

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



<http://www.udh.edu.pe>

TESIS

**“Efecto de la incorporación del biochar de origen orgánico
(cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado,
Colpa Baja, Huánuco, 2022”**

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

AUTORA: Fasabi Cántaro, Inx Yanderi

ASESOR: Zacarias Ventura, Héctor Raúl

HUÁNUCO – PERÚ

2023

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación Ambiental**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)****CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:****Área:** Ingeniería, Tecnología**Sub área:** Ingeniería ambiental**Disciplina:** Ingeniería ambiental y geología**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): 76169787

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22515329

Grado/Título: Doctor en ciencias de la educación

Código ORCID: 0000-0002-7210-5675

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Calixto Vargas, Simeón Edmundo	Maestro en la administración de la educación	22471306	0000-0002-5114-4114
2	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
3	Valdivia Martel, Perfecta Sofía	Maestro en Gestión ambiental y desarrollo sostenible	43616954	0000-0002-7194-3714

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 05 del mes de abril del año 2023, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

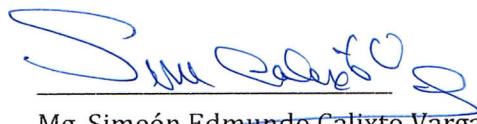
- Mg. Simeón Edmundo Calixto Vargas (Presidente)
- Mg. Frank Erick Cámara Llanos (Secretario)
- Mg. Perfecta Sofía Valdivia Martel (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 719-2023-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: "**EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DEL BIOCHAR DE ORIGEN ORGÁNICO (CASCARILLA DE ARROZ) EN LA CALIDAD DEL SUELO AGRÍCOLA CONTAMINADO, COLPA BAJA, HUÁNUCO, 2022**". presentado por el (la) Bach. **FASABI CANTARO, INX YANDERI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

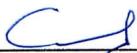
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

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) APROBADA..... por UNANIMIDAD....con el calificativo cuantitativo de...16..... y cualitativo de...Bueno..... (Art. 47)

Siendo las 16:10.horas del día...05....del mes de ABRIL.....del año...2023..., los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



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



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



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



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, **HÉCTOR RAÚL ZACARIAS VENTURA**, asesor del P.A. de Ingeniería Ambiental y designado mediante documento: RESOLUCIÓN N° 537-2019 -D-FI-UDH de la Bach. **FASABI CANTARO, INX YANDERI**, de la investigación titulada “EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DEL BIOCHAR DE ORIGEN ORGÁNICO (CASCARILLA DE ARROZ) EN LA CALIDAD DEL SUELO AGRÍCOLA CONTAMINADO, COLPA BAJA, HUÁNUCO, 2022”

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del 25% 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, 10 de abril de 2023.

ZACARIAS VENTURA, Héctor Raúl
DNI N° 22515329

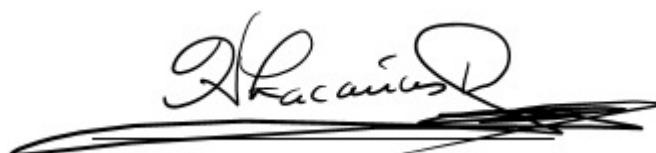
TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%	25%	7%	14%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	core.ac.uk Fuente de Internet	1 %
4	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	1 %
6	Submitted to Universidad de Huanuco Trabajo del estudiante	1 %
7	repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet	1 %
8	uvadoc.uva.es Fuente de Internet	1 %
9	repositorio.cientifica.edu.pe Fuente de Internet	<1 %



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

DEDICATORIA

A Dios, siendo mi fortaleza infinita en cada momento de debilidad y pesadumbre que es el camino de la vida.

A mi madre, Lucha Cántaro, mujer que admiro en las diferentes formas que se puede admirar a una persona, madre sé que leerás esto: Te amo mucho.

A mi padre, Manuel Fasabi, hombre que me enseñó la palabra fortaleza y resiliencia, siempre tengo en mi mente tu sonrisa y verte feliz es mi mayor felicidad.

A mis familiares que me apoyaron y animaron a dar pasos hacia delante.

A todos aquellos que vieron en mí una gran capacidad, sé que no les defraude, sigo en camino, sigo en marcha, gracias.

AGRADECIMIENTO

Un inmenso agradecimiento a mis padres, Lucha Cantaro y Manuel Fasabi, inculcaron en mis demasiados valores.

Mis eternos agradecimientos son para aquellas personas que siempre estuvieron y están a mi lado y no dudaron en mí.

A mis docentes de inicial, primaria, secundaria y superior, cada uno de ellos sembró en mi interior no solo conocimiento, sino también consejos y experiencias que utilice y utilizaré en mi carrera profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN	XII
CAPITULO I	13
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	13
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	14
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	14
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.4. JUSTIFICACIÓN	15
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.6.1. VIABILIDAD ECONÓMICA	17
1.6.2. VIABILIDAD AMBIENTAL.....	17
1.6.3. VIABILIDAD SOCIAL.....	17
CAPITULO II	18
MARCO TEÓRICO	18
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	18
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	18
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	20
2.2. BASES TEÓRICAS	24
2.2.1. SUELO.....	24
2.2.2. TEXTURA DEL SUELO	24
2.2.3. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO	25

2.2.4. MATERIA ORGÁNICA.....	28
2.2.5. CONTAMINACIÓN DE SUELOS	28
2.2.6. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DE SUELOS.....	28
2.2.7. CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES AGRÍCOLAS	29
2.2.8. AGRICULTURA Y METALES PESADOS	29
2.2.9. BIOCHAR	31
2.2.10. COMPOSICIÓN DEL BIOCHAR.....	32
2.2.11. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS.....	33
2.2.12. VENTAJAS DEL USO DEL BIOCHAR	34
2.2.13. BIOMASA PARA PRODUCCIÓN DE BIOCHAR	35
2.2.14. PRODUCCIÓN DE BIOCHAR	36
2.2.15. PROCESO DE PIROLISIS	37
2.2.16. PIROLISIS LENTO	38
2.2.17. CASCARILLA DE ARROZ	38
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	39
2.3.1. BIOCHAR	39
2.3.2. BIOMASA RESIDUAL.....	39
2.3.3. CADENA CUSTODIO	39
2.3.4. CALIDAD DEL SUELO	40
2.3.5. ECA	40
2.3.6. SITIO CONTAMINADO.....	40
2.3.7. SUELO.....	40
2.3.8. SUELO AGRÍCOLA	40
2.3.9. CONTAMINANTE	41
2.3.10. SALUD DEL SUELO.....	41
2.4. HIPÓTESIS	41
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	41
2.5. SISTEMA DE VARIABLES.....	41
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	41
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	41
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	42
CAPITULO III	43
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	43
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	43

3.2. ENFOQUE.....	43
3.3. DISEÑO METODOLÓGICO	43
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	44
3.4.1. POBLACIÓN.....	44
3.4.2. MUESTRA	44
3.5. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	44
3.5.1. TÉCNICAS.....	44
3.5.2. INSTRUMENTOS	47
3.6. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	47
CAPITULO IV.....	48
RESULTADOS.....	48
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	48
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	53
CAPÍTULO V.....	57
DISCUSION DE RESULTADOS.....	57
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
ANEXOS.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Principales componentes del Biochar	32
Tabla 2 Tipos de pirolisis	38
Tabla 3 Composición química de la cascarilla de arroz y de las cenizas de la cascarilla de arroz.....	39
Tabla 4 Diseño y distribución de muestras del Biochar	44
Tabla 5 Mínimo números de puntos de muestreo para el muestreo de identificación	45
Tabla 6 Profundidad del muestreo según el uso del suelo	46
Tabla 7 Análisis mecánico del suelo agrícola contaminado antes y despues de la incorporacion del biochar de origen organico (cascarilla de arroz) (T1 = dosis de 20% y T2 = dosis de 25%), Colpa Baja, Huáuco, 2022	48
Tabla 8 Propiedades quimicas del suelo agricola contaminado antes y despues de la incorporacion del biochar de origen organico (cascarilla de arroz) (T1 = dosis de 20% y T2 = dosis de 25%), Colpa Baja, Huáuco, 2022	49
Tabla 9 Descripción de los cambiables del suelo agricola contaminado antes y despues de la incorporacion del biochar de origen organico (cascarilla de arroz) (T1 = dosis de 20% y T2 = dosis de 25%), Colpa Baja, Huáuco, 2022	51
Tabla 10 Prueba de normalidad de los datos	52
Tabla 11 T de Student para la constatación de la hipótesis.....	54
Tabla 12 Tabla intepretativa del efecto sobre el suelo agrociola contaminado antes y luego de las intervenciones con el biochar.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Principales funciones de los suelos	24
Figura 2 Diferentes tamaños de textura del suelo.....	25
Figura 3 Tipos de degradación del suelo	29
Figura 4 Representación simple del proceso de pirólisis	37
Figura 5 Análisis mecánico del suelo agrícola contaminado antes y después de la incorporación de biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) (T1=dosis de 20% y T2=dosis de 25%), Colpa Baja, Huánuco, 2022.....	49
Figura 6 Propiedades químicas del suelo agrícola contaminado antes y después de la incorporación de biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) (T1=dosis de 20% y T2=dosis de 25%), Colpa Baja, Huánuco, 2022	50
Figura 7 Descripción de los valores cambiables del suelo agrícola contaminado antes y después de la incorporación de biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) (T1=dosis de 20% y T2=dosis de 25%), Colpa Baja, Huánuco, 2022	51
Figura 8 Vista fotográfica toma de muestra en campo, centro poblado de Colpa Baja.....	77
Figura 9 Vista fotográfica del pre test	77
Figura 10 Vista fotográfica con jurado revisor en la toma de muestra pre test	78
Figura 11 Vista fotográfica del interior del horno.....	79
Figura 12 Vista fotográfica del horno pirrólico encendido	79
Figura 13 Vista fotográfica de la cascarilla de arroz en el horno encendido .	80
Figura 14 Vista fotográfica carbonización y cerrado del horno	80
Figura 15 Vista fotográfica del biochar.....	81
Figura 16Vista fotográfica de homogenización del biochar con el suelo.....	81
Figura 17 Vista fotográfica de la dosificación del biochar en las muestras de suelo – post test.....	82

Figura 18 Vista fotográfica toma de muestras del suelo	83
Figura 19 Vista fotográfica del rotulado de muestras.....	83
Figura 20 Vista fotográfico del guardado de muestras.....	84

RESUMEN

En el centro poblado de Colpa Baja, distrito, provincia de Huánuco y la región de Huánuco, donde se realizó el trabajo de investigación titulado: “Efecto de la incorporación del biochar de origen orgánico (Cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022”, el objetivo fue demostrar el efecto de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, en Colpa Baja mediante un pre test se identificó que le suelo estaba contaminado. Al evaluar el efecto del biochar en el suelo contaminado se obtuvo los siguientes resultados: respecto a los tratamientos con biochar la dosis del 20% de biochar fue más efectiva en la muestra 1 los resultados respecto al análisis mecánico arena 47.67%, arcilla 15.33% y limo 37%, mientras que en las características químicas fueron: El pH fue de 7.25, conductividad eléctrica fue de 2.61 dS/cm, materia orgánica fue de 2.20%, con respecto a los valores cambiables fueron los siguientes el nitrógeno con 0.11%, fosforo con 67.34 ppm, potasio con 236.13 ppm. Respecto a los tratamientos con biochar la dosis con el 25% de biochar fue más efectiva en la muestra 2 los resultados respecto al análisis mecánico arena 44.33%, arcilla 14.67% y limo 41%, mientras que en las características químicas fueron: El Ph fue de 7.38, la conductividad eléctrica fue de 3.08 dS/cm, la materia orgánica fue de 2.32 %, respecto a los valores cambiables fueron los siguientes el nitrógeno con 0.11%, fosforo con 93.78 ppm, potasio con 351.44 ppm. Se llegó a la conclusión el tratamiento con biochar en suelo contaminado es más efectivo con la dosis del 25%, aunque ambas dosis mejoraron la calidad de suelo, teniendo cambios en los parámetros físico – químicos del suelo, se recomienda usar biochar para la estabilización de suelos contaminados y asimismo probar en diferentes dosis para lograr mejores resultados.

Palabras clave: Biochar, suelos contaminados, cascarilla de arroz, suelo agrícola, dosis.

