplicativo, porque determinó la comparación de la remediación con biochar magnético y el humus de lombriz roja californiana (*Eisenia Foetida*), en

la recuperación de suelos contaminados por metales pesados (plomo y cadmio), (Supo, 2020).

3.1.3. DISEÑO

La investigación sigue el diseño de un experimento verdadero porque cumplió con la manipulación y el control. Lo que es una intervención a propósito de la investigación que se realizó y lo que es el control se realizó en nivel metodológico y estadístico (Zacarias, 2020).

Este diseño se basó en tres grupos de estudio; el primero será con el biochar magnético, el segundo grupo se realizó con el humus de la lombriz roja californiana (*Eisenia Foetida*) y el tercero fue la combinación de ambos remediadores, lo cual es con intervención ya que el investigador intervino de forma directa para realizar los respectivos monitoreos, muestreos, entre otras actividades del proyecto, la observación se dio constantemente sobre todo donde se va aplicar los remediadores. Por ello se indica lo siguiente:

Dónde: GE (grupo de estudio), θ_1 (observación inicial, θ_2 (observación final) y x_1 (intervención) (Supo, 2020).

GE1: $\theta_1 \dots x_1 \dots \theta_2$

GE2: $\theta_1 \dots x_2 \dots \theta_2$

GE3: $\theta_1 \dots x_1 + x_2 \dots \theta_2$

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población de estudio de la investigación comprende el suelo agrícola contaminado por metales pesados (pb y cd) de los cuales la cantidad que se vio del suelo contaminado que se utilizó es de 200 m^2 , con una profundidad de 50 cm, la cual lo encontramos ubicado en el caserío de Huandobamba, Distrito y Provincia de Ambo y Departamento de Huánuco, Perú. Las coordenadas de ubicación se muestran a continuación.

Tabla 6*Coordenadas UTM*

Suelo	COORDENADAS UTM-WGS 84		
	Longitud	Latitud	Altitud
	76°1.1390'O	9°55.3920'S	2,210 m.s.n.m

Nota. La tabla muestra el sistema de coordenadas UTM de la investigación.

3.2.2. MUESTRA

La muestra del estudio es el suelo contaminado por metales pesados (pb y cd) de Huandobamba – Ambo, es un área comprendida de 10 m² con una profundidad de 30 cm, en los cuales se realizó la remediación de suelos con biochar magnético y el humus de la lombriz roja californiana y la combinación de estos, para posteriormente determinar su comparación.

El presente estudio se realizó en el periodo de junio a noviembre del 2023.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA EL INDICADOR FÍSICO

Tabla 7*Técnicas e instrumentos de recolección de datos para parámetros físicos*

VARIABLE	INDICADOR	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Recuperación de suelos contaminados	Parámetro físico	Observación	
	• Arena		Hidrómetro
	• Limo		Hidrómetro
	• Arcilla		Edómetro

Nota. La tabla muestra las técnicas e instrumentos para la recolección de dato, para el indicador del parámetro físico.

3.3.2. PARA EL INDICADOR QUÍMICO

Tabla 8

Técnicas e instrumentos de recolección de datos para parámetros químicos

VARIABLE	INDICADOR	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Recuperación de Suelos Contaminados	Parámetro químico	Observación	
	• pH		pH-metro
	• CiCe (Capacidad de intercambio catiónico)		Se calcula a partir de los niveles de K, Mg, C, Na, e H. que se extrajeron en el análisis del suelo.
	• Conductividad		Conductímetro
	• Fosforo		Espectrómetro
	• Nitrógeno		HI3896(kit de prueba química que utiliza colorimetris y turbidimetría).
	Indicadores químicos cambiables		
	• Ca		LAQUAtwin Ca-11
	• Mg		pH-metro
	• K		LAQUAtwin K-11
	• Na		LAQUAtwin Na-11

Nota. La tabla muestra las técnicas e instrumentos para la recolección de dato, para el indicador del parámetro químico y también los indicadores químicos cambiables.

3.3.3. PARA EL INDICADOR BIOLÓGICO

Tabla 9

Técnicas e instrumentos de recolección de datos para parámetros biológicos

VARIABLE	INDICADOR	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Recuperación de Suelos Contaminados	Parámetro biológico • Materia Orgánica	Observación	PCE-PH 30

Nota. La tabla muestra las técnicas e instrumentos para la recolección de dato, para el indicador del parámetro biológico.

3.3.4. PROTOCOLO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

a) Etapa preparatoria a la ejecución del proyecto

En primera instancia, se reconoció el lugar o la zona donde se realizó el estudio para obtener los datos que serán necesarios como: Los caminos para llegar al lugar, los puntos de ubicación, y el reconocimiento observacional de cómo está el suelo.

Posteriormente se realizó la preparación de la calicata para sacar la muestra inicial de suelo contaminado por metales pesados de

plomo y cadmio, los cuales fueron degradados por los pesticidas, insecticidas, etc., para ello se utilizó las siguientes herramientas como son: pala, pico, una wincha para medir la calicata, un balde limpio y desinfectado (para juntar las sub muestras y obtener la muestra compuesta), las bolsas herméticas para echar la muestra homogenizada.

Por ello durante esta etapa se utilizó la “guía para muestras de suelos en el marco de la Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM” la cual fue fundamental para realizar correctamente el muestreo de acuerdo al tamaño de área que se utilizó para la investigación, de acuerdo a esto también se supo que métodos se usó para para obtener la muestra compuesta, la profundidad correcta para realizar el muestreo, los materiales adecuados para guardar y transportar las muestras y las condiciones de seguridad que necesitan las muestras.

Una vez obtenidas las muestras de suelos se colocaron en bolsas herméticas para luego ser mezcladas y conformar una muestra integrada representativa del terreno, las cuales estas fueron enviadas al laboratorio para realizar sus respectivos análisis y saber cuál es el contenido inicial de metales pesados (pb,cd) en el suelo y los parámetros físicos, químicos, que presenta el suelo de la localidad de Huandobamba.

b) Etapa durante la ejecución del proyecto

Para llevar a cabo esta etapa de ejecución lo primero que se hizo, fue adquirir 5 kg de biochar magnético y 5kg de humus de lombriz roja californiana los cuales fueron pieza fundamental para iniciar el proceso de remedición de suelos agrícolas.

Una vez obtenido el biochar y el humus de las lombrices rojas californianas, se realizó el mapeo de 200 metros cuadrados del terreno para posteriormente designar al azar las parcelas, donde se añadió el biochar magnético como grupo de estudio número 1, el humus de la lombriz roja californiana (*eisenia foetida*) como grupo de estudio número 2 y la combinación de estos dos componentes como

grupo de estudio número 3, por ello se utilizó el método de transecto o cuarteo, dentro de la investigación para la obtención de las muestras más representativas y poder clasificar .

Específicamente el muestreo de suelo fue delimitado en un terreno de 200 metros cuadrados para cada grupo de estudio, para ello se procedió a limpiar la superficie del área de cada parcela para luego añadir 5 kg de biochar magnético en la primera parcela, 5 kg de humus de lombriz roja californiana en la segunda parcela y la mezcla compuesta de los dos tipos de remediadores en la tercera parcela. Para luego inmediatamente se procedió a mezclar cada parcela uniformemente. Este procedimiento se realizó 3 veces, para obtener resultados diversos y lleguemos a la comparativa.

Posteriormente se tomó las respectivas anotaciones y se monitoreo las tres parcelas; así mismo se tomó fotografías para comparar y ver como esta interactuando estos remediadores en el suelo agrícola contaminado por metales pesados (cd y pb).

Pero teniendo en cuenta que se elaboró el mismo procedimiento para obtener 3 muestras más de cada tratamiento y así obtener los resultados para el análisis estadístico correspondiente, que en su totalidad fueron 12 muestras, 4 por cada tratamiento (humus de lombriz roja californiana, biochar magnético y la combinación de estos).

c) Etapa después de la ejecución del proyecto

En esta parte de la etapa de ejecución transcurrió un mes desde que se añadieron los remediadores en las tres parcelas del suelo agrícola contaminando, por ello se procedió al seguimiento correspondiente con regadíos y estar en constante observación para no dañar el terreno por distintos factores ya sean estos climáticos, animales o la mano del hombre.

Pasado los tres meses se observó la evolución del mecanismo del tratamiento, siempre anotando cómo va interactuando estos tipos de remediadores y poder determinar cuál es el que remueve más

metales pesados del suelo agrícola contaminando por metales pesados (pb y cd) de la localidad de Huandobamba. Se procedió a tomar las muestras de ½ kg de cada parcela, una vez obtenido las muestras de suelo se colocó en bolsas herméticas; para ser enviadas al laboratorio con la finalidad de realizar la caracterización física, química y biológica del suelo y ver la cantidad de metales presentes en el suelo y concluir al resultado final.

Las muestras fueron enviadas al laboratorio de suelos y fertilizantes de la Facultad de Agronomía de la Escuela Universitaria Nacional Agraria de la Selva Tingo Maria, el cual tiene su propia norma o procedimientos internos, aprobados por el organismo certificador vigente del cual se pueden obtener los análisis pertinentes. Los datos para el análisis serán:

Análisis Físico: Textura (porcentaje de arena, limo y arcilla) y la estructura del suelo.

Análisis Químico: Porcentaje (%) de cadmio y plomo, indicadores químicos cambiables, debidamente claras y precisas para obtener un mejor resultado.

Análisis Biológico: Porcentaje (%) de Materia Orgánica.

Análisis de la concentración de los metales (pb y cd) presentes en el suelo.

Según MINAM (2013), es necesario seguir las indicaciones que los laboratorios acreditados hayan decretado para los procesos de recopilación y mantenimiento de muestras tomadas a fin de ser analizadas posteriormente.