ABSTRACT

In the populated center of Colpa Baja, district, province of Huánuco and the region of Huánuco, where the research work entitled: "Effect of the incorporation of biochar of organic origin (rice husk) on the quality of contaminated agricultural soil was carried out. , Colpa Baja, Huánuco, 2022", the objective was to demonstrate the effect of incorporating biochar of organic origin (rice husk) on the quality of contaminated agricultural soil, in Colpa Baja through a pre-test it was identified that the soil was contaminated . When evaluating the effect of biochar on the contaminated soil, the following results were obtained: regarding the treatments with biochar, the dose of 20% of biochar was more effective in sample 1, the results regarding the mechanical analysis: sand 47.67%, clay 15.33% and silt 37%, while in the chemical characteristics they were: pH was 7.25, electrical conductivity was 2.61 dS/cm, organic matter was 2.20%, with respect to the changeable values they were the following: nitrogen with 0.11%, phosphorus with 67.34 ppm, potassium with 236.13 ppm. Regarding the treatments with biochar, the dose with 25% biochar was more effective in sample 2, the results regarding the mechanical analysis sand 44.33%, clay 14.67% and silt 41%, while in the chemical characteristics they were: The Ph was of 7.38, the electrical conductivity was 3.08 dS/cm, the organic matter was 2.32%, with respect to the changeable values, the following were nitrogen with 0.11%, phosphorus with 93.78 ppm, potassium with 351.44 ppm. It was concluded that the treatment with biochar in contaminating soil is more effective with the 25% dose, although both doses improved the quality of the soil, having changes in the physical-chemical parameters of the soil, it is recommended to use biochar for the stabilization of contaminated soils and also try different doses to achieve better results.

Keywords: Biochar, contaminated soils, rice husks, agricultural soil, dose.

INTRODUCCIÓN

La tesis titulada: “Efecto de la incorporación del biochar de origen orgánico (Cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022” estudia el biochar como solución al problema de contaminación de suelos agrícolas en Colpa baja, por lo que se planteó hacer uso de la enmienda orgánica con la finalidad de estabilizar los suelos agrícolas.

De acuerdo a las investigaciones la enmienda orgánica posee características que atribuyen a potenciar la capacidad físico químicas del suelo e intensificar la productividad del suelo, debido a que este carbón vegetal contiene residuos vegetales y residuos de biomasa, que va depender de la materia prima a usar.

Teniendo en cuenta el área de estudio de la investigación se decidió usar el biochar como enmienda, puesto el suelo de estudio poseía baja características físico químicas por ser cultivada todo el año sin tener en cuenta una rotación de cultivos apropiados, por lo que le presente al agricultor el biochar como una alternativa de estabilización del suelo y poder recuperar las características bajas.

Finalmente esta técnica es de fácil elaboración y uso para los agricultores ya que con diferentes tipos de residuo orgánico se puede elaborar dicha enmienda, por lo que me plantee como objetivo demostrar el efecto de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado en Colpa Baja, mediante tratamientos en dosis 20% y 25% del biochar en el suelo agrícola contaminado con resultados positivos que se detallaran en los posteriores capítulos.

CAPITULO I

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

El suelo es un recurso muy importante para la humanidad, ya que en este se desenvuelve un ecosistema compuesto por vegetación y animales y sobre todo del ser humano en la superficie terrestre, refiere la Carta Europea de Suelos (1972).

Siendo una de sus propiedades del suelo, la resiliencia, la tolerancia al estrés (Villareal et al.,2004). Sin embargo una sobreexposición al suelo va generar impactos negativos en el ambiente natural, como la disminución de la actividad de los microbios benéficos del suelo, crecimiento de manera irregular de la flora, perdida de la biomasa, ya que existen plantas que son sensibles a las sustancias tóxicas y al entrar en contacto con ellas causa su muerte y afecta a la salud de la población (Silva y Correa, 2009).

Se conoce que a nivel mundial la contaminación suelo está afectando nuestro futuro, debido que el suelo es el medio de donde proceden los alimentos. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura ([FAO], 2018), señala que un suelo contaminado con elementos peligrosos, productos químicos orgánicos como BCP y HAP o productos farmacéuticos, ocasiona graves riesgos para la salud humana.

En el Perú se sabe que el manejo inadecuado del suelo, planificación y manejo inadecuado de este recurso ha ocasionado su perdida, avanzando cada día más. Este fenómeno es distinto en cada región del país, en la selva y sierra la erosión hídrica, sobrepastoreo, quema de pajonales y la cobertura vegetal es considerable, mientras que en el norte presentan la salinización, la erosión y desertificación. (Diaz, 2016)

El departamento de Huánuco, tiene como actividad económica la agricultura, cuya cosecha de productos abastece a los mercados locales y nacionales, por lo que el agricultor opta el uso de químicos de forma

inmoderada, provocando degradación química del suelo, teniendo como consecuencia la perdida de la resiliencia de forma natural.

En el área de estudio, el Centro Poblado Colpa Baja, donde la actividad productiva es la siembra de hortalizas, pero también usan que químicos para el mejoramiento y rendimiento de producción de los cultivos, ha provocado la contaminación de suelos.

Debido a la problemática explicada líneas arriba se planteó dar un tipo de solución, con el uso de enmienda orgánica biochar, cuyas características de esta enmienda se pretende casi estabilizar a los suelos agrícolas contaminados, asimismo aportar información, para futuras investigaciones con el tema de estudio.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el efecto de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cuál es el análisis mecánico del suelo contaminando antes y después de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022?

¿Cuáles son las características químicas del suelo antes y después de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022?

¿Cuáles son los valores cambiables del suelo antes y después de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Demostrar el efecto de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Describir el análisis mecánico del suelo contaminando antes y después de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022.

Describir las características químicas del suelo antes y después de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022.

Describir los valores cambiables del suelo antes y después de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El transcurso de los años y el crecimiento demográfico, trajo consigo el acrecentamiento de la oferta y demanda de productos agrícolas, llevando al hombre a la utilización de químicos para el mejoramiento de sus cultivos en cantidades y tamaños, afectando el recurso suelo por el excesivo uso de estos provocando contaminación y disminución de microorganismos que viven en ella.

Las características y particularidades de un suelo contaminado van determinar el tipo de remediación que se va aplicar, es decir los procesos químicos, procesos físicos o de transporte y procesos biológicos (Volke y Velasco, 2002).

La investigación surgió debido a la necesidad de tratar disminuir la contaminación de suelo en prácticas agrícolas convencionales a nivel local

específico. Es por ello que se expone al biochar como una medida de solución para la contaminación del suelo agrícola, esta enmienda orgánica tiene características físico químicas que harán que el suelo se pueda estabilizar. Ya que el uso de esta enmienda en el suelo hará que aumente la materia orgánica, capacidad de retención de agua, disminuya la densidad aparente y así también permitirá el establecimiento de colonias microbianas (Paco, 2012).

Con los resultados de mi estudio comprobé que la incorporación del biochar tiene como resultado un efecto positivo en la calidad del suelo agrícola contaminado y esto servirá como base para posteriores estudios que se relacionen al mío.

Finalmente, con los resultados también aportare información base y en medida una solución para este tipo de contaminación de suelo agrícola mediante el uso del biochar o biocarbón cuyas características físico químicas estabilicen el suelo con concentraciones casi estables que pueda poseer de forma natural.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

El estado de emergencia sanitaria y su ampliación a causa del COVID 19 y sus disposiciones complementarias, hicieron que el acceso a información física (bibliotecas) sea de difícil acceso, así como el distanciamiento social y las diferentes medidas que toman cada institución por precaución al contagio y propagación del coronavirus.

Para la determinación de la concentración inicial y final del análisis mecánico, características químicas y los valores cambiables del suelo se necesitó el uso de laboratorio de suelos el cual no cuenta la Universidad de Huánuco, por lo que se llevó las muestras al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Para la investigación se consideró un enfoque con una perspectiva en el desarrollo sostenible, ya que al ser un proyecto cuyo propósito es la sostenibilidad futura, mediante la optimización de recursos y reducción de

contaminación, con participación de la sociedad (agricultores) y siendo económicamente viable.

1.6.1. VIABILIDAD ECONÓMICA

Económicamente es una inversión accesible a todas aquellas personas que deseen producir biochar para estabilizar en diferentes tipos de cultivo agrícola y así puedan mejorar el rendimiento y producción agrícola.

1.6.2. VIABILIDAD AMBIENTAL

Dentro de una viabilidad ambiental se tiene que el biochar es un componente natural ya que la materia prima es toda aquella biomasa residual orgánico, que pretende estabilizar los parámetros que debe de tener un suelo agrícola.

1.6.3. VIABILIDAD SOCIAL

Y socialmente va dirigida hacia los agricultores y público en general que pretendan descontaminar suelos agrícolas, mediante nuevas alternativas de remediación, de fácil elaboración y de costo accesible, como es la elaboración del biochar como enmienda - estabilizador orgánico en sus cultivos.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Cueto (2016). En su tesis: *Potencial de producción de biochar en España a partir de residuos de la industria papelera, de lodos de E.D.A.R., de residuos sólidos urbanos y residuos ganaderos: estudio de la fijación de carbono, España.* Resume en su estudio, que el **objetivo verdadero es conocer el potencial del biochar en los suelos de España, al mismo tiempo reducir la emisión de CO₂ al aire procedente de las industrias de lodo (EDAR y RSU), papeleras y residuos ganaderos, por medio de la pirolisis.** Los resultados obtenidos se determinaron después de la cuantificación de los residuos que se estudiaron y tomando en cuenta las condiciones necesarias, se logró una notable reducción de la emisión del CO₂, la reducción fue entre un 22,53% y un 96,12 %. Otro objetivo logrado fue aumentar en un 1% la cantidad de materia orgánica que tenía el suelo agrícola en España, lo que equivale a un aporte de 2,03816*108 toneladas de materia orgánica, para ello se requirió una demanda de 255.408.361 toneladas de biochar, para la producción de biochar se usó estiércol vacuno. Concluyendo que la demanda de materia orgánica de los suelos agrícolas españolas es de un 3.5%, lo que requiere una demanda de biochar de mínimo 158.937 toneladas.

Olmo (2016). en su estudio: *Efectos del biochar sobre el suelo, las características de la raíz y la producción vegetal, España.* Resume que su objetivo fue **profundizar el estudio de dichos mecanismos, por medio de la evaluación de las respuestas que brindan los rasgos considerados funcionales y más importantes en las plantas debido a las transformaciones inducidas por el biochar.** Para llevar a cabo la investigación se realizó experimentos en una cámara de cultivo e invernadero, estas se llevaron en condiciones controladas, en campo

para la producción de biochar su uso diferentes especies de poda como la paja del trigo y el olivo, se aplicó en diferentes dosis y en las siguientes especies agronómicas: berenjena (*Solanum melongena L.*), algodón (*Gossypium herbaceum L.*), garbanzo (*Cicer arietinum L.*), colza (*Brassica napus L.*), tomate (*Solanum lycopersicum L.*), pimiento (*Capsicum annuum L.*), maíz (*Zea mays L.*), trigo (*Triticum durum L.*) y soja (*Glycine max L.*). Los demostraron que la aplicación de biochar al suelo logró que la reducción de la densidad aparente y compactación del suelo, así mismo aumentó la capacidad de retención de agua. En conclusión, se deduce que la aplicación de biochar al suelo mejora su calidad, así mismo hace que los fertilizantes usados sean más eficientes logrando así una alta producción de diferentes especies agronómicas.

Rosas (2015). En su tesis: *Producción de biochar a partir de viñas agotadas mediante pirolisis en reactor a escala piloto y en reactor móvil energéticamente sostenible. España*. Resume que el objetivo de esta investigación es **establecer las bases que permitan el diseño y la fabricación de un reactor de pirolisis con la característica de ser térmicamente autosostenible a escala demostrando que pueda ser movilizado a distintos lugares sin infraestructuras, considerando un posible escalado a nivel industrial**. En la investigación se busca realizar la gestión de los residuos que generan la industria vitivinícola, de esta forma el producto final tendrá más valor ya que se aportará al medio ambiente reduciendo la huella de carbono en el proceso de fabricación del vino. Mediante la realización de un análisis se determinó que potencial de reducción de huella de carbono por botella que tiene la presente investigación. Después de realizar el análisis se determinó que por botella de vino se da la reducción del 22,66 gCO₂. También se realizó el diseño y dimensionamiento de un pirolizador a gran escala (2t/h), para la etapa de tratamiento de madera de cepas extraídas u otros materiales con características similares. **La tecnología de elección para este fin es la tecnología de hornos rotatorios, ya que proporcionan un cierto grado de flexibilidad en la operación, facilitando el proceso de pirólisis.**

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Remigio (2018). En su tesis: *Uso del biochar de excretas porcina y avícola en la reducción de cadmio en suelo agrícola contaminado, Huaral, 2018, Perú.* Resume que la presente investigación busca **determinar el efecto del biochar de excretas porcina y avícola en la reducción de cadmio, en suelo agrícola contaminado por este metal.** Para realizar el estudio el método seguido fue mediante la realización de 4 tratamientos en diferentes dosis como: 0%, 5%, 10%, 15%, el tratamiento se llevó a cabo en macetas, se hizo 3 repeticiones en cada maceta, se consideró a la maceta como una unidad experimental para determinar si el biochar porcina y avícola, eran eficientes, el proceso pirolítico se llevó a cabo a una temperatura de 300°C. **Después del periodo estimado de 60 días se observó los siguientes resultados:** en el tratamiento 6 se obtuvo 4,93, en el tratamiento 7 se tuvo 5,66, y en el tratamiento 8 se tuvo 7,23. Se llegó a la conclusión de que la concentración de cadmio tuvo una notable reducción, evidenciándose que el tratamiento con una dosis de 5% de biochar fue el más optimo.