Asimismo, se llevó a cabo una evaluación y comparación de la calidad del suelo en los tres grupos de estudio para determinar en última instancia cuál de los tres grupos de estudio remediará mejor los suelos contaminados con metales pesados (pb y cd). El jurado observó en el lugar durante el tiempo oportuno.

3.3.5. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

En el estudio que se realizó los datos donde representan mediante gráficos y tablas en los análisis estadísticos con los datos recolectados en el campo; bajo el formato APA 7ma edición. Los cuales facilitarán en la obtención de resultados, conclusiones y recomendaciones.

3.4. TÉCNICA PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Los pasos que se utilizó para el proceso y análisis con la información de presente estudio es la recolección de datos, codificación de identificaciones y ordenar.

Los pasos que se utilizó para analizar la información recolectada de este proyecto, es el programa estadístico software IBM SPSS versión 24, y Microsoft Excel 2016 ya que este programa nos ayudó a analizar los datos mediante tablas y gráficos según lo necesitamos. También el programa nos sirvió para contrastar la hipótesis.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. CONCENTRACIÓN DEL METAL PESADO PLOMO

Tabla 10

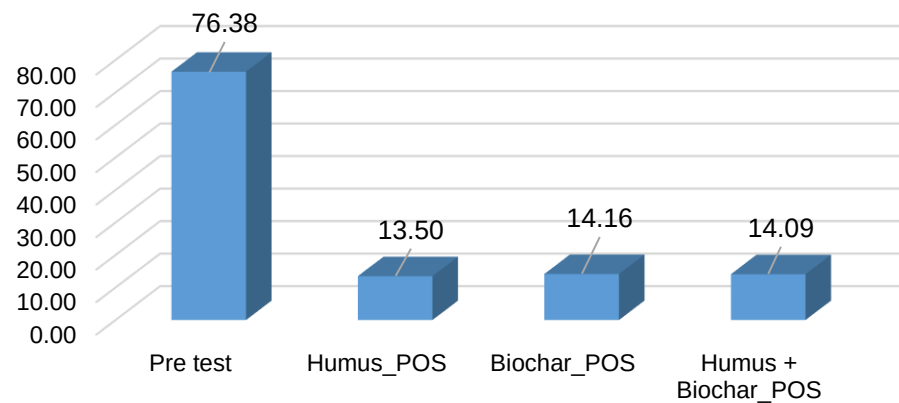
Concentración de Pb (Plomo), antes y después del tratamiento

Grupo	Media	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media	
			Límite inferior	Límite superior
Humus PRE	76.38	0.00	76.38	76.38
Humus POS	13.50	0.27	12.65	14.35
Biochar PRE	76.38	0.00	76.38	76.38
Biochar_POS	14.16	0.29	13.25	15.07
Humus + Biochar PRE	76.38	0.00	76.38	76.38
Humus + Biochar POS	14.09	0.19	13.47	14.71

Nota. Datos procesados con SPSS versión 24.

Figura 1

Concentración de Pb (Plomo), antes y después del tratamiento



Nota. Se aprecia una menor concentración final de plomo (13.50 ppm) en el suelo tratado únicamente con humus.

4.1.2. CONCENTRACIÓN DEL METAL PESADO CADMIO

Tabla 11

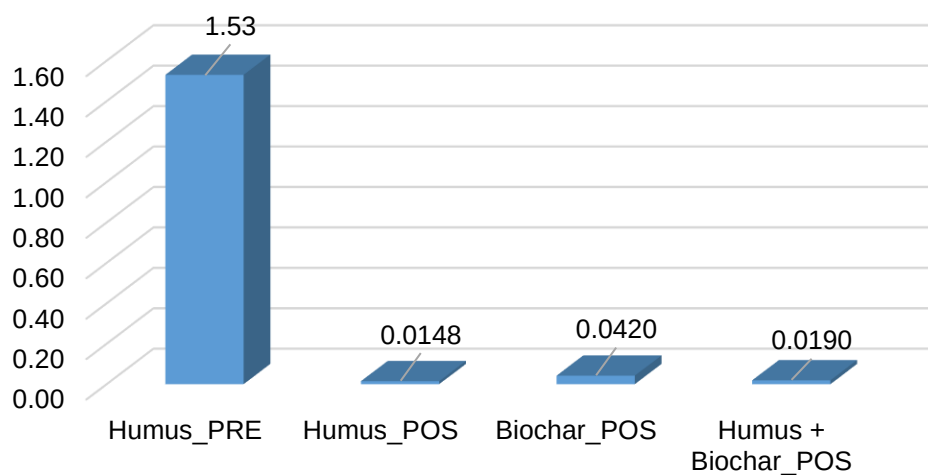
Concentración de Cadmio antes y después del tratamiento

Grupo	Media	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media	
			Límite inferior	Límite superior
Humus PRE	1.53	0.00	1.53	1.53
Humus POS	0.0148	0.00048	0.0132	0.0163
Biochar PRE	1.53	0.00	1.53	1.53
Biochar POS	0.0420	0.02933	-0.0514	0.1354
Humus + Biochar PRE	1.53	0.00	1.53	1.53
Humus + Biochar POS	0.0190	0.00041	0.0177	0.0203

Nota. Datos procesados con SPSS versión 24

Figura 2

Concentración de Cadmio antes y después del tratamiento



Nota. Se aprecia una menor concentración final de cadmio en el suelo tratado únicamente con el humus de lombriz californiana.

4.1.3. DESCRIPTIVOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS

Tabla 12

Descriptivos de los parámetros

Parámetro	Grupo	Post Test	Diferencia	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media	
					Límite inferior	Límite superior
Arena	Humus	45.43	-0.23	0.10	-0.55	0.09
	Biochar	51.55	5.89	0.05	5.74	6.04
	Humus + Biochar	45.42	-0.24	0.09	-0.52	0.03
Arcilla	Humus	52.94	0.40	0.07	0.18	0.62
	Biochar	42.92	-9.63	0.07	-9.86	-9.39
	Humus + Biochar	42.88	-9.67	0.05	-9.82	-9.51
Limo	Humus	1.63	-0.17	0.04	-0.29	-0.05
	Biochar	5.54	3.74	0.07	3.52	3.95
	Humus + Biochar	22.71	9.91	0.04	9.77	10.05
pH	Humus	4.97	0.18	0.01	0.15	0.20
	Biochar	4.85	0.06	0.02	0.01	0.11
	Humus + Biochar	5.32	0.53	0.01	0.50	0.55
MO	Humus	3.48	2.18	0.11	1.83	2.53
	Biochar	3.80	2.50	0.02	2.44	2.57
	Humus + Biochar	3.61	2.31	0.02	2.25	2.36
CIC	Humus	11.94	3.10	0.02	3.04	3.16
	Biochar	10.37	1.53	0.03	1.43	1.63
	Humus + Biochar	12.27	3.43	0.09	3.16	3.71
Conductividad	Humus	0.35	0.23	0.00	0.22	0.23
	Biochar	0.15	0.02	0.00	0.02	0.03
	Humus + Biochar	0.32	0.20	0.00	0.19	0.20
Nitrógeno	Humus	0.17	0.10	0.01	0.09	0.12
	Biochar	0.19	0.12	0.00	0.12	0.12
	Humus + Biochar	0.18	0.11	0.00	0.10	0.12
Fósforo	Humus	48.45	40.36	0.96	37.31	43.41
	Biochar	55.52	47.43	0.31	46.45	48.41
	Humus + Biochar	51.40	43.31	5.74	25.03	61.59

Nota. Se aprecia que, en el indicador Arcilla, hubo un decremento en su valor, pero en todos los demás indicadores se ha incrementado sus respectivos valores, con respecto al pre test. De los descriptivos de los parámetros físicos, químicos y biológicos (Post Test y Diferencias).

4.1.4. DESCRIPTIVOS DE LOS INDICADORES QUÍMICOS CAMBIABLES

Tabla 13

Descriptivos de los indicadores químicos cambiables

Indicador	Grupo	Post test	Diferencia	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media	
					Límite inferior	Límite superior
Ca	Humus	9.06	3.82	0.05	3.65	3.99
	Biochar	8.14	2.90	0.04	2.77	3.03
	Humus + Biochar	9.42	4.18	0.09	3.88	4.48
Mg	Humus	1.31	0.50	0.01	0.46	0.54
	Biochar	0.94	0.13	0.01	0.11	0.16
	Humus + Biochar	1.41	0.60	0.01	0.57	0.63
K	Humus	0.86	0.70	0.00	0.69	0.71
	Biochar	0.72	0.56	0.00	0.55	0.58
	Humus + Biochar	0.84	0.68	0.00	0.67	0.70
Na	Humus	0.14	0.05	0.00	0.04	0.05
	Biochar	0.11	0.02	0.00	0.02	0.03
	Humus + Biochar	0.18	0.09	0.00	0.08	0.10
Al	Humus	0.33	-1.12	0.02	-1.19	-1.05
	Biochar	0.28	-1.18	0.02	-1.22	-1.13
	Humus + Biochar	0.24	-1.21	0.01	-1.24	-1.18
H	Humus	0.25	-0.85	0.03	-0.94	-0.76
	Biochar	0.18	-0.92	0.01	-0.96	-0.89
	Humus + Biochar	0.18	-0.92	0.01	-0.94	-0.90
B.C.	Humus	95.12	23.90	0.41	22.59	25.21
	Biochar	95.64	24.42	0.21	23.76	25.08
	Humus + Biochar	96.58	25.36	0.08	25.10	25.62
Ac. C.	Humus	4.88	-23.90	0.41	-25.21	-22.59
	Biochar	4.36	-24.42	0.21	-25.08	-23.76
	Humus + Biochar	3.92	-24.86	0.52	-26.52	-23.21
S. Al	Humus	2.76	-13.58	0.18	-14.15	-13.00
	Biochar	2.65	-13.69	0.15	-14.16	-13.22
	Humus + Biochar	1.95	-14.39	0.09	-14.67	-14.11