Ríos (2018). En su tesis: *Aplicación de biochar de *Mespilus germanica L.* y *Mangifera indica L.* en suelos contaminados para reducir plomo en la zona de La Huaca - Huaral, 2018, Perú.* La presente investigación busco elaborar biochar a base de podas de *Mespilus germanica L.* (*níspero*) y *Mangifera indica L.* (*mango*), el proceso consistió en realizando la etapa de la pirolisis, proceso que consiste en la quema de los restos de poda de los árboles frutales, previo a eso se realizó un análisis y obtuvo los siguientes datos: 23.1% de lignina y 1.97 ppm de plomo de *Mespilus germanica L.*, y un 20.0% de lignina y 1.02 ppm de plomo de *Mangifera indica L.* El método del estudio fue usar diferentes dosis de biochar (5%, 10% y 20%) de ambos tipos de biochar, finalmente se determinó la capacidad de absorción del biochar para el plomo, el tratamiento se realizó durante un periodo de tiempo de 30 y 60 días. Se determinó que la aplicación del 10% de biochar de *Mangifera*

fue más eficaz, **absorbiendo un promedio de 358.14 ppm de plomo, valor que estuvo por debajo de lo indicado por los estándares de calidad ambiental (ECA) para suelos con fines agrícolas.** Se llegó a la conclusión de que la **Mangifera indica L.** tiene la capacidad de recuperar suelos contaminados por plomo.

Guerra (2015). En su tesis: *Producción y caracterización de Biochar a partir de la biomasa residual de sistemas agroforestales y de agricultura convencional en la Amazonía Peruana, Perú.* La investigación realizada consistió en **analizar las características físicas-químicas del biochar elaborado mediante el proceso de pirolisis lenta,** la temperatura estuvo en un rango de 550 - 600 °C y para la elaboración se usó diferentes tipos de materias primas residuos de los **cultivos agroforestales y de cultivos de la zona norte de la Amazonia del Perú.** Para la elaboración del biochar se usó residuos forestales de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*), cacao (*Theobroma cacao*) y de palmito de pijuayo (*Bactris gasipaes*) y de los cultivos de la zona norte de la Amazonia se usó el arroz (*Oryza sativa*) y Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis Linneo*). Los resultados demostraron que el biochar tiene mayor capacidad de mejorar la producción pese a que no presenta una alta concentración de nutrientes. La muestra con densidad aparente más alta fue de (0.603 Mg m⁻³), el contenido de materia orgánica más alto fue de 975.49 g kg⁻¹, el pH más alto fue en el tratamiento 1 con 9.37 y el valor más bajo respecto a la Conductividad Eléctrica fue de 0.463 dS m⁻³. Se llegó a la **conclusión de que el biochar elaborado a base de los restos de sacha inchi y corteza del palmito, fueron los más eficientes para mejorar la calidad del suelo en forma de enmienda.** De manera similar, el **biocarbón de tallos del sacha inchi y de las hojas de palma fue el agente de secuestro de carbono potencial más efectivo.**

Iglesias (2018). En su tesis: *Aplicación de biochar a partir de biomasa residual de Eucalipto para evaluar la productividad con maíz en el Austro Ecuatoriano, Perú.* Resume que la investigación fue realizada

en la zona austral andina de la república del Ecuador, tuvo como objetivo determinar cuan viable es el empleo de biochar, preparado a partir de una biomasa residual natural, tal como el eucalipto (*Eucalyptus globulus Labill*), el proceso consiste en realizar el biochar con 2 métodos diferentes de pirolisis, el método para saber cuál es más efectivo fue aplicándolo a los cultivos de (*Zea mayz L.*), analizando el suelo agrícola y estudiar el mejoramiento de las condiciones edáficas y el papel de fijado de carbono que cumple el biochar. La metodología del estudio consistió en elaborar el biochar y para determinar sus características físicas y químicas se llevaron muestras al laboratorio, también se realizó pruebas de germinación con el maíz después de aplicar ciertas dosis de biochar. Finalmente, los resultados demostraron que se encontraron mejores tendencias de crecimiento y rendimiento en las muestras donde se usó biochar a base de eucalipto, también se notó una mejora en las características fenológicas de su crecimiento y se tiene expectativas de que el biochar tenga efectos en un mediano o largo plazo al aplicarse en los cultivos. Otro aspecto importante son los cambios que se producen a nivel de las propiedades del suelo, determinado por el análisis comparativo de las condiciones antes y después de la labranza.

De la Cruz (2018). En su tesis: *Eficiencia del biochar a partir de residuos de poda para inmovilizar plomo en el suelo a nivel laboratorio UCV, 2018, Perú*. Resume que el **objetivo de la investigación fue evaluar la eficiencia del biochar a partir de residuos de poda para inmovilizar plomo en el suelo a nivel laboratorio**. Para la elaboración del biochar se usó residuos de poda del molle costero (arbusto) (*Schinus terebinthifolius*) la materia prima fue recopilada del Cementerio Presbítero Maestro ubicado en el Distrito Cercado de Lima, la elaboración comenzó con la pirolisis, quema de materia prima el cual se llevó a cabo a una temperatura de 500°C por 2 horas, este proceso fue controlado de mediante el uso de cronómetros y termómetro digital, con el producto ya obtenido se realizó un análisis de su composición a nivel

de laboratorio. Se realizo tratamientos con biochar para conocer su capacidad y eficiencia de inmovilizar plomo en el suelo, la dosis de biochar usado fue del 20% y después de 20 días se realizó un muestreo de suelo y se analizó la concentración de plomo, se realizó 5 repeticiones. **Los resultados después de la caracterización del biochar fueron los siguientes: nitrógeno (0.88%), carbono (43.87%) y materia volátil (41.05%). Se llego a la conclusión de que el biochar elaborado a base de residuos de molle es eficiente si se realiza a una temperatura de 500°C, por un tiempo de 2 horas este logro disminuir la concentración de plomo en el suelo, la mayor eficiencia del biocarbón para la inmovilización de plomo en el suelo fue el tratamiento control (T1) con una eficiencia del 50,29 % utilizando biocarbón al 20 %.**

Ramírez (2019). En su tesis: *Eficiencia del biochar obtenido a partir de residuos orgánicos municipales para la remoción de materia orgánica en aguas residuales, Chachapoyas, Amazonas, 2018*. Resume que se investigó la cuan eficiente es el biochar, preparado a partir de **residuos orgánicos municipales, en la remover de materiales orgánicos del agua residual**, para se elaboró el biochar por medio de la pirolisis en un horno pirolítico a una temperatura de 550 a 660 °C. La investigación consiste en tratar agua residual de la quebrada Santa Lucía de la ciudad de Chachapoyas, para ello se usó un filtro cuyos componentes únicos fueron arena fina, gruesa, biochar y piedras de rio. **La eficiencia máxima del filtro de biocarbón para la remoción de materia orgánica del agua residual del Arroyo Santa Lucía fue de 75% para remoción de DBO (experimento 2) y 71% para remoción de DQO (experimento 6)** debido a que en estos experimentos se utilizó biocarbón. compuesto por 90% y 45% de tuzas de maíz, respectivamente. Dado que la eficiencia del biocarbón depende de la porosidad y las propiedades de la biomasa utilizada para su síntesis, los resultados de este estudio podrían mejorarse.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. SUELO

Un sistema natural y activo, que enmanta la superficie de la tierra, constituyendo uno de los recursos con mayor importancia, por lo que realiza múltiples funciones, destacando la producción de alimentos, siendo la edafosfera la capa que recubre la tierra, con interacción entre la geosfera, atmósfera, biosfera e hidrosfera. (Jiménez, 2017)

Figura 1

Principales funciones de los suelos

Como productor de biomasa en general y fuente de alimentación para los seres vivos. Proporciona los nutrientes, el agua y el soporte físico necesarios para el crecimiento vegetal.
Como componente esencial del ciclo hidrológico , distribuyendo las aguas superficiales y contribuyendo a la recarga de las aguas subterráneas.
Por su capacidad de filtrar, almacenar, degradar, neutralizar e inmovilizar sustancias tóxicas , impidiendo que alcancen las aguas subterráneas y el aire o que entren en la cadena alimenticia.
Como habitat natural biológico de muchos organismos de todo tipo.
Como fuente de materias primas .
Como soporte para el desarrollo de numerosas actividades humanas (estructura socioeconómica, paisaje y del patrimonio cultural).

Nota. En la siguiente figura muestra las diferentes funciones que tiene el suelo en la naturaleza, teniendo un carácter ambiental, económico, ecológico, cultural y social (Jiménez, 2017).

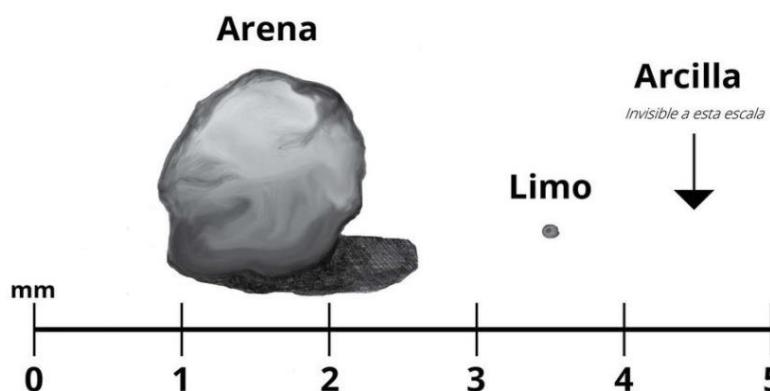
2.2.2. TEXTURA DEL SUELO

Para la Universidad Estatal de Pensilvania (Penn State, 2017) la textura del suelo es considerada importante y relevante característica que tiene efecto sobre muchos aspectos de interés relacionados a la calidad del suelo”, por lo que se van a determinar de acuerdo al porcentaje que puedan contener de arena, limo y arcilla. Estas partículas van ser de diferentes tamaños, siendo la de arena referente más grande, la de limo de tamaño mediano y las arcillas de tamaño pequeñísimo a comparación con las otras dos. Esta textura no varía ya que es una propiedad relevante y única del suelo, ni bajo prácticas de manejo,

clasificándose en cuatro tipos de suelo: arenoso, limusinas, suelos frances y arcilloso o baros.

Figura 2

Diferentes tamaños de textura del suelo



Nota. En la figura se muestra las diferentes texturas del suelo de acuerdo a su tamaño (mm), viéndose que la arena es más grande a comparación del limo y arcilla (Universidad Estatal de Pensilvania)

2.2.3. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

El Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (INTAGRI, 2017), menciona que “las propiedades físicas de la Tierra son el resultado de la interacción de sus diversas fases (suelo, agua y aire) y las proporciones de cada una”. Por lo que la productividad de un suelo depende no solo de sus nutrientes, sino que además depende de sus características físicas propias.

La organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, s.f.) menciona las siguientes propiedades o características físicas del suelo:

2.2.3.1. ESTRUCTURA DEL SUELO

Las diferentes partículas que constituyen el suelo, tal como la arcilla, arena y limo se unen con el objetivo de conformar agregados y unidades de gran tamaño nombrados como peds. La estructura del suelo va afectar estrechamente a la ventilación, la

conducción térmica, el movimiento del agua en el suelo, la resistencia a la erosión y el crecimiento radicular.

2.2.3.2. PROFUNDIDAD DEL SUELO

La definición original de solvente se llamaba tierra vegetal (capa A) y el subsuelo (E y B). El horizonte C es definido como una formación con poca formación de suelo. Por lo tanto, se considera que la profundidad considerada efectiva del suelo es justamente el espesor del suelo. Sin embargo, la presencia de actividad biológica y raíces frecuentes en la capa C aumenta la importancia de que sea incluida esta capa en la concepción o definición de la profundidad del suelo.

2.2.3.3. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA EN EL SUELO

El almacenamiento de agua es el factor más importante para satisfacer los requerimientos de humedad de las plantas, pero esta también se acumula o fluye a través del suelo afecta la formación, estructura, estabilidad y erosión del suelo.

2.2.3.4. DISPONIBILIDAD DEL AGUA EN EL SUELO

Es la porción de agua que fluye en el suelo hasta el punto de capacidad de campo y lo que es aprovechable para la vegetación. La textura del suelo se puede determinar mediante la humedad del suelo disponible, la determinación se realiza en un laboratorio donde va dar como resultado la curva de conservación que es la humedad del suelo.

2.2.3.5. TEXTURA DEL SUELO

Está referido a la cantidad de componentes llamados inorgánicos con diferentes medidas y estructuras como vienen a ser la arcilla, limo y arena, considerada como una propiedad relevante, puesto que afecta como un factor de abundancia y la capacidad de retención de agua, drenaje, aireación contenida de materia orgánica y otras propiedades.

2.2.3.6. COLOR DEL SUELO

Desempeñan la función de distinguir las sucesiones de los perfiles del suelo, también determinan la presencia de materia orgánica, el estado de drenaje, el origen de la materia prima y la presencia de sales y carbonatos. Su composición cambia según la cantidad de humedad, la cantidad de materia orgánica presente y el grado de oxidación de las sustancias minerales que se encuentran presentes.

2.2.3.7. CONSISTENCIA DEL SUELO

Esta propiedad es la que va determinar la resistencia del suelo a la deformación o fisuración que se le puede aplicar, es decir la consistencia del suelo va depender de la humedad y que el suelo puede ser blando, duro o muy duro, la cual se puede medir en tres niveles de humedad: húmedo, seco, muy seco.

2.2.3.8. POROSIDAD DEL SUELO

El suelo se encuentra conformado por un 50% sólidos (45 % de materia mineral y 5 % de materia orgánica) asimismo, lo conforma un 50 % de espacio poroso, que se puede dividir en microporos y macroporos, donde el agua, los nutrientes, el aire y los gases pueden almacenarse o circular, por lo general este espacio poroso del suelo resulta ser el porcentaje del volumen del suelo no utilizado u ocupado por los sólidos.

2.2.3.9. DENSIDAD DEL SUELO

Esta se puede determinar mediante la densidad aparente, la cual se obtiene por la relación del peso seco de la muestra del suelo y el volumen que esta ocupa en el suelo.

2.2.3.10. MOVIMIENTO DEL AGUA EN EL SUELO

Para poder describir los suelos de clase de drenaje y sus propiedades vinculadas, se puede obtener información básica sobre el ciclo del agua en el suelo, esta propiedad que se puede

medir mediante el flujo de agua in situ utilizando técnica de la conductividad hidráulica.

2.2.4. MATERIA ORGÁNICA

Jaramillo (2002), describe que viene ser la formación de residuos de origen vegetal y animal que ingresan al suelo y forman la materia orgánica del suelo, teniendo como principal fuente a los residuos de origen vegetal, fuente principal de energía y alimentos a los microorganismos del suelo, que también pueden formar humus y al acumularse siguen produciendo materia prima del suelo.

2.2.5. CONTAMINACIÓN DE SUELOS

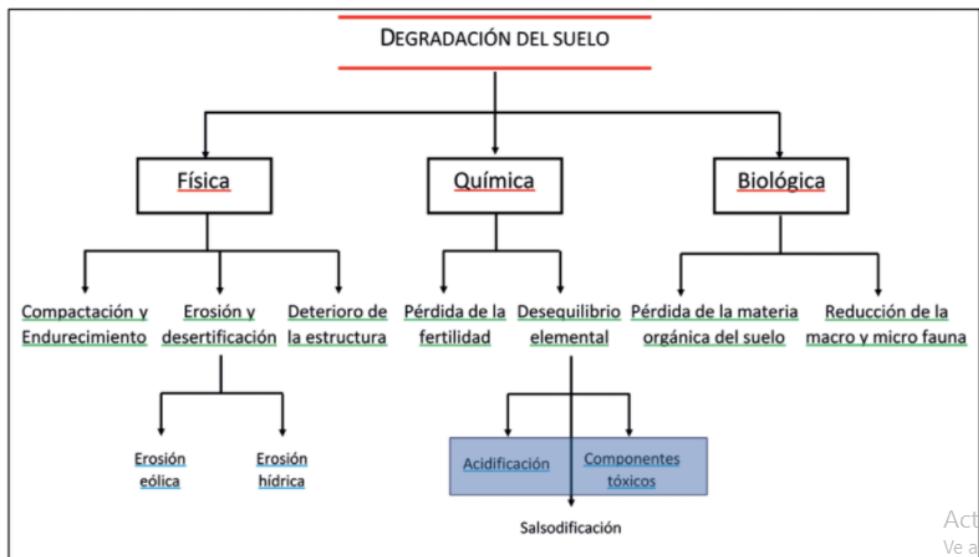
Para Jiménez (2017), refiere que cuando el suelo ha alcanzado su mayor nivel de florecimiento y armonía esta puede quedarse de forma activa en dicha materia por bastante tiempo, pero este equilibrio se vería afectado y romperse fácilmente por acciones antrópicas como son la ganadería, minería, industria, agricultura, entre otros, conocida como la contaminación de suelo, este tipo de variación dañina hacia el suelo es conocida como degradación, cuyo proceso provoca la disminución de la capacidad actual y potencial del suelo para producir, cuantitativa y cualitativamente, bienes y servicios.

2.2.6. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DE SUELOS

Si el suelo está contaminado, puede tener efectos potencialmente dañinos en la humanidad, fauna y flora y el medio ambiente en general. Por supuesto, los efectos tóxicos dependerán de cómo está compuesto el contaminante, así como la biodisponibilidad y su concentración. (Jiménez, 2017)

Figura 3

Tipos de degradación del suelo



Nota. En la figura 3, se muestran los diferentes tipos de degradación del suelo ya sean físicas, químicas o biológicas (Jiménez, 2017)

2.2.7. CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES AGRÍCOLAS

La manufactura de los fertilizantes tiene como fuente a metales pesados como Ni, Cu, As, Hg, Pb Cd, Cu y radionúclidos naturales como Po, U y Th, así mismo menciona que los fertilizantes tienen un beneficio general para la agricultura, pero también existe evidencia científica del aumento de metales pesados, patógenos. (Rodríguez et al., 2019)

2.2.8. AGRICULTURA Y METALES PESADOS

Cañizares (2000) define que los metales pesados forman un grupo de unos 40 elementos en la tabla periódica con densidades mayores o iguales a 5 g/cm³, estando presentes en fertilizantes este tipo de contaminantes son más permanentes y complicado para enmendar en el medio natural, ya que, no solo de degradar la atmósfera, los cuerpos de agua y los alimentos, sino que amenaza con la salud de los animales y personas. (Rodríguez et al., 2019)

Vangronsveld y Cunningham (como se citó en Cabrera, 2005) plante que el el método ideal que se busca encontrar para la recuperación de los suelos contaminados por elementos es aquel que

tratará y/o estabilizará las contaminantes *in situ* de manera más efectiva y cómoda económico, sin deteriorar las propiedades del suelo". Buscando métodos de estabilización de enmiendas, la fito-recuperación y la bio recuperación, cuyas técnicas son realizadas *in situ*, clasificándolas como técnicas rehabilitadoras o de bajo impacto, con estas técnicas se pretende tener un enfoque natural y a la vez que respete el medio ambiente.

Ortiz et al., (2007) refieren sobre la existencia de técnicas *ex situ* cuya aplicación reduce la traslación de los compuestos contaminantes, en especial de los compuestos inorgánicos tal como los metales pesados por medio de la concreción de reacciones químicas que reducen su solubilidad en el suelo y su lixiviado.

Suthersan (como se citó en Ortiz et al., 2007) manifiesta que "las tecnologías de contención, también conocidas como estabilización/inmovilización, minimizan la movilización de los agentes contaminantes mediante la aplicación de procesos físicos y químicos, ya sea que sean convertidos en medios menos solubles y tóxicos (estabilización) o encapsulando los materiales que se encuentran contaminados en estructuras sólidas de alta integridad (solidificación)". Estas son las técnicas que vendrías a ser *in situ* y *ex situ*:

2.2.8.1. FITORREMEDIACIÓN

Este tipo de remediación se pueden realizar por dos métodos: la contención y la extracción, la primera consiste en contener el contaminante mediante la estabilización y fijación de plantas con movimientos de mecánicas de las raíces, pasando luego a la extracción de las plantas previniendo de la erosión y el transporte del suelo, y la reducción de la lixiviación debido al aumento de la evaporación. Wenzel et al. (como se citó en Cabrera 2005)

2.2.8.2. BIOSORCIÓN

Los microorganismos aislados de ecosistemas contaminados y utilizados como biosorbentes retienen metales

pesados durante un tiempo relativamente corto, ha sido estudiado en varios metales pesados como cadmio, cromo, plomo, níquel, zinc y cobre (Vullo, 2013).

2.2.8.3. BIOACUMULACIÓN

Vullo (2013) Ocurre cuando sistema de tráfico de membranas que internaliza los metales pesados presentes en el entorno celular a través del gasto de energía a nivel celular. es producido por el sistema H-ATPasa, el metal pesado se incorpora al citoplasma, es secuestrado por proteínas ricas en sulfhidrilo llamadas metalotioneínas, o puede ser secuestrado en una vacuola, como ocurre en los hongos.

2.2.8.4. BIOMINERALIZACIÓN

Este mecanismo ocurre porque la bomba funciona para eliminar los metales tóxicos ubicados en el citoplasma de la célula contra el flujo de H₂ hacia la célula, los microorganismos pueden precipitar metales y radionúclidos como carbonatos e hidróxidos utilizando mecanismos de resistencia codificados por plásmidos. Vullo (2013).

2.2.8.5. BIOTRANSFORMACIÓN

Vullo (2013) refiere que la biotransformación mediada por enzimas microbianas de metales pesados tóxicos puede producir compuestos poco solubles en agua o volátiles, por lo que el proceso implica cambios químicos en los metales pesados, como el estado de oxidación o metilación.

Actualmente se han desarrollado nuevas técnicas de estabilización de metales pesados uno de ellos vendría a ser el biochar un producto de la biomasa.

2.2.9. BIOCHAR

Gilces (2014) El biochar se obtiene mediante la conversión de biomasa a través de una combustión anaeróbica incompleta o parcial (pirólisis) a una temperatura de 350-500°C, lo que promueve el retorno de material rico en carbono y cenizas al suelo, mejorando las mismas

condiciones. Actualmente se usa en variedad de formas para reciclar nutrientes, gestionar agroecosistemas, influir en la lucha contra la pérdida de suelos agrícolas y forestales, mejorar la fertilidad y evitar el agotamiento.

Rosas (2015) menciona que el biocarbón consiste en la descomposición termoquímica de la biomasa sin oxígeno, evitando así las emisiones de CO₂, teniendo como producto sólido obtenido por pirólisis de biomasa, y su principal componente es el carbón, así también puede contener hidrógeno, oxígeno, cenizas y pequeñas cantidades de nitrógeno y azufre.

International Biochar Initiative (2018) acota que el biochar tiene muchos nutrientes permanecen en el suelo en lugar de filtrarse en las aguas subterráneas y causar contaminación, también mejora la calidad y cantidad del agua al aumentar la capacidad del suelo para retener nutrientes y agroquímicos para uso de plantas y cultivos.

2.2.10. COMPOSICIÓN DEL BIOCHAR

“La composición del biocarbón es considerada heterogénea, ya que tiene componentes que son estables y también inestables” (Sohi et al., 2009). Entre los componentes considerados principales se tiene al carbono, a la materia volátil, a las cenizas y a la humedad. La cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1

Principales componentes del Biochar

Componente	Masa (%)
Carbono fijo	50 – 90
Material volátil	0 – 40
Humedad	1 – 15
Cenizas	0.5 - 5

Nota: La tabla muestra los componentes del biochar y sus porcentajes (García et al., 2014).

Guerra (2015), define que la composición del biocarbón varía según el tipo de materia prima utilizada, mayormente contiene carbono

orgánico y otros componentes de macro y micronutrientes retenidos de sus materias primas originales. Asimismo, incluye concentraciones variables de otros elementos como hidrógeno, cationes básicos, oxígeno, azufre, compuestos orgánicos y metales pesados. Por otro lado, la composición se encuentra en función de las condiciones de pirólisis ya que durante el proceso de fabricación se pueden formar ciertos contaminantes, como los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP), que se forman a partir de cualquier material, ya sea carbono.

Por otra parte, las propiedades del biocarbón va depender de la composición de los residuos utilizados, pero también del tiempo de residencia en el que se produce el pirólisis y la temperatura. (Del Amo, 2018, p.20).

2.2.11. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS

2.2.11.1. DOSIS

De la Cruz (2018) manifiesta que la cantidad que absorbe que intervienen de manera significativa la facultad de adsorción, mediante la aplicación de porciones optimas del biocarbón para disminuir los contaminantes, por lo que beneficioso su utilización, así también acota que la aplicación del 20% de biochar es eficiente para la inmovilización del metal pesado.

2.2.11.2. TIEMPO DE CONTACTO

El tiempo de contacto depende proporcionalmente a la dosis que se aplique para que inmovilice a los metales pesados. Ríos (2018) manifestó que “el tiempo de contacto del tratamiento se realizó en 2 meses mostrando eficiencia en sus resultados”.

2.2.11.3. TEMPERATURA

McLaughlin et al., (2009) refiere que la temperatura para la carbonización de la biomasa va un rango de aproximado de 200 – 500 °C, esto provocará la modificación química en conversión de enlaces alifáticos en enlaces aromáticos, y la consolidación de esos enlaces aromáticos en grafeno local complejos; lo que convertirá a la biomasa en la denominada biochar.

2.2.11.4. DENSIDAD APARENTE

Escalante et al., (2016) refiere que “el biochar va presentar una densidad baja aparente, dependiendo de la biomasa que se utilice, así como el tipo de horno donde se carbonice”.