Nota. Se aprecia que, en los indicadores Al, H, Bas. Camb. Ac. Cam. y Sat. Al., hubo un decremento en su valor, pero en todos los demás indicadores se ha incrementado sus respectivos valores, con respecto al pre test

4.1.5. PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS

Tabla 14

Prueba de normalidad de los datos

Indicador	Grupo	Estadístico	gl	Sig.	Indicador	Grupo	Estadístico	gl	Sig.
Arena	Humus	0.995	4	0.98	Plomo	Humus	0.963	4	0.798
	Biochar	0.911	4	0.488		Biochar	0.911	4	0.488
	Humus + Biochar	0.861	4	0.264		Humus + Biochar	0.854	4	0.24
Arcilla	Humus	0.961	4	0.784	Ca	Humus	0.861	4	0.264
	Biochar	0.866	4	0.282		Biochar	0.918	4	0.525
	Humus + Biochar	0.906	4	0.462		Humus + Biochar	0.944	4	0.68
Limo	Humus	0.993	4	0.972	Mg	Humus	0.995	4	0.983
	Biochar	0.995	4	0.983		Biochar	0.987	4	0.939
	Humus + Biochar	0.963	4	0.798		Humus + Biochar	0.778	4	0.069
pH	Humus	0.971	4	0.85	K	Humus	0.864	4	0.276
	Biochar	0.92	4	0.538		Biochar	0.925	4	0.563
	Humus + Biochar	0.993	4	0.972		Humus + Biochar	0.928	4	0.582
MO	Humus	0.895	4	0.406	Na	Humus	0.887	4	0.369
	Biochar	0.963	4	0.795		Biochar	0.971	4	0.85
	Humus + Biochar	1	4	1		Humus + Biochar	0.956	4	0.755
Conductividad	Humus	0.993	4	0.972	H	Humus	0.852	4	0.233
	Biochar	0.95	4	0.714		Biochar	0.963	4	0.798
	Humus + Biochar	0.963	4	0.798		Humus + Biochar	0.918	4	0.528
Nitrógeno	Humus	0.893	4	0.395	B. C	Humus	0.836	4	0.184
	Biochar	0.926	4	0.572		Biochar	0.947	4	0.698
	Humus + Biochar	0.807	4	0.115		Humus + Biochar	0.969	4	0.834
Fósforo	Humus	0.998	4	0.995	Ac_C	Humus	0.836	4	0.184
	Biochar	0.841	4	0.198		Biochar	0.947	4	0.698
	Humus + Biochar	0.657	4	0.003		Humus + Biochar	0.77	4	0.059
Cadmio	Humus	0.863	4	0.272	S_Al	Humus	0.901	4	0.437
	Biochar	0.637	4	0.002		Biochar	0.839	4	0.193
	Humus + Biochar	0.945	4	0.683		Humus + Biochar	0.959	4	0.771

Nota. Se aprecia que cada uno de los datos presenta distribución normal, habiendo superado el nivel de significancia convencional de 5%

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

El estudio contempla la siguiente hipótesis:

Ha: La eficacia de remediación con Biochar magnético y el humus de lombriz roja californiana (*Eisenia fétida*) es diferente en la recuperación de suelos agrícolas contaminados por metales pesados (plomo y cadmio) en la localidad de Huandobamba, Ambo, 2023

Nivel de significancia convencional: 5% y Prueba estadística: ANOVA con un factor Inter sujetos

Tabla 15

Contrastación de la hipótesis

Indicador	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Arena	100.124	2	50.062	1932.892	0.000
Arcilla	269.075	2	134.538	8126.434	0.000
Limo	206.648	2	103.324	9819.602	0.000
pH	0.464	2	0.232	491.135	0.000
MO	0.213	2	0.107	6.243	0.020
CIC	8.256	2	4.128	347.525	0.000
Conductividad	0.097	2	0.048	9719.413	0.000
Nitrógeno	0.001	2	0.000	4.885	0.037
Fósforo	100.847	2	50.424	1.112	0.370
Cadmio	0.002	2	0.001	0.749	0.500
Plomo	1.049	2	0.524	2.066	0.183
Ca	3.487	2	1.743	96.271	0.000
Mg	0.477	2	0.239	555.908	0.000
K	0.044	2	0.022	322.700	0.000
Na	0.009	2	0.005	306.933	0.000
Al	0.017	2	0.008	8.243	0.009
H	0.014	2	0.007	5.850	0.024
Bas_Camb	4.406	2	2.203	7.517	0.012
Ac_Comb	1.858	2	0.929	1.439	0.287
Sat_Al	1.570	2	0.785	9.498	0.006

Nota. Prueba realizada con ANOVA con un factor Inter sujetos.

Los resultados de la contrastación de hipótesis nos indican que existen diferencias en los tratamientos aplicados en los indicadores de la Arena, Arcilla, Limo, pH, Materia Orgánica, CIC, Conductividad, N, Ca, Mg, K, Na, Al, H, Bases cambiables y Sat. Aluminio Por otro lado, no existe diferencias significativas en los grupos, al aplicarse los tratamientos en los indicadores Fósforo, Cadmio, Plomo, y Ácidos cambiables

Tabla 16*Comparación de los tratamientos físicos*

Indicador	Grupo	ECA	Pre Test	Interpretación	Pos Test	Interpretación
Arena	Humus	10 – 50	45.66	Cumple con el estándar	45.43	Cumple con el ECA
	Biochar		45.66		51.55	No cumple con el ECA
	Humus + Biochar		45.66		45.42	Cumple con el estándar
Arcilla	Humus	10 – 159	54.54	Cumple con el estándar	52.94	Cumple con el estándar
	Biochar		54.54		42.92	Cumple con el estándar
	Humus + Biochar		54.54		42.88	Cumple con el estándar
Limo	Humus	1 – 25	1.8	No cumple con el estándar	1.63	No cumple con el ECA
	Biochar				5.54	No cumple con el ECA
	Humus + Biochar				22.71	No cumple con el ECA

Nota. Se aprecia la comparativa de los tratamientos físicos y su interpretación con la norma establecida ECA Suelo D.S N°011-2017

Tabla 17*Comparación de los tratamientos biológicos*

Indicador	Grupo	Estándar	Pre Test	Interpretación	Pos Test	Interpretación
MO	Humus	1 – 5%	1.3%	Cumple con el estándar	3.48	Cumple con el ECA
	Biochar		1.3%		3.80	Cumple con el ECA
	Humus + Biochar		1.3%		3.61	Cumple con el ECA

Nota. Se aprecia la comparativa de los tratamientos biológicos y su interpretación con la norma establecida ECA Suelo D.S N°011-2017

Tabla 18*Comparación de los tratamientos químicos*

Indicador	Grupo	ECA	Pre test	Interpretación	Post test	Interpretación
pH	Humus	3.7 - 7	4.79	Cumple con el ECA	4.97	Cumple con el ECA
	Biochar				4.85	Cumple con el ECA
CIC	Humus + Biochar	1 – 15	8.84	Cumple con el estándar	5.32	Cumple con el ECA
	Humus				11.94	Cumple con el estándar
	Biochar				10.37	Cumple con el estándar
	Humus + Biochar				12.27	Cumple con el estándar
Conductividad	Humus	0.8 – 3	0.13	Cumple con el estándar	0.35	Cumple con el estándar
	Biochar				0.15	Cumple con el estándar
Nitrógeno	Humus + Biochar	0.05-3	0.07	Cumple con el estándar	0.32	Cumple con el estándar
	Humus				0.17	Cumple con el estándar
	Biochar				0.19	Cumple con el estándar
Fósforo	Humus + Biochar	5-25	8.09	No Cumple con el estándar	0.18	Cumple con el estándar
	Humus				48.45	No Cumple con el estándar
	Biochar				55.52	No Cumple con el estándar
	Humus + Biochar				51.40	No Cumple con el estándar

Nota. Se aprecia la comparativa de los tratamientos químicos y su interpretación con la norma establecida ECA Suelo D.S N°011-2017

Tabla 19*Comparación de los tratamientos indicadores químicos*

Indicador	Grupo	ECA	Pre Test	Interpretación	Post Test	Interpretación
Ca	Humus				9.06	No Cumple con el estándar
	Biochar	3.64	5.24	Cumple con el estándar	8.14	No Cumple con el estándar
Mg	Humus + Biochar				9.42	No Cumple con el estándar
	Humus			No Cumple con el estándar	1.31	Cumple con el estándar
	Biochar	1 – 3	0.81		0.94	Cumple con el estándar
	Humus + Biochar				1.41	Cumple con el estándar
K	Humus			Cumple con el estándar	0.86	No Cumple con el estándar
	Biochar	0.15-0.25	0.16		0.72	No Cumple con el estándar
Na	Humus + Biochar				0.84	No Cumple con el estándar
	Humus			Cumple con el estándar	0.14	Cumple con el estándar
	Biochar	0 – 1	0.09		0.11	Cumple con el estándar
	Humus + Biochar				0.1	Cumple con el estándar
Al	Humus			No Cumple con el estándar	0.33	No Cumple con el estándar
	Biochar	3.5 – 7	1.45		0.28	No Cumple con el estándar
H	Humus + Biochar				0.24	No Cumple con el estándar
	Humus			No Cumple con el estándar	0.25	Cumple con el estándar
	Biochar	0.2-0.6	1.1		0.18	Cumple con el estándar
	Humus + Biochar				0.18	Cumple con el estándar

Nota. Se aprecia la comparativa de los tratamientos de los indicadores químicos cambiables y su interpretación con la norma establecida ECA Suelo D.S N°011-2017.

Tabla 20*Comparación de los tratamientos indicadores cambiables*

Indicador	Grupo	ECA	Pre test	Interpretación	Post test	Interpretación
Bases Cambiables	Humus	2 – 80	71.22	Cumple con el estándar	95.12	No Cumple con el estándar
	Biochar				95.64	No Cumple con el estándar
	Humus + Biochar				96.58	No Cumple con el estándar
Ácidos Combinables	Biochar	2 - 80	28.78	Cumple con el estándar	4.88	Cumple con el estándar
	Humus				4.36	Cumple con el estándar
	Humus + Biochar				3.92	Cumple con el estándar
Saturación Aluminio	Humus	3.5 – 7	16.34	No Cumple con el estándar	2.76	No Cumple con el estándar
	Biochar				2.65	No Cumple con el estándar
	Humus + Biochar				1.95	No Cumple con el estándar

Nota. Se aprecia la comparativa de los tratamientos de los indicadores químicos cambiables y su interpretación con la norma establecida ECA Suelo D.S. N°011-2017

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con relación al objetivo principal comparar la eficacia de la remediación con Biochar magnético y el humus de lombriz roja californiana (*Eisenia fétida*) para el mejoramiento del suelo agrícola contaminados por presencia de metales pesados (plomo y cadmio) en la localidad de Huandobamba, Ambo, 2023.

Para el indicador arena, se ha determinado que cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus, pero no cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Biochar magnético, pero vuelve a cumplir con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus + Biochar magnético.

Para el indicador arcilla, se ha determinado que cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus, así mismo cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Biochar magnético y como también cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus + Biochar magnético.

Para el indicador limo, se determinó que no cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus, al igual que no cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Biochar magnético y como también no cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus + Biochar magnético.

Para el indicador Ph, se ha determinado que cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus, como también cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Biochar magnético y finalmente cumple también con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus + Biochar magnético.

Para el indicador MO (Materia Orgánica), se determinó que, si cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus, asimismo si cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Biochar magnético y de la misma manera si cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para

suelo con Humus + Biochar magnético.

Para el indicador CIC, cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus, como también cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Biochar magnético y también cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus + Biochar magnético.

Para el indicador Conductividad, se determinó que, si cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus, así mismo si cumple también con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Biochar magnético y como también cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus + Biochar magnético.

Para el indicador Nitrógeno, se determinó que cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus, al igual que cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Biochar magnético y también que cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus + Biochar magnético.

Para el indicador Fosforo, se determinó que no cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus, al igual que no cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Biochar magnético y como también no cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus + Biochar magnético.

Para el indicador Ca, se determinó que no cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus, así mismo no cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Biochar magnético y también no cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus + Biochar magnético.

Para el indicador Mg, se determinó que, si cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus, también cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Biochar magnético y finalmente si cumple

con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus + Biochar magnético.

Para el indicador K, se determinó que no cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus, al igual que no cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Biochar magnético y finalmente tampoco cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus + Biochar magnético.

Para el indicador Na, se determinó que, si cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus, asimismo si cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Biochar magnético y finalmente es lo mismo con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus + Biochar magnético.

Para el indicador Al: Se determinó que no cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus, al igual que no cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Biochar magnético y como también no cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus + Biochar magnético.

Para el indicador H, se determinó que, si cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus, como también cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Biochar magnético y que también cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus + Biochar magnético.

Para el indicador Bases cambiables, se determinó que, si cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus, también cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Biochar magnético y finalmente pasa lo mismo con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus + Biochar magnético.

Para el indicador Ácidos combinables, se determinó que, si cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus, también cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Biochar magnético y

finalmente pasa lo mismo con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus + Biochar magnético.

Para el indicador Saturación de Aluminio: Se determinó que no cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus, al igual que no cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Biochar magnético y como también no cumple con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo con Humus + Biochar magnético. Según Paz (2017) en su proyecto de investigación de Uso de biochar magnéticos para inmovilizar del terreno a los metales pesados en un suelo multicontaminado.

Tiene como conclusión; el biochar a través de la magnetización realizadas con la camada de las aves evitara la lixiviación que se da a causa de los metales pesados en zonas donde hay minería ya que esas zonas están muy contaminadas por metales pesados.

La conclusión es que en la tesis se usa un tipo de biochar para la inmovilización de metales pesados dentro de un terreno y llega a los resultados esperados. Con el mismo objetivo del informe presente, utilizamos un tipo de biochar en este caso magnético, para el mejoramiento de suelos contaminados por metales pesados (Pb y Cd), que también los resultados tienen similitud para dentro del rango establecido.

En el antecedente: Romero (2017); en su tesis, Eficacia de la estabilización de metal pesado como son el plomo y el cadmio mediante aplicación del biocarbon san mateo.

Tiene como conclusión; que el biocarbón magnético hecho por la excreta de los cerdos durante dos horas a una alta temperatura de 500°C tiene que carbonizarse así obtiene la capacidad para inmovilizar el plomo en el suelo y reduce la concentración en el agua así imposibilita que los metales tóxicos sean absorbidos por las plantas. A partir de estiércol de cerdo a 500 °C durante la carbonatación durante dos horas, logra la reforma

orgánica por su capacidad de estabilizar en el suelo, reducir su concentración en los poros de agua y evitar la absorción de este metal tóxico por las plantas resultados.

El biochar realizado en el presente informe fue realizada también a altas temperaturas, de manera que los componentes utilizados tuvieron que estar totalmente carbonizados y eso hace que el resultado en este caso el BIOCHAR, actué de manera eficaz para la reducción de metales pesados (inmoviliza y reduce), los resultados en ambos son parecido por el objetivo que se quiere en cada una de ellas.

En el antecedente: Loza (2007). Su tesis lombriz de tierra, *Eisenia foetida* a modo biocompuesto de metales pesados (pb) a lo largo de la transformación de los desechos sólidos orgánicos de Guadalajara, Jalisco, México”

Tiene como conclusión; que el siguiente método de a Solvita tiene un índice de madurez de la composta de 6 que aproximadamente un 65% y se dice que es una composta activa que podemos utilizar, pero; tenemos que retirar los residuos inorgánicos como el vidrio, metal y trapo para que pueda ser utilizada en el campo y así mejorar la calidad del suelo.

La lombriz californiana, tanto el humus de esta, científicamente son bioacumuladores de restos orgánicos y metales pesados. Cabe mencionar que en la tesis solo quisieron constatar el índice de eficacia que la lombriz pueda realizar a favor de transformación de desechos sólidos orgánicos, incluidos los metales pesados. Y es ahí donde concordamos con nuestros resultados porque utilizando el humus de la lombriz el objetivo del presente informe es bioacumular metales pesados y por ende mejorar la calidad del suelo.

Con relación al objetivo específico 1; describir la concentración de Pb (Plomo) presente en el suelo tratado con Biochar magnético, el Humus de la lombriz roja californiana y la combinación de estos, antes y después del tratamiento en suelos agrícolas contaminados, en la localidad de
Huandobamba.

Se aprecia que en el post test el índice es de 76.38 y de ahí al tratamiento, el post test se aprecia una menor concentración final de plomo (13.50 ppm) en el suelo tratado, únicamente con Humus de lombriz roja californiana para Plomo (Pb).

Con relación al objetivo específico 2; describir la concentración de Cd (Cadmio) presente en el suelo tratado con Biochar magnético, el Humus de la lombriz roja californiana y la combinación de estos, antes y después del tratamiento en suelos agrícolas contaminados, en la localidad de Huandobamba.

Se aprecia que en el post test el índice es de 1.53 y de ahí al tratamiento, el post test se aprecia una menor concentración final de cadmio (0.0148) en el suelo tratado únicamente con el humus de lombriz californiana.

Con relación al objetivo específico 3; describir el resultado de la concentración de Pb y Cd (plomo y cadmio) antes y después del tratamiento con Biochar magnético, el Humus de la lombriz roja californiana y la combinación de estos, en la localidad de Huandobamba y su comparación con el ECA D.S. N° 011 – 2017 – MINAM. Se aprecia en el post test la concentración de Pb (76.38) y Cd (1.5) y respecto al ECA que es para Pb (70) y Cd (1,4) asegura que si contaba con metales pesados el suelo agrícola.

Por tanto, una vez realizado el tratamiento, el post test, da como resultados para Plomo (Pb): Humus de lombriz roja californiana (13,50), Biochar magnético (14,16) y Humus + Biochar (14,09). Entonces concluimos que de acuerdo al ECA para suelo, llegamos a reducir la concentración de Plomo (Pb) en el suelo agrícola tratado. Así mismo una vez realizado el tratamiento, el post test, da como resultados para Cadmio (Cd): Humus de lombriz roja californiana (0,0148), Biochar magnético (0,0420) y Humus + Biochar (0,0190).

Entonces concluimos que de acuerdo al ECA para suelo, llegamos a reducir la concentración de Cd en el suelo agrícola tratado.

Con relación al objetivo específico 4; describir los parámetros físicos, químicos, biológicos del suelo contaminado por metales pesados antes y después de los tratamientos con el biochar magnético y el humus de lombriz californiana en la localidad de Huandobamba. Se llegó al resultado que hubo un cambio significativo en cada parámetro físico y químico en el suelo durante el tratamiento utilizando los biorremediadores, ya sea con el humus de la lombriz roja californiana, el biochar magnético y la combinación de ambos.

CONCLUSIONES

Se concluye que al emplearse el remediador del biochar magnético, según los resultados, se encuentra mayor eficaz donde se ocasionó mayor incremento de porcentaje en los indicadores de arena, materia orgánica, Nitrógeno y Fosforo.