2.2.11.5. HUMEDAD

Como el carbón activado usado en las investigaciones demuestran que “el biocarbón vegetal es un material higroscópico porque tiene una gran capacidad para absorber la humedad de su entorno” (Guerra, 2015, p. 11).

2.2.11.6. PH

En una muestra fresca es posible que no se tenga con gran precisión el efecto del pH en el suelo, especialmente después de que el biocarbón haya alcanzado el equilibrio con el dióxido de carbono atmosférico (McLaughlin et al., 2009).

2.2.11.7. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Guerra (2015) refiere que la “conductividad eléctrica está referida a una medida de las sales de biocarbón disueltas, incluidas todas las sales orgánicas y neutras que se encuentran presentes en solución. Esto no significa que es necesariamente un problema, pero se debe considerar que demasiada sal si llega a tener un efecto negativo en muchas plantas”.

2.2.11.8. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO

Esta característica de intercambio de cationes o CIC es de suma importancia en el suelo, puesto que va controlar la distribución y descomposición de los nutrientes y, por lo tanto, su disponibilidad en el suelo. (Shenbagavalli y Mahimairaja, 2012)

2.2.12. VENTAJAS DEL USO DEL BIOCHAR

El biocarbón no solo aumenta el almacenamiento y la eficiencia del compost sino también mejora la composición de la estructura y la fertilidad del suelo, lo que da como resultado una mayor producción de

biomasa, asimismo puede reducir la pérdida de compost de la misma manera. (Iglesias, 2018)

El biocarbón también puede ser adecuado para combatir el efecto acidificante de la biomasa de otros tipos de suelo (Iglesias, 2018, p. 7). Gilces (2014) menciona que tiene efecto alcalinizante tanto en la ceniza como en el biocarbón en su pH. La reducción de la densidad, la mejora de la capacidad hídrica al cambiar la estructura del suelo y el aumento de la tasa de cambio, son otros beneficios del biocarbón aplicado al suelo.

Beneficios medioambientales que derivan de estas propiedades se encuentran Guillermo y Fernando (2015):

- Mitigación del cambio climático
- Mejora de los suelos
- La reducción de la contaminación ambiental

2.2.13. BIOMASA PARA PRODUCCIÓN DE BIOCHAR

En las comunidades rurales la biomasa es una fuente principal de energía, ya que este tipo de energía sirve como mecanismo de desarrollo en diferentes enfoques ya sean ambientales o energéticos. (Pozas, 2012).

Asimismo, ayuda al desarrollo de las zonas rurales y representa una oportunidad para el sector agrícola ya que permite la sustitución de cultivos energéticos por otros cultivos. (Fernández, 2007)

2.2.13.1. VENTAJAS DE UTILIZAR LA BIOMASA

El uso de la biomasa tiene una serie de ventajas ambientales y económicas (Fernández, 2007):

Ventajas ambientales

- Balance neutro de emisiones de CO₂. La quema de biomasa produce CO₂ (principal responsable del efecto invernadero), pero la misma cantidad que se libera es absorbida por la vegetación durante su desarrollo, por lo

que quemar biomasa no supone un aumento neto del gas en la atmósfera.

- Debido a que contiene poco o nada de azufre, la quema de biomasa no produce óxidos de este material, que provocan lluvia ácida, como ocurre cuando se queman combustibles fósiles.
- Cuando se trata de biocombustibles utilizados en motores, producen menos emisiones y son menos tóxicos que los que se fabrican a partir de combustibles fósiles.
- Esto permite extraer importantes minerales de valor orgánico, como el fósforo y el potasio, de las cenizas durante la combustión.
- Dado que parte de la biomasa de los residuos debe eliminarse, utilizarla como energía significa convertir los residuos en un recurso. (Fernández, 2007, p.15)

Ventajas socioeconómicas

- Disminuye la dependencia externa del abastecimiento de combustibles.

2.2.14. PRODUCCIÓN DE BIOCHAR

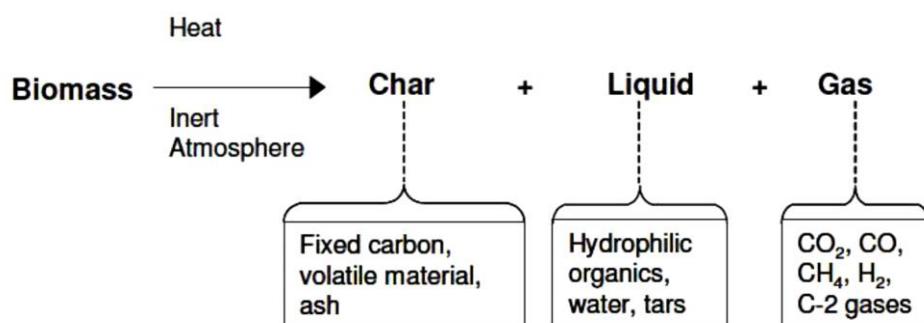
Sohi et al. (2009) manifiesta que la biomasa utilizada para el pirólisis puede ser de varios orígenes, siendo los más comunes la agricultura, la ganadería, la silvicultura entre otros. En el futuro, el material de entrada debe seleccionarse en función de la proporción deseada de subproductos y de la técnica pirólisis que se utilizará, por lo tanto, los residuos de poda, la biomasa de diversos cultivos, los diversos desechos de las operaciones ganaderas y los lodos de depuradora podrían conformar el material para el pirólisis. Asimismo, la materia prima de biocarbón tiene que tener propiedades como micro y macronutrientes, capacidad de retención de agua, estructura física, etc., siendo importante para los efectos que puede tener el biocarbón cuando se aplica como una enmienda del suelo.

2.2.15. PROCESO DE PIROLISIS

Rosas (2015) define que el pirólisis proviene del griego "pyro" que traducido es "fuego" y "lysis" que significa descomposición que permite obtener sus componentes mediante termoquímica aplicada a la materia orgánica cuando se calienta sin presencia de oxígeno. En el plano práctico, es imposible recrear un ambiente que sea completamente inóxico, por lo que siempre habrá un poco de oxidación. Sin embargo, la tasa de oxidación de la materia orgánica es considerada baja en relación con lo que sucede en el calor, cuando la materia orgánica está completamente oxidada, manteniendo así una proporción muy alta de carbono disponible.

Figura 4

Representación simple del proceso de pirólisis



Nota. La figura muestra una representación del proceso de pirolisis de una biomasa (Brownsort, 2009).

Urien (2013) manifiesta que, desde un punto de vista químico, el pirólisis es un proceso complejo, realizado mediante una serie de procesos causado por muchos factores: la naturaleza y composición de los alimentos, velocidad de enfriamiento, velocidad de calentamiento, tecnología utilizada, tiempo de residencia y temperatura de funcionamiento.

Tabla 2*Tipos de pirolisis*

Proceso	Tiempo de residencia	Velocidad de calentamiento	Temperatura (T°)	Productos
Carbonización	Días	Muy lenta	400	Bio- char
Convencional	5-30min	Lenta	600	Gas, líquido y
Rápida	0.5-5 seg	Muy rápida	650	biochar
Flash (líquidos)	<1 seg	Rápida	<650	Bioaceites
Flash (gas)	< 1 seg	Rápida	<650	Bioaceites
Ultrarrápida	<0.5 seg	Muy rápida	1000	Químicos y gas
Vacío	2-30 seg	Media	400	Químicos y gas
Hidropirolisis	<10 seg	Rápida	<500	Bioaceites
Metanopirolisis	< 10 seg	Rápida	>700	Bioaceites
				Químicos

Nota: La tabla muestra los tipos de pirolisis y las condiciones que se requieren (Urien, 2013)

2.2.16. PIROLISIS LENTO

El pirólisis lento, se basa en la quema lenta de biomasa en un calentamiento uniforme y lento (0,01-2°C/seg) a una temperatura de 450 hasta 650 °C sin oxígeno, ya que captura los gases para obtener el gas original, convierte alrededor del 40% de la biomasa original en biocarbón, este tipo de biocarbón requiere un tiempo de residencia de varias horas a varios días, siendo similar a la quema de carbón de los bosques. (Paco, 2012)

2.2.17. CASCARILLA DE ARROZ

La cascarilla de arroz viene a ser el subproducto del proceso de trilla del arroz paddy de consistencia quebradiza, forma cóncava, consistencia frágil y liviana de baja densidad hace que sea fácilmente volátil. El peso específico de la cascarilla de arroz es 125 kg/m3, es decir 1 tonelada ocupa y espacio de 8m3 a granel. (Varón, 2005)

Tabla 3

Composición química de la cascarilla de arroz y de las cenizas de la cascarilla de arroz

Cascarilla de arroz		Cenizas de cascarilla de arroz	
Componente	%	Componente	%
Carbono	39.1	Cenizas de Sílice (SiO_2)	94.5
Hidrogeno	5.2	Oxido de Calcio (CaO)	0.25
Nitrógeno	0.6	Oxido de Magnesio (MgO)	0.23
Oxigeno	37.2	Oxido de Potasio (K_2O)	1.10
Azufre	0.1	Oxido de Sodio (Na_2O)	0.78
Cenizas	17.8	Sulfato (SO_3)	0.56

Nota. La tabla muestra el porcentaje y los componentes de la cascarilla de arroz (Varón, 2005)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

2.3.1. BIOCHAR

El biocarbón es definido como un material carbonizado que se obtiene a partir de biomasa con un alto contenido de carbono pirolizado en un ambiente cero o muy bajo y con un proceso sostenible (Rosas, 2015).

2.3.2. BIOMASA RESIDUAL

Fernández (2007, p.13), define que es el resultado de cualquier proceso en el que se consume biomasa. Se produce en la agricultura, la silvicultura o las explotaciones ganaderas, así como en los residuos industriales y urbanos.

2.3.3. CADENA CUSTODIO

Los procedimientos escritos para la toma de muestras, su transporte, almacenamiento y entrega al laboratorio para análisis físicos y químicos, son realizados por personal responsable. (Resolución Ministerial N° 085-MIANM, 2014)

2.3.4. CALIDAD DEL SUELO

Esta es la capacidad del suelo para realizar diferentes funciones: ecología, agricultura, economía, cultura, arqueología y entretenimiento. (Resolución Ministerial N° 085-MINAM, 2014)

2.3.5. ECA

Es una norma que instituye el nivel de vigilancia o la cantidad de sustancias, materiales o componentes químicos, físicos y biológicos presentes en el agua, aire o en el suelo, que, en su lugar como cuerpo receptor, no provocan un peligro grave para la salud, la salud pública o el medio ambiente. En función al parámetro específico al que se refiera, la salida o grado se puede definir como mínimos, máximos o rangos. (Resolución Ministerial N° 085-MINAM, 2014)

2.3.6. SITIO CONTAMINADO

Decreto Supremo N° 002-MNAM (2013), define como un suelo cuya química ha sido alterada significativamente por la presencia de desechos químicos depositados por las actividades humanas en aquellos lugares, dependiendo del actual uso o previsto del área y sus alrededores, lo que representa un riesgo para la vida humana o el medio ambiente.

2.3.7. SUELO

Decreto Supremo N° 002-MNAM (2013), define como sustancia no sólida formada por partículas no sólidas, materia orgánica, agua, aire y materia viva, desde la superficie de la tierra hasta diferentes niveles de profundidad.

2.3.8. SUELO AGRÍCOLA

Terreno preparado para el cultivo de cultivos, alimentos y pastos. La tierra también es apta para el cultivo y la cría de ganado. Esto incluye las llamadas tierras agrícolas, que brindan refugio a los animales

residentes y migratorios, así como a la flora y fauna locales, así como a las áreas protegidas. (Decreto Supremo N° 002-MNAM, 2013)

2.3.9. CONTAMINANTE

Sub sustancia o agente presente en el suelo como resultado de la actividad humana (ISO, 2013)

2.3.10. SALUD DEL SUELO

Se define como la capacidad del suelo que funciona como sistema viviente determinante al interior de un ecosistema, que sustenta la productividad biológica, capaz de promover la calidad del aire y el agua, así como de sostener la salud de las plantas, los animales y los seres humanos. (Doran, et al., 2002)

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) tiene efecto en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Al plantearse objetivos específicos de nivel descriptivo no tienen hipótesis específicas.

2.5. SISTEMA DE VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Calidad del suelo agrícola.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Incorporación del Biochar.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Título: “EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DEL BIOCHAR DE ORIGEN ORGÁNICO (CASCARILLA DE ARROZ) EN LA CALIDAD DEL SUELO AGRÍCOLA CONTAMINADO, COLPA BAJA, HUÁNUCO, 2022”.