Asimismo, se concluye que al emplearse el remediador del humus de la lombriz roja californiana, según los resultados, se encuentra mayor eficaz donde se ocasionó mayor incremento de porcentaje en el indicador de Conductividad.

Se concluye también que al emplearse el remediador del humus de la lombriz roja californiana + el biochar magnético, según los resultados, se encuentra mayor eficaz donde se ocasionó mayor incremento de porcentaje en los indicadores de Limo, Ph, CIC, Ca, Mg, Na.

Finalmente se llega a la conclusión que el mayor porcentaje de decremento fue en Humus de lombriz roja californiana + Biochar magnético y según los resultados fueron en los indicadores de Arcilla, Aluminio, H, Bases cambiables, ácidos cambiables, Saturación de Aluminio. Sin embargo, tanto el Humus de lombriz californiana + el Biochar magnético, estos indicadores si cumplen con el Estándar de Calidad Ambiental para suelo agrícola.

RECOMENDACIONES

Al concluir la presente investigación, obteniendo los resultados esperados, nos vemos con la necesidad de recomendar a abrir nuevas ideas sobre el tema tratado, ya que es de gran importancia el cuidado del medio ambiente, incluido ahí el mejoramiento y tratamiento de suelos contaminados ya sean por metales pesados o contaminantes relacionados. Sería eficaz el poder trabajar no solo con suelos agrícolas, sino también con diferentes tipos de suelos utilizando los mismos remediadores, en este caso, el biochar magnético y el humus de la lombriz californiana.

Tener en cuenta los cuidados necesarios para la realización de la tarea en campo. Siempre es necesario llevar fechas fijas, porque el tiempo es muy importante, por el tema de factores climáticos. Muy aparte y no menos importante es el uso de EPPs adecuados para la maniobra en campo.

Sería sutil que la Universidad de Huánuco cuente con laboratorios de muestreos para suelos, ya que es de vital importancia tanto para los estudiantes y para aquellas personas que se encuentren en necesidad de adquirir dicho servicio y no poder estar yendo hasta lugares diferentes a la ciudad, porque claro está que la ciudad de Huánuco, ninguna entidad cuenta con estos laboratorios.

Recordar a los gobiernos regionales y locales que deben tener en cuenta la existencia de medios y métodos para el mejoramiento de suelos contaminados, que existen comunidades que están olvidados y necesitan recuperar sus suelos agrícolas, ya que es fuente principal de ingreso. Tener en cuenta que puede haber convenios con entidades que puedan contribuir y aportar para el cuidado de nuestro medio ambiente en general.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arguelles, (2010); que es la biorremediación.
https://www.dgdc.unam.mx/assets/cienciaboletto/cb_11.pdf
- Agüero, B. (2019). Tratamiento de lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con la aplicación de la lombricultura en la Compañía Minera Chungar. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2045>
- Bautista, F. (1999). Introducción al suelo de la contaminación por metales pesados. Ed. Universidad Autónoma de Yucatán.
https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Bautista-2/publication/236954595_Introduccion_al_estudio_de_la_contaminacion_del_suelo_por_metales_pesados/links/565c479b08aeafc2aac702d1/Introduccion-al-estudio-de-la-contaminacion-del-suelo-por-metales-pesados.pdf
- Bravo, DE. (2013). Del Big Bang al Antropoceno: el andar de una naturaleza con derechos. Institutos de estudios eco logísticas del tercer mundo. Ed. Abya-Yala. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24884>
- Compagnoni, L & Putzolu, G (2018). Cria moderna de las lombrices y utilización rentable de humus. Ed. DeVechi, S.A. <https://www.buscalibre.pe/libro-cria-moderna-de-las-lombrices-y-utilizacion-rentable-del-humus/9781644611753/p/52673759>
- Concepto. (2022). "Capas del Suelo". <https://concepto.de/capas-del-suelo/>
- De La Rosa, D. (2008). Evaluación agro-ecológica de suelos para un desarrollo rural sostenible. Ediciones Mundi-Prensa.
<http://hdl.handle.net/10261/37155>

- De Las Salas, G. (1979). Materia orgánica del suelo, Centro Agronómico Tropical De Investigación y Enseñanza programa de recursos naturales renovables. Ed. Bid. Orton IICA/CATIE. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/2696>
- Erostegui, Csf). Contaminación por Metales Pesados. Revista científica. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3580994>
- Fassbender, H. (1975). Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina; Instituto Interamericano de ciencias agrícolas de la OEA, Turrialba, Costa Rica. Ed. IICA <https://repositorio.iica.int/handle/11324/6801>
- García, I. y Dorronsoro C. (2005). Contaminación por metales pesados. Universidad de Granada. Departamento de Edafología y Química Agrícola. <http://edafologia.ugr.es/conta/tema15/introd.htm>
- Gómez, A. Klose, W. & Rincón, S. (2008). Pirolisis de biomasa cuesco de palma de aceite. Kassel University Press GmbH, Kassel. <https://www.uni-kassel.de/upress/online/frei/978-3-89958-457-8.volltext.frei.pdf>
- Gordillo, A. & García, J. (2015). Labores culturales y recolección de los cultivos ecológicos. Certificado de profesionalidad <https://www.paraninfo.es/catalogo/9788428334334/uf0209---labores-culturales-y-recoleccion-de-los-cultivos-ecologicos>
- Guartatanga y Sigüencia (2019). Recuperación de suelo contaminado con cobre y plomo mediante métodos biológicos al interior del campamento Guarumales - corporación hidroeléctrica de Ecuador. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17835>
- Guerrero, A. (2021) Efecto del biocarbón obtenido a partir de biomasa residual agrícola en la inmovilización de cadmio en el suelo en fase de laboratorio bases teóricas. Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Agraria de la Selva. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2029>

- Jiménez (2017), introducción a la contaminación de suelos. Ed. Mundi-prensa.
<https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484767893/introduccion-a-la-contaminacion-de-suelos>
- Loza L. (2007). La lombriz de tierra, *eisenia andrei* (bouche, 1972) como bioacumulador de metales pesados (pb) durante la transformación de los desechos sólidos orgánicos de Guadalajara, Jalisco, México. Tesis para obtener grado de Doctor en Ciencias Biológicas, Universidad de Guadalajara.
http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4712/Loza_Llamas_Juana_America.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- MINAM(2014). Guia para muestreo de suelos.
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12104/07_guia-para-elmuestreo-de-suelos-final.pdf
- MINAM. (2017). Ministerio del Ambiente publicó Decreto Supremo que aprueba los Estándares de Calidad Supremo que aprueba los Estándares de Calidad. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>
- Moreno, J. Moral, R. Garcia, J. Pascual, J & Bernal, M (2014). De residuo hacia la sostenibilidad camino a sostenibilidad. Compostaje red española.
<https://www.recompostaje.com/publicaciones/>
- Paz (2006). Propiedades bioquímicas de suelo de Prado de Galicia, consejo superior de investigaciones científicas. Universidad de Santiago Compostela. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=108743>
- Paz (2017). Uso de biochar magnéticos para la inmovilización de metales pesados en un suelo multicontaminado en China.
<https://www.upm.es/investigacion/?prefmt=articulo&fmt=detail&id=884ec860e563e610VgnVCM10000009c7648a>

- Rodriguez, F (s.f). Lombricultura para pequeños emprendedores. Manual teórico-práctico para el manejo comercial de la lombriz roja californiana, Ed. La Quimera.
https://books.google.com.pe/books/about/Lombricultura_Para_Peque%C3%B1os_Emprendedor.html?id=F00Ky06O2qWC&redir_esc=y
- Romero, J (2017). Eficiencia en la inmovilización de plomo en el suelo mediante la aplicación de cantidades de biocarbón en el distrito San Mateo, Lima. Tesis para optar el título de Ingeniero ambiental, Universidad Cesar Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/3598>
- Salinas, De Los Angeles, Ignacia y yagello (2018). Manual de compostaje de zonas frias, Universidad de Magallanes y Ministerio de Medio Ambiente. <https://educacion.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/03/Manual-de-Compostaje.pdf>
- Samorriba y Guzmán (2004), Guía de lombricultura, Universidad Nacional Agraria, guía N°4. <https://biblioteca.org.ar/libros/88761.pdf>
- Sánchez (1981). Suelos del trópico: características y manejo, Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura San José. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/16537>
- Shaday y Febres (2019). Remediación de suelos contaminados con plomo (pb) mediante el empleo de girasol (*helianthus annuus*) y estiércol de lombriz roja (*eisenia foetida*) en condiciones controladas. Tesis para optar el título de Ingeniera Ambiental, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/12074>
- Suarez (2017). La tesis, Evaluación de la distribución del cadmio en el suelo y en la raíz de la planta de cacao en Pucayacu, Huánuco 2017. Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental, Universidad Cesar Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/26886>

- Supo, J. y Zacarías, H. (2020). Metodología de la Investigación Científica. (3ra ed.). Editorial Bioestadística EEDU, Arequipa, Perú.
https://books.google.com.pe/books/about/Metodolog%C3%8Da_de_la_Investigaci%C3%93n_Cient.html?id=WruXzQEACAAJ&redir_esc=y
- Torres (2014). Definiciones de los enfoques cuantitativo y cualitativo sus similitudes y diferencias.
https://www.academia.edu/38217933/Definiciones_de_los_enfoques_cuantitativo_y_cualitativo_sus_similitudes_y_diferencias
- Velasquez. (2003). El Suelo. Proyecto subsectorial de Irrigación.
<http://www.psi.gob.pe/docs/%5Cpsisierra%5CPMP.pdf>
- Volke y Velasco (2002), Tecnologías de remediación para suelos contaminados, secretaria de medio ambiente y recursos naturales (SEMARNAT) Instituto Nacional de Ecología.
[https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/B1E761B1E2F24A5C05257D490070F94F/\\$FILE/SuelosContaminadosPorMetalesYMetaloides.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/B1E761B1E2F24A5C05257D490070F94F/$FILE/SuelosContaminadosPorMetalesYMetaloides.pdf)