Variables	Dimensión	Indicador	Valor final	Escala de medición
Variable independiente				
Incorporación de biochar	Dosis del residuo orgánico agrícola	20% 25%	% %	Numérica continua
	Análisis mecánico	Arena Arcilla Limo	% % %	Numérica continua
	Tiempo de contacto	Meses	Meses	Numérica discreta
Variables dependientes				
Suelo agrícola contaminado	Valores cambiables	Calcio Magnesio Sodio	% % (mg/L)	Numérica continua
	Propiedades químicas	Conductividad eléctrica pH Materia orgánica Nitrógeno Fosforo Potasio	dS/cm Unidad % % Ppm Ppm	Numérica continua

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se estudió la investigación bajo criterios: según la planificación de las mediciones de la variable de estudio es prospectivo dado que se manipuló las mediciones de las variables proporcionando datos primarios a la investigadora, asimismo según el número de mediciones de las variables es longitudinal puesto a la cantidad de indicadores que se midió en el estudio, así también es analítico ya que posee dos variables independiente y dependiente siendo de nivel descriptivo. (Supo, 2014)

3.2. ENFOQUE

El estudio tuvo un enfoque cuantitativo debido a que se usó de la estadística para realizar mediciones numéricas (Supo, 2014).

3.3. DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño de la investigación fue de criterio analítico, con intervención pre experimental, prospectivo y longitudinal, controlando el comportamiento de los indicadores en las variables y las consecuencias que estas efectuarán. (Supo, 2014)

La investigación se realizó mediante tratamientos, siendo en total de 6 muestras de suelo agrícola contaminado, que fueron puestos en baldes. La siguiente imagen representa el diseño que fue empleado para el estudio.

El diseño de investigación para la incorporación del biochar en el suelo contaminado es un diseño factorial puesto que se realizaron en tratamientos en distintos niveles posibilitando examinar los efectos de la interacción.

Tabla 4

Diseño y distribución de muestras del Biochar

	T1 (20%)	T2 (25%)
Biochar	T1Ba	T2Ba
agrícola	T1Ba	T2Ba
(Ba)	T1Ba	T2Ba

Nota: De acuerdo al diseño propuesto, en la tabla 4 se representa una distribución en dosis y tratamientos para el biochar agrícola.

El presente cuadro describe la siguiente leyenda:

- T1Ba: muestra al 20% con biochar agrícola.
- T2Ba: muestra al 25% con biochar agrícola.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. POBLACIÓN

La población objeto de estudio estuvo compuesta por el suelo agrícola contaminado de un área de 100 m² de suelo, localizado en el centro poblado de Colpa Baja, distrito, provincia y región de Huánuco, el estudio se desarrolló en los meses de julio – diciembre del 2022.

3.4.2. MUESTRA

Para trabajar el tamaño de la muestra se ha considerado 40 kg de suelo proveniente de la agricultura en estado contaminado, la cual se distribuyó en 6 baldes en total, siendo 3 baldes para el estudio de T1Ba (20%) y 3 baldes para el estudio de T2Ba (25%).

3.5. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.5.1. TÉCNICAS

Para la técnica de la recolección de datos se usó como herramienta bibliográfica la Guía para muestreo de suelos mediante aprobación Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM.

Etapa de trabajo de campo

En esta etapa de campo se realiza la extracción del suelo mediante:

Muestreo de Identificación (MI)

Con este tipo de muestreo se investigó mediante un pre test la presencia o existencia de contaminantes a través de muestras representativas y posterior uso del biochar como enmienda.

Para la investigación la identificación de muestras se determinó en función al área de interés que es de 100 m², por lo cual el número de muestreo es de 4 puntos.

Tabla 5

Mínimo números de puntos de muestreo para el muestreo de identificación

Área de potencial interés (HA)	Puntos de muestreo en total
0.1	4
0.5	6
1	9
2	15
3	19
4	21
5	23
10	30
15	33
20	36
25	38
30	40
40	42
50	44
100	50

Nota. El número de muestreo va depender a la cantidad de hectáreas del área de estudio (MINAM, 2014).

Técnica de muestreo – para muestras superficiales

De igual forma se consideró la profundidad de los puntos donde se muestreo, de acuerdo a la Guía para muestreos de suelos deberá de ser de 0-60 cm, limpiando cuidadosamente el área a muestrear, recogiendo escombros de haberlo.

Tabla 6

Profundidad del muestreo según el uso del suelo

Usos del suelo	Profundidad del muestro (capas)
Suelo agrícola	0-30 cm (1) 30-60 cm
Suelo residencia/Parques	0-10 cm (2) 10-30 cm (3)
Suelo comercial/industrial/extractivo	0-10 cm (2)

(1) Profundidad aradura

(2) Capa de contacto o dermal de contaminantes

(3) Profundidad máxima alcanzable por niños

Nota. Consideraciones sobre las diferentes profundidades de muestreo según el uso del suelo (MINAM, 2014).

Manejo de muestras

Se siguió el procedimiento según indica la Guía para muestreo de suelo, este caso para el manejo de muestras cumpliendo con todos los protocolos establecidos en el laboratorio acreditado para el posterior análisis de las muestras. Según la guía se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Materiales a guardar y transportar muestras
- Etiquetado
- Ficha de muestreo
- Cadena custodio
- Condiciones de seguridad de las muestras

Etapa de análisis de laboratorio

En esta etapa las consideraciones a cumplir son de Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, el cual hizo el análisis de las muestras colectadas en campo.

3.5.2. INSTRUMENTOS

Asimismo, se utilizaron instrumentos para la toma de muestras en el área de estudio.

- Ficha de campo: Para la ubicación del lugar de muestreo se realizó la ficha de campo el cual se llenó antes de comenzar a realizar el muestreo.
- Fichas de custodio: Para el pre test se realizó la ficha cadena custodio fue necesario para el ingreso al laboratorio de suelo de la Universidad Nacional Agraria de la selva.
- Etiquetas para la muestra del suelo: De acuerdo a la Guía metodológica para muestreo de suelo, el etiquetado en la muestra del pre test.

3.6. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se obtuvieron datos de los resultados del laboratorio de suelos se ordenaron y procesados mediando programa estadístico SPSS.

Los datos cumplen con la hipótesis de normalidad, fue conveniente el uso de análisis de la prueba estadística de T de Student y SPSS versión 24, para los datos cuantitativos.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Tabla 7

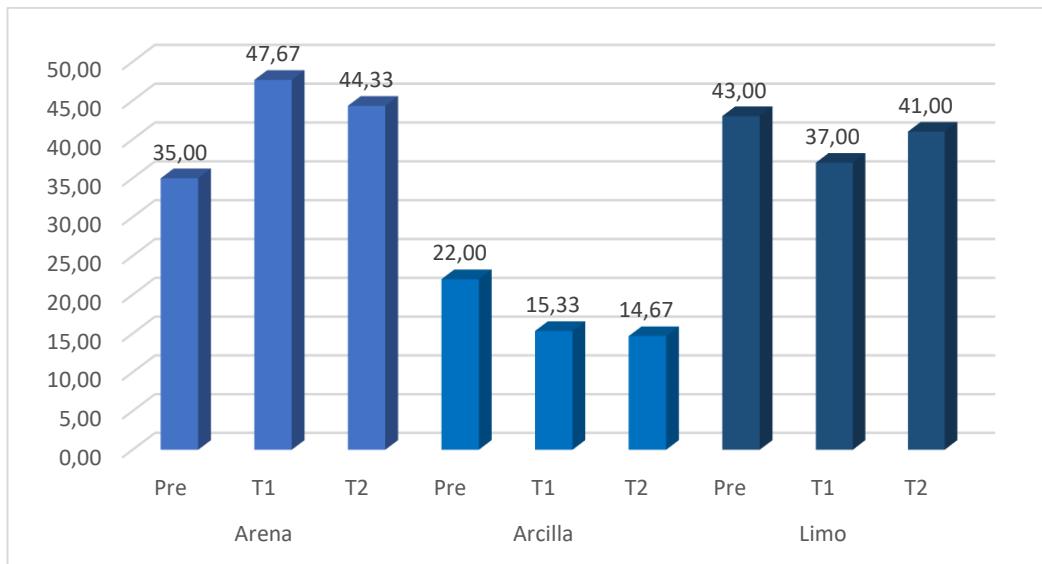
Análisis mecánico del suelo agrícola contaminado antes y después de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) (T1=dosis de 20% y T2=dosis de 25%), Colpa Baja, Huánuco, 2022

Indicador	Tratamiento	Media	Error estándar	Límite inferior	Límite superior
Arena	Pre	35.00	0.00	35.00	35.00
	T1	47.67	1.76	40.08	55.26
	T2	44.33	2.91	31.83	56.84
Arcilla	Pre	22.00	0.00	22.00	22.00
	T1	15.33	0.67	12.46	18.20
	T2	14.67	0.67	11.80	17.54
Limo	Pre	43.00	0.00	43.00	43.00
	T1	37.00	1.15	32.03	41.97
	T2	41.00	2.31	31.06	50.94

Nota: Se aprecia en la tabla 7, que el T1 ocasionó una mayor modificación en cuanto a la arena y la arcilla, por otro lado, T2 provocó una mayor modificación en cuanto al valor del limo.

Figura 5

Análisis mecánico del suelo agrícola contaminado antes y después de la incorporación de biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) (T1=dosis de 20% y T2=dosis de 25%), Colpa Baja, Huánuco, 2022.



Nota: De acuerdo a la figura 5, la figura de barras muestra el análisis mecánico del suelo agrícola con el pre test y los tratamientos de T1 (20%) y T2 (25%).

Tabla 8

Propiedades químicas del suelo agrícola contaminado antes y después de la incorporación de biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) (T1=dosis de 20% y T2=dosis de 25%), Colpa Baja, Huánuco, 2022

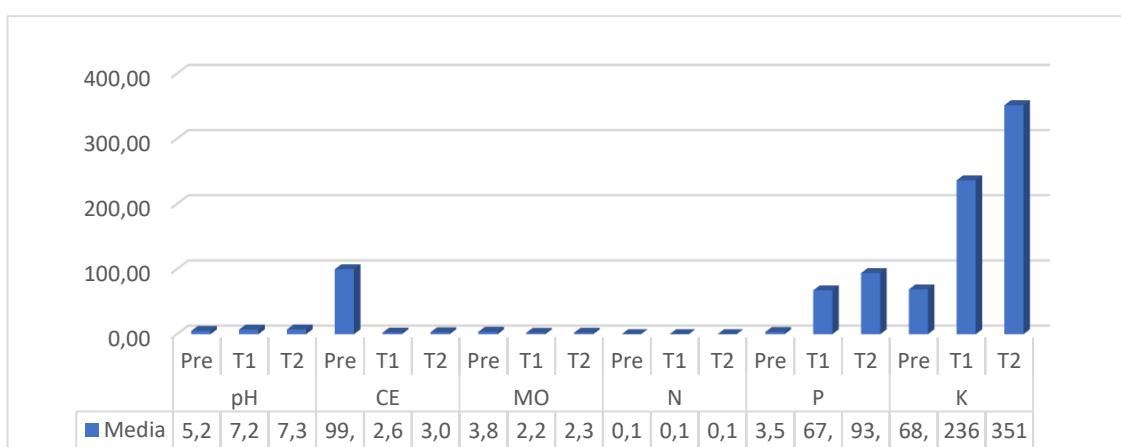
Indicador	Tratamiento	Estadístico	Error estándar	Límite inferior	Límite superior
pH	Pre	5.20	0.00	5.20	5.20
	T1	7.25	0.03	7.13	7.37
	T2	7.38	0.01	7.33	7.43
CE	Pre	99.74	0.00	99.74	99.74
	T1	2.61	0.25	1.52	3.69
	T2	3.08	0.02	2.99	3.17
MO	Pre	3.81	0.00	3.81	3.81
	T1	2.20	0.02	2.13	2.27
	T2	2.32	0.02	2.24	2.41
N	Pre	0.19	0.00	0.19	0.19
	T1	0.11	0.00	0.11	0.11
	T2	0.12	0.00	0.10	0.13
P	Pre	3.50	0.00	3.50	3.50
	T1	67.34	1.34	61.58	73.11
	T2	93.78	0.40	92.07	95.49

K	Pre	68.82	0.00	68.82	68.82
	T1	236.13	4.72	215.81	256.45
	T2	351.44	1.72	344.03	358.85

Nota: La tabla 8, muestra los datos descriptivos del tratamiento del suelo con biochar (T1 y T2), en todos los casos se aprecia que con el T2 hubo una mayor modificación en los valores de cada uno de los indicadores de las propiedades químicas.

Figura 6

Propiedades químicas del suelo agrícola contaminado antes y después de la incorporación de biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) (T1=dosis de 20% y T2=dosis de 25%), Colpa Baja, Huánuco, 2022



Nota: La figura 6, muestra el análisis de las propiedades químicas del suelo agrícola contaminado en barras, del antes y después de la incorporación de biochar.