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

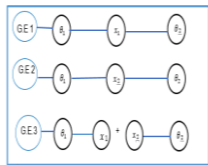
Artencio Gomez, M.(2024). *Comparación del biochar magnético y el humus de lombriz en el mejoramiento de suelo agrícola contaminado por presencia de plomo y cadmio en la localidad de Huandobamba - Ambo – 2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://....>

ANEXOS

ANEXO 1

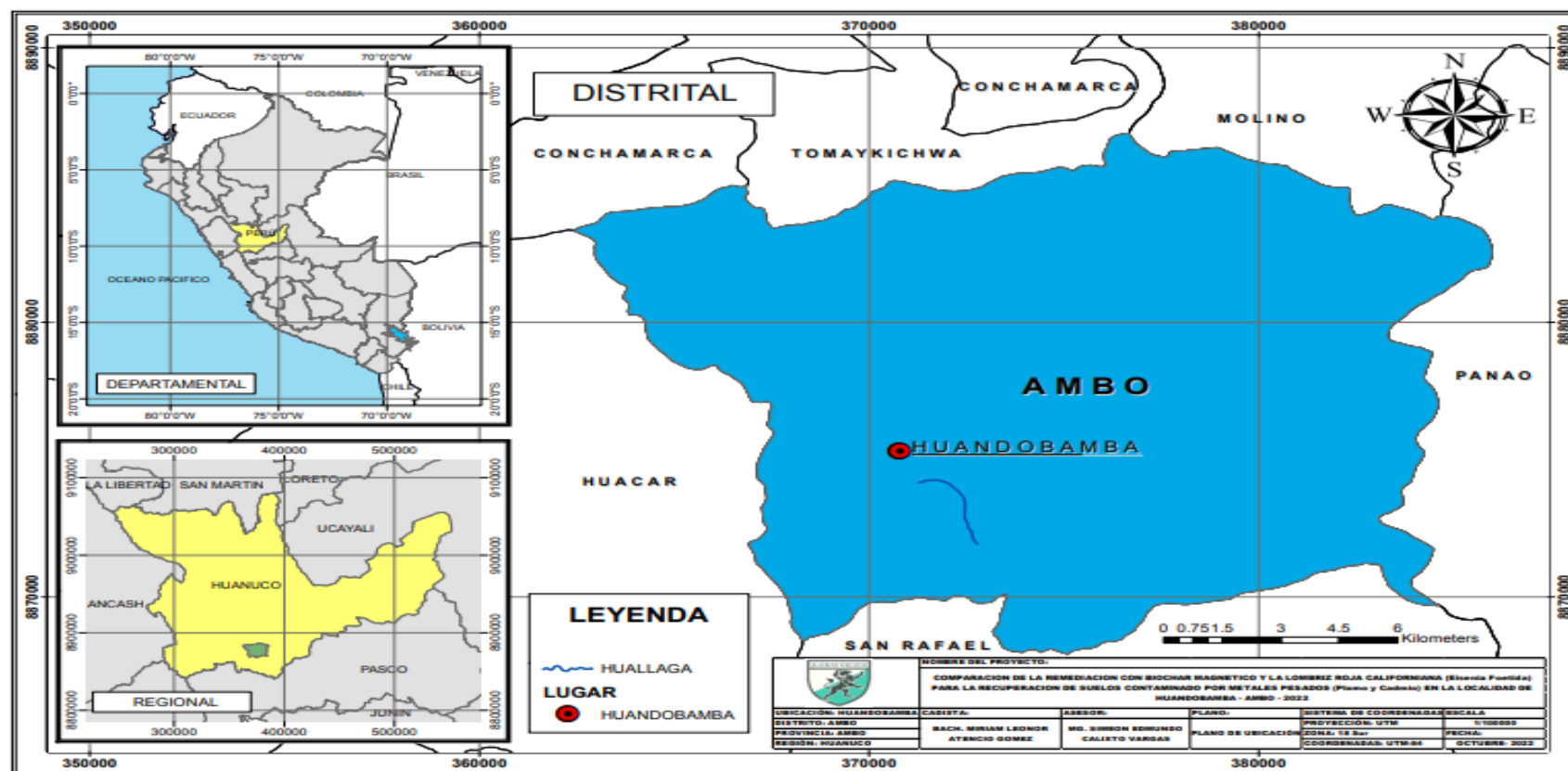
MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: “Comparación del biochar magnético y el humus de lombriz en el mejoramiento de suelo agrícola contaminado por presencia de plomo y cadmio en la localidad de Huandobamba - Ambo- 2023”.

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables/indicadores	Método
¿Cuál es la eficacia de la remediación con Biochar magnético y el humus de lombriz roja californiana (Eisenia fétida) para el mejoramiento del suelo agrícola contaminados por presencia de metales pesados (plomo y cadmio)? Problemas específicos ¿Cuál es la concentración de Pb y Cd en el suelo tratado con Biochar magnético en suelos agrícolas contaminados? ¿Cuál es la concentración de Pb y Cd en el suelo tratado con el Humus de lombriz californiana en suelos agrícolas contaminados? ¿Cuáles son los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo contaminado por metales pesados antes y después de los tratamientos con el biochar magnético y el humus de lombriz californiana?	Comparar la eficacia de la remediación con Biochar magnético y el humus de lombriz roja californiana (Eisenia fétida) para el mejoramiento del suelo agrícola contaminados por presencia de metales pesados (plomo y cadmio) Objetivos específicos Describir la concentración de Pb (Plomo) presente en el suelo tratado con Biochar magnético, el Humus de la lombriz roja californiana y la combinación de estos, antes y después del tratamiento en suelos agrícolas contaminados. Describir la concentración de Cd (Cadmio) presente en el suelo tratado con Biochar magnético, el Humus de la lombriz roja californiana y la combinación de estos, antes y después del tratamiento en suelos agrícolas contaminados. Describir los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo contaminado por metales pesados antes y después de los tratamientos con el biochar magnético y el humus de lombriz californiana	Ha: La eficacia de remediación con Biochar magnético y el humus de lombriz roja californiana (Eisenia fétida) es diferente en la recuperación de suelos agrícolas contaminados por metales pesados (plomo y cadmio) H0: La eficacia de remediación con Biochar magnético y el humus de lombriz roja californiana (Eisenia fétida) es diferente en la recuperación de suelos agrícolas contaminados por metales pesados (plomo y cadmio)	V. De Calibración Remediación Tipode remediadores - Biochar magnético - Humus de lombriz - Biochar + Humus Variable evaluativa Recuperación de suelos contaminados Concentración de metales pesados - Plomo - Cadmio -Parámetros físicos -Parámetros químicos Parámetros biológicos Indicadores químicos cambiables	Tipo con intervención, Prospectivo Longitudinal Analítico. Enfoque: Cuantitativo Alcance y Aplicativo Diseño:  Población y muestra: suelo contaminado por metales pesados se tomó 400 metros cuadrados de suelo contaminado.