Tabla 9

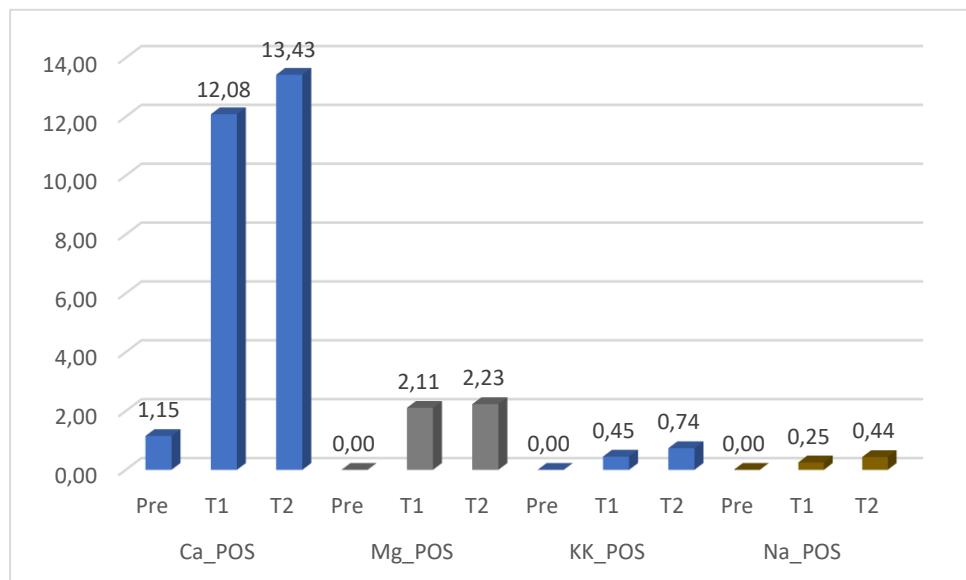
Descripción de los valores cambiables del suelo agrícola contaminado antes y después de la incorporación de biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) (T1=dosis de 20% y T2=dosis de 25%), Colpa Baja, Huánuco, 2022

Indicador	Tratamiento	Media	Error estándar	Límite inferior	Límite superior
Ca	Pre	1.15	0.00	1.15	1.15
	T1	12.08	0.13	11.54	12.63
	T2	13.43	0.26	12.29	14.56
Mg	Pre	0,16	0.00	0,16	0,16
	T1	2.11	0.01	2.05	2.16
	T2	2.23	0.01	2.17	2.30
Na	Pre	0,08	0.00	0,08	0,08
	T1	0.25	0.01	0.23	0.28
	T2	0.44	0.02	0.36	0.51

Nota: La tabla 9 muestra los datos descriptivos del tratamiento del suelo con biochar (T1 y T2), en todos los casos se aprecia que con el T2 hubo una mayor modificación en los valores de cada uno de los indicadores de los cambiables.

Figura 7

Descripción de los valores cambiables del suelo agrícola contaminado antes y después de la incorporación de biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) (T1=dosis de 20% y T2=dosis de 25%), Colpa Baja, Huánuco, 2022



Nota: En la figura 7, muestra en barras el análisis de los cambiales del suelo agrícola contaminado con pre test y post test con incorporación de biochar de T1 (20%) y T2 (25%)

Tabla 10*Prueba de normalidad de los datos*

Tratamiento		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Arena	1,00	0.964	3	0.637
	2,00	0.987	3	0.780
Arcilla	1,00	0.750	3	0.050
	2,00	0.750	3	0.050
Limo	1,00	1.000	3	1.000
	2,00	1.000	3	1.000
pH	1,00	1.000	3	1.000
	2,00	1.000	3	1.000
CE	1,00	0.966	3	0.645
	2,00	0.784	3	0.077
MO	1,00	1.000	3	1.000
	2,00	0.993	3	0.843
N	2,00	0.750	3	0.050
P	1,00	0.994	3	0.855
	2,00	0.991	3	0.815
K	1,00	0.982	3	0.742
	2,00	0.878	3	0.318
Ca	1,00	0.916	3	0.439
	2,00	0.995	3	0.867
Mg	1,00	0.923	3	0.463
	2,00	0.987	3	0.780
K	1,00	0.797	3	0.107
	2,00	0.790	3	0.090
Na	1,00	0.964	3	0.637
	2,00	0.860	3	0.268

Nota: La tabla 10, muestra las estadísticas de la prueba de normalidad, habiéndose obtenido valores superiores a 5% (0.05) en la significancia bilateral (p-valor) de cada uno de los indicadores, se procede a realizar el análisis estadístico con una prueba paramétrica, tal como la t de Student para muestras independientes.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

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

H_1 : La incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) tiene efecto en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022.

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

H_0 : La incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) no tiene efecto en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022.

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

La prueba estadística a emplearse es T de Student para muestras independientes.

Cálculo del p-valor mediante la prueba estadística.

Tabla 11*T de Student para la constatación de la hipótesis*

	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferenci a de medias	Diferenci a de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Arena	0.643	0.468	0.981	4.000	0.382	3.333	3.399	-6.105	12.771
Arcilla	0.000	1.000	0.707	4.000	0.519	0.667	0.943	-1.951	3.284
Limo	0.800	0.422	-1.549	4.000	0.196	-4.000	2.582	-11.169	3.169
pH	1.241	0.328	-4.181	4.000	0.014	-0.130	0.031	-0.216	-0.044
CE	6.251	0.067	-1.871	4.000	0.135	-0.474	0.254	-1.178	0.230
MO	0.093	0.776	-4.625	4.000	0.010	-0.123	0.027	-0.197	-0.049
N	16.000	0.016	-2.000	4.000	0.116	-0.007	0.003	-0.016	0.003
P	2.358	0.199	-	4.000	0.000	-26.433	1.398	-30.315	-22.552
K	2.216	0.211	-	4.000	0.000	-115.313	5.027	-	-
Ca	1.034	0.367	-4.597	4.000	0.010	-1.343	0.292	-2.155	-0.532
Mg	0.065	0.812	-6.718	4.000	0.003	-0.127	0.019	-0.179	-0.074
K	10.516	0.032	-9.246	4.000	0.001	-0.286	0.031	-0.372	-0.200
Na	4.575	0.099	-	4.000	0.000	-0.182	0.018	-0.231	-0.133

Nota: La tabla 9 muestra las estadísticas de la prueba de normalidad, la prueba estadística nos indica que existe diferencia en los resultados al incorporar el biochar en los indicadores del pH, MO, P, K y los cambiables Ca, Mg, K y Na. Las tablas descriptivas nos indican los valores que asumieron estos indicadores luego de la intervención.

Tabla 12

Tabla interpretativa del efecto de biochar cascarilla de arroz sobre el suelo agrícola contaminado antes y luego de las intervenciones con el biochar

Propiedad del suelo	Indicador	Estándar				Interpretación	Post test			
		Unidad de medida	Rango Recomendado	Pre test	Rango R		T1	T2	Rango	
Análisis mecánico	Arena	%	20-45	35	Franco	La clase textual del suelo, según el triángulo de texturas es franco arcilloso para el pre test.	47.67	44.33	Franco	Del post test hubo un cambio de textura del suelo pasando a Franco arcilloso arenoso.
	Arcilla	%	27-40	22	arcilloso		15.33	14.67	arcilloso	
	Limo	%	15-52	43			37	41	arenoso	
	pH	Unidad	Neutro	5.20	Ligeramente ácido	De acuerdo a la escala del pH es considerado ligeramente ácido el pre test.	7.25	7.38	Neutro	Se pudo nivelar el pH post muestreo con un pH de 7 de T1 y T2, considerado neutro.
						Los resultados del pre test considera el MO de rango medio con un valor de 3.18.				
	MO	<3.5 - >6 %	Medio	3.81	Medio		2.20	2.32	Bajo	Para las muestras del post test los valores del T1 y T2 son de 2 teniendo como rango bajo.

N	<0.1->03 %	Medio	0.19	Medio	Los resultados pre test muestran un valor medio de MO en el suelo.	0.11	0.12	Medio	En las muestras T1 y T2 el rango se mantiene en medio del suelo.
P	7-14 ppm	Optimo	3.50	Bajo	En el caso del fosforo el suelo tiene nivel bajo con un valor de 3.50 por lo afectaría cultivos.	67.34	93.78	Alto	Los resultados del T1 y T2 muestran valor alto de fosforo en el suelo, mejorando este macronutriente.
K	125-350 ppm	Optimo	68.82	Bajo	En el pre test el suelo contiene bajo nivel de potasio con un valor de 68.82.	236.13	351.44	Optimo	Con la adición de biochar el suelo cambio significativamente tanto en el T1 y T2 resultando un rango optimo.
CE	dS/cm	Normal	99.74	Muy Alto	En el pre test la CE de rango muy alto con un valor de 997.7 un suelo extremadamente salino.	2.61	3.08	Medio	Los resultados del T1 y T2 muestran un valor medio en CE del suelo, por lo que es ligeramente salino.

Nota: En la tabla 12, muestra el resumen de los indicadores analizados pre test y post test, viendo sobre el efecto biochar.

CAPÍTULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

La tesis: Efecto de la incorporación del biochar de origen orgánico (Cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022, se demostró que la aplicación de biochar al suelo agrícola mejora la calidad de los suelos, para ello se realizó adición de biochar al 20% y 25%, siendo la dosis más efectiva el del 25% de biochar, en los indicadores de pH fue de 7.38, la conductividad eléctrica fue de 3.08 dS/cm, la materia orgánica fue de 2.32 %, los parámetros respecto a los macronutrientes los valores fueron los siguientes el nitrógeno con 0.12%, fosforo con 93.78 ppm, potasio con 351,44 ppm.

En la tesis titulada: Uso del biochar de excretas porcina y avícola en la reducción de cadmio en suelo agrícola contaminado, Huaral, 2018, Perú, de Remigio (2018), demostró que el biochar a base de residuos ovino es efectivo para la remoción de cadmio de suelos contaminados con metales, los resultados obtenidos respecto al pH fueron de 6.25, conductividad eléctrica fue de 8.7, la capacidad de intercambio catiónico fue de 20.17, estos son los resultados de la aplicación del 15% de biochar, estos resultados son parecidos a la tesis realizada la única variación es que en el la investigación realizada por el tesista se trabajó en la reducción de diferentes parámetros a excepción de metales.

En la tesis titulada: Aplicación de biochar de *Mespilus germanica L.* y *Mangifera indica L.* en suelos contaminados para reducir plomo en la zona de La Huaca - Huaral, 2018, de Ríos (2018), señaló que el biochar es efectivo para la remoción de plomo del suelo, al inicio la concentración de plomo era de 391.0 mg/kg, después de la aplicación de biochar con la dosis del 10%, se logró la reducción de 358.14 ppm, Ríos señala que el biochar es efectivo para mejorar los suelos contaminados, si bien es cierto el tesista no se enfocó en medir los parámetros de metales las líneas de investigación en ambas tesis es la misma.

En la tesis Efecto de la incorporación del biochar de origen orgánico (Cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja,

Huánuco, 2022, se obtuvo resultados en el análisis mecánico del suelo antes y después de la incorporación del biochar teniendo como pre test: arena 35%, arcilla 22% y limo 43%, mientras el post tratamiento con la adición del biochar en el T1 y T2 (20% y 25%) se obtuvo resultados: en la arena 47.67 (T1) y 44.33 (T2), arcilla 15.33 (T1) y 14.67 (T2), limo 37 (T1) y 41(T2), el cual se puede observar que hubo cambios en la textura del suelo.

En la tesis Efecto de la incorporación del biochar de origen orgánico (Cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022, las características químicas del suelo antes y después del tratamiento con biochar, el pre test tuvo valores de pH de 5.20, materia orgánica (MO) de 3.81% y la conductividad eléctrica de 99.74 dS/cm, con los tratamientos en dosis del 20% y 25% se tiene los siguientes resultados de pH de 7.25 (T1), 7.38 (T2); materia orgánica (MO) de 2.20% (T1), 2.32 % (T2); conductividad eléctrica de 2.61 dS/cm (T1), 3.08 dS/cm (T2), con ellos podemos evidenciar que hubo cambios positivos en la mejora de las características químicas del suelo.

En la tesis Efecto de la incorporación del biochar de origen orgánico (Cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022, los valores cambiables del suelo antes de la incorporación del biochar con el pre test los siguientes resultados: el nitrógeno con una concentración de 0.19%, el fosforo con una concentración de 3.50 ppm, el potasio con 68.82%, después de la aplicación del biochar en diferentes dosis (20% y 25%), respecto al nitrógeno con una concentración de 0.11% (T1), 0.12% (T2), el fósforo con una concentración de 67.34 ppm (T1), 93.78 ppm (T2); el potasio con una concentración de 236.1 ppm (T1), 351.44 ppm (T2), se entiende que en el suelo tuvo cambios en la concentración de macronutrientes.

CONCLUSIONES

Se demostró que la incorporación de biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) al suelo agrícola contaminado tuvo efecto positivo en su aplicación mejorando la calidad del suelo ya que hubo variación respecto a los análisis mecánico, características químicas y valores cambiables, después de aplicar el tratamiento con dosis de 20% y 25% con biochar, por lo que se concluye que se evidencio que el tratamiento con una dosis de 25% de biochar fue el más optimo.