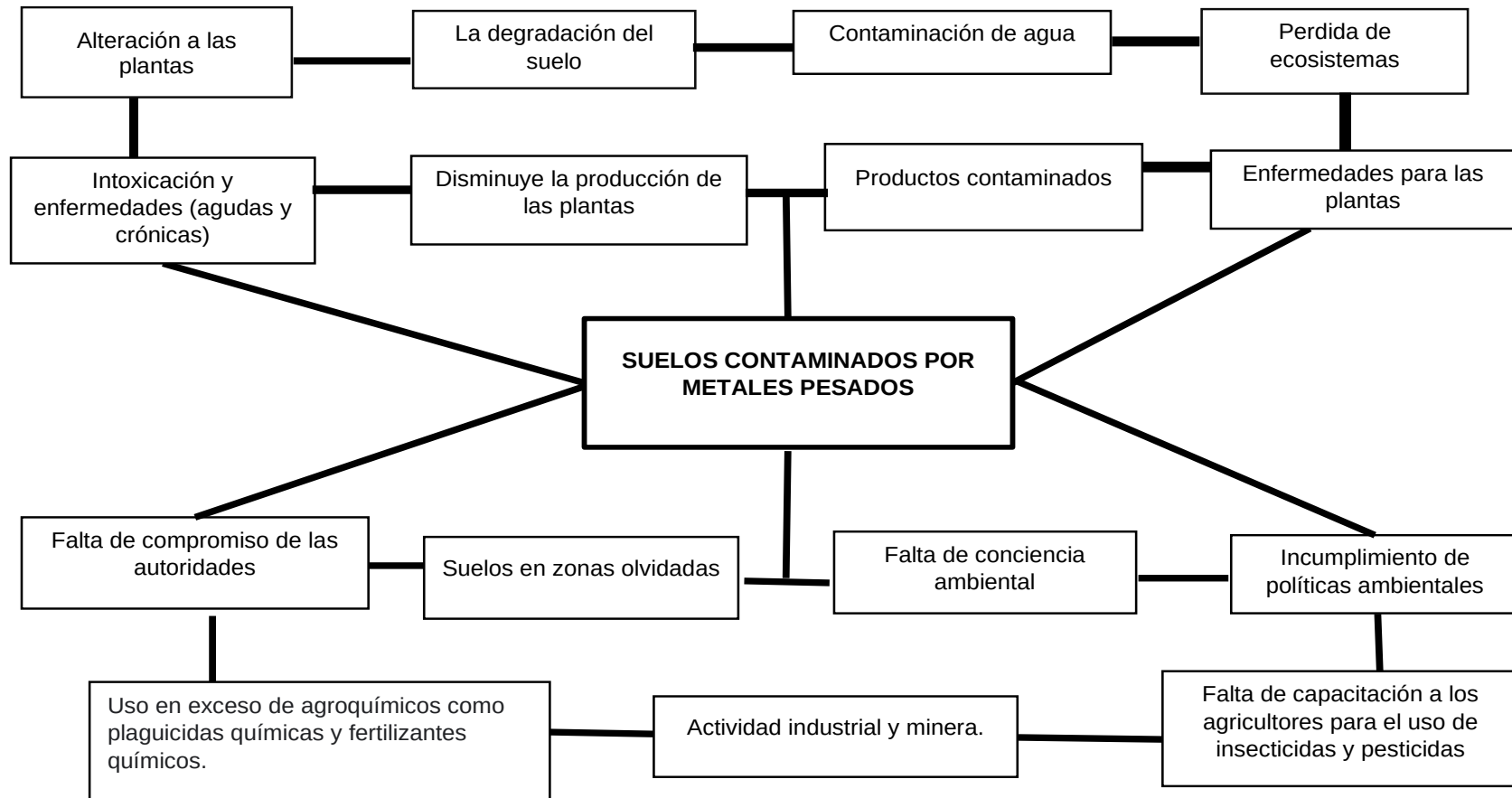
ANEXO 2

MAPA DE UBICACIÓN



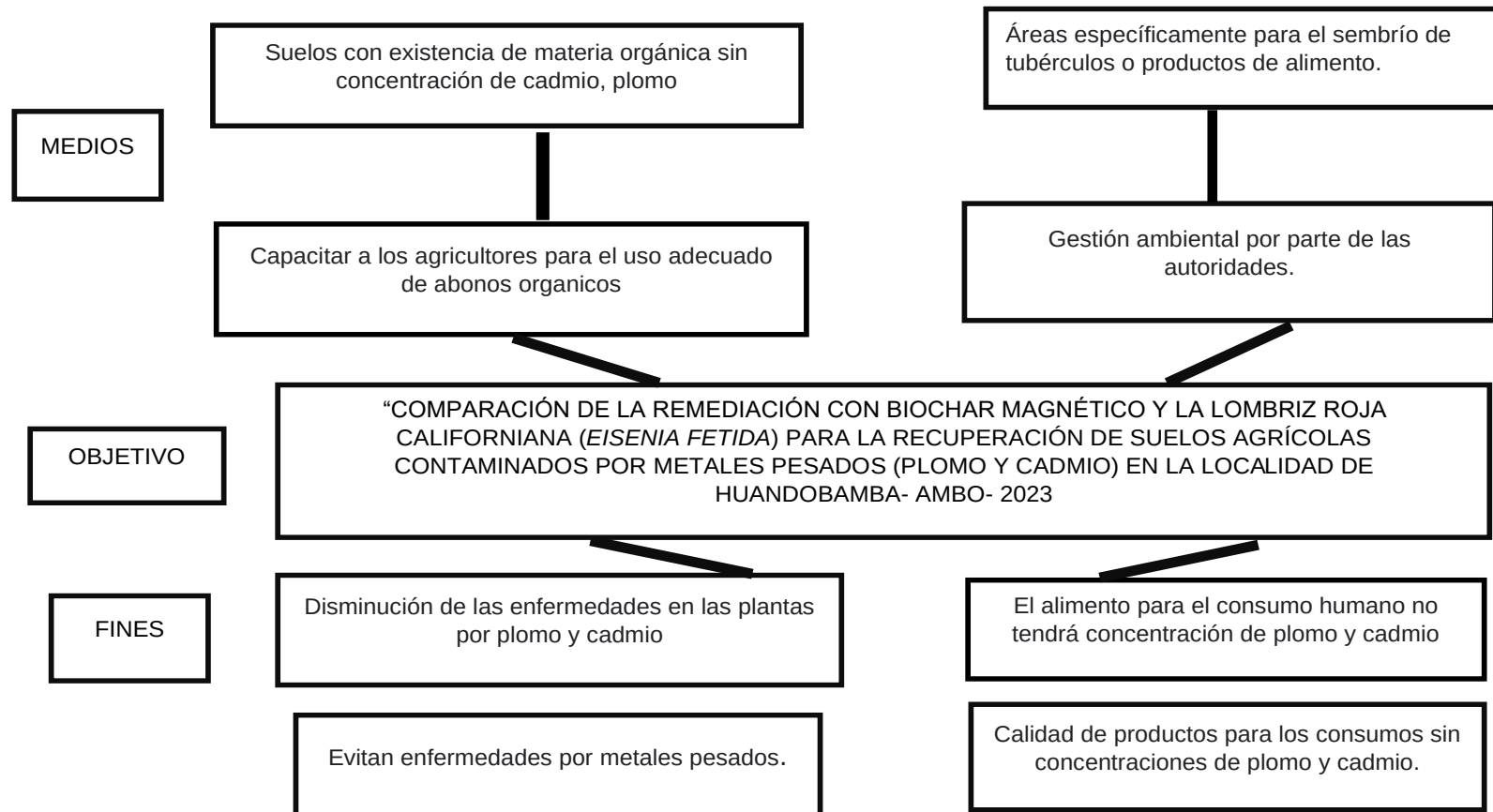
ANEXO 3

DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO



ANEXO 4

DIAGRAMA DE MEDIOS Y FINES



ANEXO 5

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Anexo 5. Ficha de Recolección de Datos

Datos generales:	
Nombre del sitio en estudio: <u>HUANDOBAMBA</u>	Departamento: <u>HUANUCO</u>
Razón social: <u>UNAS - TINGO MARIA</u>	Provincia: <u>AMBO</u>
Uso principal: <u>MUESTREO DE SUELO (LABORATORIO)</u>	Dirección del Predio: <u>CASERIO HUANDOBAMBA</u>
Datos del punto de muestreo:	
Nombre del punto de muestreo: <u>CASERIO HUANDOBAMBA</u>	Operador: (empresa/persona):
Coordenadas: X: <u>76°12'39.0"O</u> Y: <u>9°55.3920"S</u> (UTM, WGS84)	Descripción de la superficie: (pe. asfalto, cemento, vegetación)
Temperatura (°C): <u>26°/15°</u>	Precipitación (si/no, intensidad): <u>No</u>
Técnica de muestreo: <u>Método de Cuarteo</u> (p.e. sondeo manual/semi-mecánico/mecánico, zanja, etc.)	Instrumentos usados: <u>- Pico - Bolsas Herméticas</u> <u>- Pala - Baldes</u> <u>- Rastillo - Rastillos</u>
Profundidad final: <u>30cm</u> (en metros bajo la superficie) <u>30 cm</u>	Napa freática: (si/no, profundidad en m)
Instalación de un pozo en el agujero: <u>—</u>	Relleno del agujero después del muestreo:
(si/no, descripción):	(si/no, descripción): <u>No es necesario, pero se realizó para corregir el suelo.</u>

Datos de las muestras:

SUELO + HUMUS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA

Clave de la muestra:								
Fecha: 19/11/2023								
Hora: 11:00 am - 11:30 am								
Profundidad desde: 30 cm x 30 cm								
(en metros bajo la superficie)								
Profundidad hasta:								
(en metros bajo la superficie)								
Características organolépticas:								
Color: MARRON OSCURO								
Olor: TIERRA MOJADA								
Textura: ARCILLA ARENOSO								
Compactación/Consistencia:								
Humedad: %								
Componentes antropogénicos:								
Estimación de la fracción > 2 mm (%):								
Cantidad de la muestra: 1/2 kg.								
(Volumen o peso)								
Medidas de conservación: BOLSAS HERMETICAS								
Tipo de muestra: SIMPLE								
(simple/compuesta)								
Para muestras superficiales compuestas:								
Área de muestreo (m2):								
Número de sub-muestras:								
Comentarios:	Croquis: ENTRADA AL CASERIO DE HUANOBOAMBA							

Fuente: MINAM (2014)

Datos de las muestras:									
SUELO + BIOCHAR									
Clave de la muestra:									
Fecha: 19-11-23									
Hora: 11:00 am									
Profundidad desde: 30 cm x 30 cm									
(en metros bajo la superficie)									
Profundidad hasta: 30 cm x 30 cm									
(en metros bajo la superficie)									
Características organolépticas:									
Color: Marrón oscuro									
Olor: Tierra mojada									
Textura: Arcillo Arenoso									
Compactación/Consistencia:									
Humedad: %									
Componentes antropogénicos:									
Estimación de la fracción > 2 mm (%):									
Cantidad de la muestra: 1/2 Kg.									
(Volumen o peso)									
Medidas de conservación: Bolsas herméticas									
Tipo de muestra: Simple									
(simple/compuesta)									
Para muestras superficiales compuestas:									
Área de muestreo (m2):									
Número de sub-muestras:									
Comentarios:					Croquis:				

Fuente: MINAM (2014)

Datos de las muestras:									
SUELO + BIOCHAR MAGNETICO + HUMUS-DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA									
Clave de la muestra:									
Fecha: 19/11/2023									
Hora: 11:00 am - 13:00 pm									
Profundidad desde: 30cm x 30cm									
(en metros bajo la superficie)									
Profundidad hasta: 30cm x 30cm									
(en metros bajo la superficie)									
Características									
organolépticas:									
Color: Marrón Oscuro									
Olor: Tierra mojada									
Textura: Arelló arenoso									
Compactación/Consistencia:									
Humedad: 7%									
Componentes									
antropogénicos:									
Estimación de la fracción > 2 mm (%):									
Cantidad de la muestra: 1/2 kg									
(Volumen o peso)									
Medidas de conservación: Bolsas herméticas									
Tipo de muestra: Simple									
(simple/compuesta)									
Para muestras superficiales compuestas:									
Área de muestreo (m2):									
Número de sub-muestras:									
Comentarios:	Croquis: Entrada al caserio de Huandobamba a 1km.								

Fuente: MINAM (2014)

Datos de las muestras:									
SUELO + BIOCHAR									
Clave de la muestra:									
Fecha: 19-11-23									
Hora: 11:00 am									
Profundidad desde: 30 cm x 30 cm (en metros bajo la superficie)									
Profundidad hasta: 30 cm x 30 cm (en metros bajo la superficie)									
Características organolépticas:									
Color: Marrón oscuro									
Olor: Tierra mojada									
Textura: Arcillo Arenoso									
Compactación/Consistencia:									
Humedad: %									
Componentes antropogénicos:									
Estimación de la fracción > 2 mm (%):									
Cantidad de la muestra: 1/2 kg (Volumen o peso)									
Medidas de conservación: Bolsas herméticas									
Tipo de muestra: Simple (simple/compuesta)									
Para muestras superficiales compuestas:									
Área de muestreo (m2):									
Número de sub-muestras:									
Comentarios:					Croquis:				

Fuente: MINAM (2014)

ANEXO 6

RESULTADOS DE LABORATORIO



ANALISIS DE SUELOS



1. DATOS

SOLICITANTE:	ATENCIO GOMEZ MIRIAM LEONOR	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	23/11/2023
PROVINCIA:	AMBO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	23/11/2023
DISTRITO:	AMBO	FECHA DE REPORTE:	30/11/2023
CASERIO:	HUANDOBAMBA	RECIBO O FACTURA:	29877
CULTIVO	---	OBSERVACION:	---

2. RESULTADOS DEL ANALISIS SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO				Humedad	D _a	T	pH	CE	M.O.	N	C	Cd	Pb	P	K ₂ O	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables	Ácidos Cambiables	Saturación de Aluminio	
			Arena	Arcilla	Limo	Clase																								
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	%	%	%	Textural	%	g/cc	°C	1:1	1:1	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm												
																				CAMBIABLES					Cmol(+) / kg					
1	S1708-1	SUELO + HUMUS	45.87	52.79	1.54	Arcillo Arenoso	9.23	1.0027	28.50	4.95	0.355	3.664	0.183	2.125	0.016	14.040	50.752	303.994	---	9.151	1.337	0.865	0.141	0.300	0.200	11.993	95.831	4.169	2.501	
2	S1708-2	SUELO + HUMUS	45.47	52.87	1.66	Arcillo Arenoso	9.27	1.0025	28.50	4.99	0.351	3.615	0.181	2.097	0.014	13.320	46.147	304.144	---	9.142	1.302	0.852	0.136	0.290	0.210	11.933	95.810	4.190	2.430	
3	S1708-3	SUELO + HUMUS	45.19	53.09	1.72	Arcillo Arenoso	9.21	1.0023	28.50	4.96	0.357	3.468	0.173	2.012	0.015	13.800	47.989	304.747	---	8.938	1.316	0.852	0.135	0.380	0.310	11.931	94.217	5.783	3.185	
4	S1708-4	SUELO + HUMUS	45.39	53.01	1.60	Arcillo Arenoso	9.35	1.0026	28.50	4.97	0.353	3.175	0.159	1.842	0.014	12.840	48.910	307.428	---	8.998	1.275	0.859	0.137	0.350	0.290	11.909	94.626	5.374	2.939	

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Luis German Mansilla Minaya

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





ANALISIS DE SUELOS



1. DATOS

SOLICITANTE:	ATENCIO GOMEZ MIRIAM LEONOR	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	23/11/2023
PROVINCIA:	AMBO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	23/11/2023
DISTRITO:	AMBO	FECHA DE REPORTE:	30/11/2023
CASERÍO:	HUANDOBAMBA	RECIBO O FACTURA:	29877
CULTIVO:	---	OBSERVACION:	---

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

7. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SUELO LABO																													
N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO				Humedad	Da	T	pH	CE dS/m	M.O.	N	C	Cd	Pb	P	K ₂ O	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables	Ácidos Cambiables	Saturación de Aluminio
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural																							
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	%	%	%																								
5	51708-5	SUELO + BIOCHAR	51.65	42.79	5.56	Arcilla Arenoso	11.75	0.9280	28.50	4.87	0.147	3.761	0.188	2.182	0.012	14.760	55.633	298.908	---	8.215	0.946	0.728	0.111	0.250	0.150	10.400	96.154	3.846	2.404
6	51708-6	SUELO + BIOCHAR	51.61	42.89	5.50	Arcilla Arenoso	11.57	0.9189	28.50	4.88	0.151	3.859	0.193	2.238	0.013	13.560	56.002	298.917	---	8.118	0.964	0.713	0.116	0.310	0.170	10.391	95.380	4.620	2.983
7	51708-7	SUELO + BIOCHAR	51.49	43.13	5.38	Arcilla Arenoso	10.98	0.9178	28.50	4.81	0.148	3.791	0.190	2.199	0.013	13.800	54.620	295.720	---	8.032	0.923	0.718	0.114	0.290	0.200	10.276	95.232	4.768	2.822
8	51708-8	SUELO + BIOCHAR	51.45	42.85	5.70	Arcilla Arenoso	11.71	0.9214	28.50	4.85	0.150	3.805	0.190	2.207	0.013	14.520	55.817	298.444	---	8.197	0.941	0.731	0.107	0.250	0.190	10.416	95.776	4.224	2.400

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMIA

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





ANALISIS DE SUELOS



1. DATOS

SOLICITANTE:	ATENCIO GOMEZ MIRIAM LEONOR	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	23/11/2023
PROVINCIA:	AMBO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	23/11/2023
DISTRITO:	AMBO	FECHA DE REPORTE:	30/11/2023
CASERIO:	HUANDOBAMBA	RECIBO O FACTURA:	29877
CULTIVO:	---	OBSERVACION:	---

2. RESULTADOS DEL ANALISIS SOLICITADO

N°	DATOS		ANALISIS MECANICO				Humedad	Da	°T	pH	CE	M.O.	N	C	Cd	Pb	P	K ₂ O	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases	Acidos	Saturaci
			Arena	Arcilla	Limo	Clase					dS/m				total	disponible	Cambiab	Cambiab									de		
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	%	%	%						Textural																	%	g/cc
9	91708-9	SUELO + HUMUS + BIOCHAR	45.55	42.79	11.66	Arcillo Arenoso	10.85	9.5167	28.50	5.31	0.318	3.615	0.181	2.097	0.019	14.280	57.475	305.120	---	9.675	1.381	0.856	0.186	0.220	0.180	12.498	96.800	3.200	1.760
10	91708-10	SUELO + HUMUS + BIOCHAR	45.51	42.87	11.62	Arcillo Arenoso	10.69	9.5047	28.50	5.33	0.323	3.644	0.182	2.114	0.020	14.400	34.174	307.458	---	9.453	1.411	0.849	0.181	0.250	0.170	12.314	96.589	3.411	2.030
11	91708-11	SUELO + HUMUS + BIOCHAR	45.43	42.83	11.74	Arcillo Arenoso	10.21	9.5129	28.50	5.30	0.319	3.595	0.180	2.085	0.019	13.524	56.646	307.519	---	9.243	1.415	0.835	0.177	0.260	0.175	12.105	96.406	3.594	2.148
12	91708-12	SUELO + HUMUS + BIOCHAR	45.17	43.01	11.82	Arcillo Arenoso	10.65	9.5204	28.50	5.32	0.321	3.566	0.178	2.068	0.018	14.148	57.291	306.554	---	9.316	1.421	0.838	0.175	0.225	0.196	12.172	96.541	3.459	1.849

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMIA

[Firma]
DR. LUIS GERMAN MANZILLA MINAYA
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



ANEXO 7

PANEL FOTOGRÁFICO

- Preparación del Biochar magnético



- Se realizó a base de quema de hortalizas secas, retazos de troncos en este caso se utilizó el aliso.



- El material elaborado para este procedimiento, cuenta con una tapa y su respectiva chimenea para la manipulación de la quema (tipo pirolisis).

- Terminado el proceso de incineración, se descubre la tapa y procedemos al regado de agua y manipulación del biochar magnético.



- Se remueve de manera uniforme cada parte del resultado y así de esta manera se obtuvo el biochar magnético.



- Ejecución del tratamiento del suelo en campo



- Área de la investigación, 200metros cuadrados.



- Preparación de las parcelas para el muestreo de suelos con biochar magnético.



- Preparación de la combinación del Biochar magnético con el suelo agrícola en la calicata respectiva.



- Regado de cada parcela de suelo con biochar magnético, para su eficaz resultado de nutrientes.



- Preparación de las parcelas para el muestreo de suelos con el humus de lombriz roja californiana.



- Posterior regado de las parcelas con el humus de lombriz roa californiana.



- Preparación de las parcelas para el muestreo de suelos con biochar magnético y el humus de lombriz roja californiana (combinación de ambos).



- Combinación de biochar magnético y el humus de lombriz roja californiana en el suelo agrícola, en sus respectivas parcelas.
- Respectivo regado y medición de las respectivas parcelas de la combinación de biochar magnético y el humus de la lombriz roja californiana.



- Tratamiento del suelo concluido



Tamizaje y extracción de muestra de cada parcela.

- Recolección de muestras, pasado el tiempo indicado.



- Recolección de muestras en el área de investigación, para su posterior rotulación y cuidado de seguridad para el envío al laboratorio.