Se describió el análisis mecánico del suelo antes y después de la incorporación del biochar teniendo como resultado del pre test: arena 35%, arcilla 22% y limo 43% considerando una textura franco arcilloso, mientras el post tratamiento con la adición del biochar en el T1 y T2 (20% y 25%) se obtuvo resultados: en la arena 47.67 (T1) y 44.33 (T2), arcilla 15.33 (T1) y 14.67 (T2), limo 37 (T1) y 41(T2) considerando la textura del suelo franco arcilloso arenoso, por el análisis mecánico es óptimo para el mejoramiento de la calidad del suelo.

Se describió las características químicas del suelo antes y después del tratamiento con biochar, siendo antes resultados pre test con valores de pH de 5.20, materia orgánica (MO) de 3.81% y la conductividad eléctrica de 99.74 dS/cm, dando cambios efectivos para el suelo con un tratamiento en dosis del 20% y 25% siendo los mejores resultados en dosis al T2-25%, con resultados de pH de 7.38, materia orgánica (MO) de 2.32% y la conductividad eléctrica de 3.08 dS/cm, por lo que el suelo tiene capacidad de mejora, concluyendo que biochar mejora y/o estabiliza las características químicas del suelo.

Se describió los valores cambiables del suelo antes de la incorporación del biochar obteniendo los siguientes resultados: el nitrógeno con una concentración de 0.19%, el fosforo con una concentración de 3.50 ppm, el potasio con 68.82 ppm, después de la aplicación del biochar en diferentes dosis (20% y 25%) se notó una variación en estos parámetros siendo la dosis de T2-25%, respecto al nitrógeno con una concentración de 0.12% el fosforo con una concentración de 93.78 ppm, el potasio con una concentración de

351.44 ppm, por lo que el biochar ha estabilizado y mejorado los macronutrientes de suelo, mejorando así también su calidad.

RECOMENDACIONES

Se recomienda seguir investigando el efecto de la incorporación del biochar en suelos contaminados, en otras investigaciones, enfocarse en el uso de biochar para mejorar la calidad de los suelos, usando diferentes dosis de biochar o diferentes insumos de orgánico e inorgánico para la elaboración del biochar y así poder conocer en que dosis y origen es más eficiente su uso.

Se recomienda considerar el análisis mecánico del suelo en futuras investigaciones para considerar los cambios de laboreo de esta misma, poder evidenciar mejoras con la incorporación de biochar en la calidad del suelo.

Se recomienda realizar análisis de características químicas del suelo ya que estas características son importantes para la evaluación del suelo antes y después, para así poder conocer los efectos de estabilización del biochar, poder usar una dosis adecuada en recuperación de suelos.

Los valores cambiables o macronutrientes del suelo son necesarios en mayores cantidades en el suelo ya que estos son fundamentales para el crecimiento de las plantas, con la adición del biochar se vio cambios significativos positivos en el en la calidad del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabrera, F. (2005). *Estabilización de suelos contaminados: el caso de Aznalcollar*. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología. España, p. 220.http://digital.csic.es/bitstream/10261/89416/3/Estabilizaci%C3%B3n_de_suelos_contaminados.pdf
- Cañizares R. (2000). *Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa*. Revista Láctimoamericana de Microbiología, 42: 131-143. <https://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2000/mi003f.pdf>
- Carta Europea de Suelos (1972). http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadervalue1=filename%3Dmgr_cit_13710_Carta+Suelos+Consejo+de+Europa.pdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1352901089060&ssbinary=true
- Cueto, M. (2016). *Potencial de producción de biochar en España a partir de residuos de la industria papelera, de lodos de E.D.A.R., de residuos sólidos urbanos y residuos ganaderos: estudio de la fijación de carbono* (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. España. <http://oa.upm.es/39453/>
- De la Cruz, L. (2018). *Eficiencia del biochar a partir de residuos de poda para inmovilizar plomo en el suelo a nivel laboratorio UCV, 2018* (tesis pregrado). Universidad de Cesar Vallejo, Lima, Perú. <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/20520>
- Del Amo, E. (2018). *Producción de biochar a partir de material bioestabilizado*. (tesis de pregrado). Universidad de Valladolid, España. <https://core.ac.uk/download/pdf/160740287.pdf>
- Diaz, W. (2016). *Estrategia de gestión integrada de suelos contaminados en el Perú*. Revista del Instituto de Investigación, FIGMMG-UNMSM, pp. 104-105. http://tramite.ingemmet.gob.pe/BusquedaGeodoc/images/biblioteca/RFI_GMMG-38-103.pdf

- Doran, J.W.; Stamatiadis, S. & Haberern, J. (2002). *Soli health as an indicator of sustainable management*. Publications from USDA-ARS / UNL Faculty
- Escalante, A., Pérez, G., Hidalgo, C., López, J., Campos, J., Valtierra, E., Etchvers, J. (2016). *Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo*, Terra Latinoam vol.34 no.3. México. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000300367#B68
- Fernández, J. (2007). *Energía de la biomasa*. España. <http://media1.webgarden.es/files/media1:4bef685c2de5.pdf.upl/E.Biomassa.pdf>
- Gilces, MA. (2014). *Efectos de la aplicación de biochar y cenizas en las propiedades del suelo* (Tesis de Master). Universidad de Valladolid. España. 120. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/6632>
- Guerra, P. (2015). *Producción y caracterización de Biochar a partir de la biomasa residual de sistemas agroforestales y de agricultura convencional en la Amazonía Peruana* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1895>
- Guillermo, S.M., y Fernando, M. [en línea]. *Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energética*. España: Ediciones Mundiprensa, 2015. https://books.google.com.pe/books?id=JBINBQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Enmiendas+org%C3%A1nicas+de+nueva+generaci%C3%B3n:+biochar+y+otras+biomol%C3%A9culas+III.8&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiU47yt_aHiAhWsuFkKHZ35BXsQ6AEIKDAA#v=onepage&q=Enmiendas%20org%C3%A1nicas%20de%20nueva%20generaci%C3%B3n%3A%20biochar%20y%20otras%20biomol%C3%A9culas%20III.8&f=false
- Iglesias, S. (2018). *Aplicación de biochar a partir de biomasa residual de Eucalipto para evaluar la productividad con maíz en el Austro Ecuatoriano* (tesis doctorada). Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3394>
- INTAGRI. 2017. Propiedades Físicas del Suelo y el Crecimiento de las Plantas. Serie Suelos. Núm. 29. Artículos Técnicos de INTAGRI.

- México. 5 p. <https://www.intagri.com/articulos/suelos/propiedades-fisicas-del-suelo-y-el-crecimiento-de-las-plantas?p=registro>
- International Biochar Initiative (2018). <https://biochar-international.org/biochar/>
- ISO (2013). *ISO 11074:2015 – Soil quality – Vocabulary*
- Jaramillo Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/70085>
- Jiménez, R. (2017). *Introducción a la contaminación de suelos*, Madrid, España: Editorial Mundi-Prensa.
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=iZg6DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=introduccion+de+contaminacion+del+suelo&ots=i4NxVp4A2r&sig=s2iADS-uSWq32rbeei77gucgwxA#v=onepage&q&f=false>
- McLaughlin, H; Anderson, P.; Shields, F. and Reed, TB. (2009). *All Biochars are not Created Equal and How to Tell them Apart*, in: 2. Presented at the North America Biochar Conference, Boulder, Colorado.
https://cdn.shopify.com/s/files/1/0246/9533/files/All_Biochars_are_Not_Created_Equal_and_How_to_Tell_Them_Apart.pdf
- Ministerio del Ambiente (2013). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo*. [D.S. N° 002-2013-MINAM], Lima, Perú.
http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_002-2013-minam-fe-erratas.pdf
- Ministerio del Ambiente (2014). *Guía para el muestreo de suelos*. [R.M. N° 085-2014-MINAM], Lima, Perú.
<https://www.minam.gob.pe/disposiciones/resolucion-ministerial-n-085-2014-minam/>
- Olmo, M. (2016). *Efectos del biochar sobre el suelo, las características de la raíz y la producción vegetal* (tesis doctoral). Universidad de Córdoba, España. <https://helvia.uco.es/handle/10396/13381>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2018). <http://www.fao.org/news/story/es/item/1127218/icode/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (s.f.). *Propiedades físicas de los suelos*. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>

- Ortiz, I., Sanz, J., Dorado, M. y Villar, S. (2007). *Técnicas de recuperación de suelos contaminados*. España, p. 26.
https://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/vt6_tecnicas_recuperacion_suelos_contaminados.pdf
- Paco, D. (2012). *Evaluación de efectos de varios tipos de biochar en suelo y planta* (tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de Barcelona, España, p. 23.
https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2012/hdl_2072_202695/PFC_DanielPacoAbenza.pdf
- Pozas, J. (2012). Proyecto básico de una planta de biomasa de Eucalipto Globulus en España (tesis de fin de carrera). Universidad Carlos III de Madrid. España. https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16410/PFC_Juan_Antonio_Pozas_Oritz.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ramírez, I. (2018). *Eficiencia del biochar obtenido a partir de residuos orgánicos municipales para la remoción de materia orgánica en aguas residuales, Chachapoyas, Amazonas, 2018.* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas Perú. <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1509>
- Remigio, S. (2018). *Uso del biochar de excretas porcina y avícola en la reducción de cadmio en suelo agrícola contaminado, Huaral, 2018* (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Huaral, Perú. <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/21230>
- Ríos, C. (2018). *Aplicación de biochar de *Mespilus germanica L.* y *Mangifera indica L.* en suelos contaminados para reducir plomo en la zona de La Huaca - Huaral, 2018* (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Huaral. Perú. <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/18276>
- Rodríguez, N., Mc Laughlin, M., Pennock, D. (2019). *La contaminación de suelo: una realidad oculta*. Roma, FAO.: <https://books.google.com.pe/books?id=EjumDwAAQBAJ&printsec=front cover&dq=contaminaci%C3%B3n+del+suelo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjP1eGfk8DkAhWkzVkJHSIjAN4Q6AEINTAC#v=onepage&q&f=false>

- Rosas, J. (2015). *Producción de biochar a partir de viñas agotadas mediante pirolisis en reactor a escala piloto y en reactor móvil energéticamente sostenible* (tesis master). Universidad de León, España. Recuperado de: <http://buleria.unileon.es/xmlui/handle/10612/4246>
- Shenbagavalli, S., Mahimairaja, S. (2012). *Production and characterization of biochar from different biological wastes*. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences 2: 197–201. https://www.researchgate.net/publication/264890070_Production_and_characterization_of_biochar_from_different_biological_wastes
- Silva, S. y Correa, F. (2009). *Análisis de la contaminación de suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica*. Colombia, p 20. <http://www.scielo.org.co/pdf/seec/v12n23/v12n23a2.pdf>
- Sohi, S. Loez-Capel, E., Krull, E., Bol, R. (2009). *Biochar's roles in soil and climate change: A review of research needs*. CSIRO Land and Water Science Report 05/09, 64pp. https://www.researchgate.net/publication/228656328_Biochar_Climate_Change_and_Soil_A_Review_to_Guide_Future_Research
- Supo, J. (2014). Seminarios de Investigación Científica. 2º Edición, Editorial Bioestadístico. Arequipa, Perú.
- Suthersan, S. S. (1997). *Remediation Engineering: Design Concepts*. Lewis Publishers. Boca Raton, FL.
- Universidad Estatal de Pensilvania (2017). *Introducción a los suelos: La calidad de los suelos*. <https://extension.psu.edu/introduccion-a-los-suelos-la-calidad-de-los-suelos>
- Urien, A. (2013). *Obtención de biocarbonos y biocombustibles mediante pirólisis de biomasa residual* (tesis master). Universidad Nacional de Educación a Distancia, España. <https://www.google.com/search?q=Universidad+Nacional+de+Educaci%C3%B3n+a+Distancia&oq=Universidad+Nacional+de+Educaci%C3%B3n+a+Distancia&aqs=chrome..69i57j0l5.436j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

- Vangronsveld J, Cunningham S. (1998). *Metal-contaminated soils: In situ inactivation and phytoremediation*. New York.
- Varón, J. (2005). Diseño, construcción y puesta a punto de un prototipo de quemador para la combustión continua y eficiente de la cascarilla de arroz. El Hombre y la Máquina [en línea] 2005, (julio-diciembre): [Fecha de consulta: 21 de junio de 2019] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47802513>> ISSN 0121-0777
- Volke, T., Velasco, J. Antonio. (2002). *Tecnologías de remediación para suelos contaminados*, México DF, México. https://books.google.com.pe/books?id=mj9rVEScHCcC&printsec=frontcover&dq=remediacion+del+suelo+por+agroquimicos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwicIMSn_szkAhVqvlkKHaukB8IQ6AEIJzAA#v=onepage&q&f=false
- Vullo, D. (2013). *Microrganismo y metales pesados: una interacción al beneficio del medio ambiente*. https://www.researchgate.net/publication/26616515_Microorganismos_y_metales_pesados_una_interaccion_en_beneficio_del_medio_ambiente
- Wenzel WW, Adriano DC, Salt D, Smith R (1999). *Phytoremediation: a plant-microbe-based remediation system*. En: "Bioremediation of contaminated soils". Agronomy Monograph No. 37. Cap. 18,457-508. American Society of Agronomy. SSSA, Madison.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

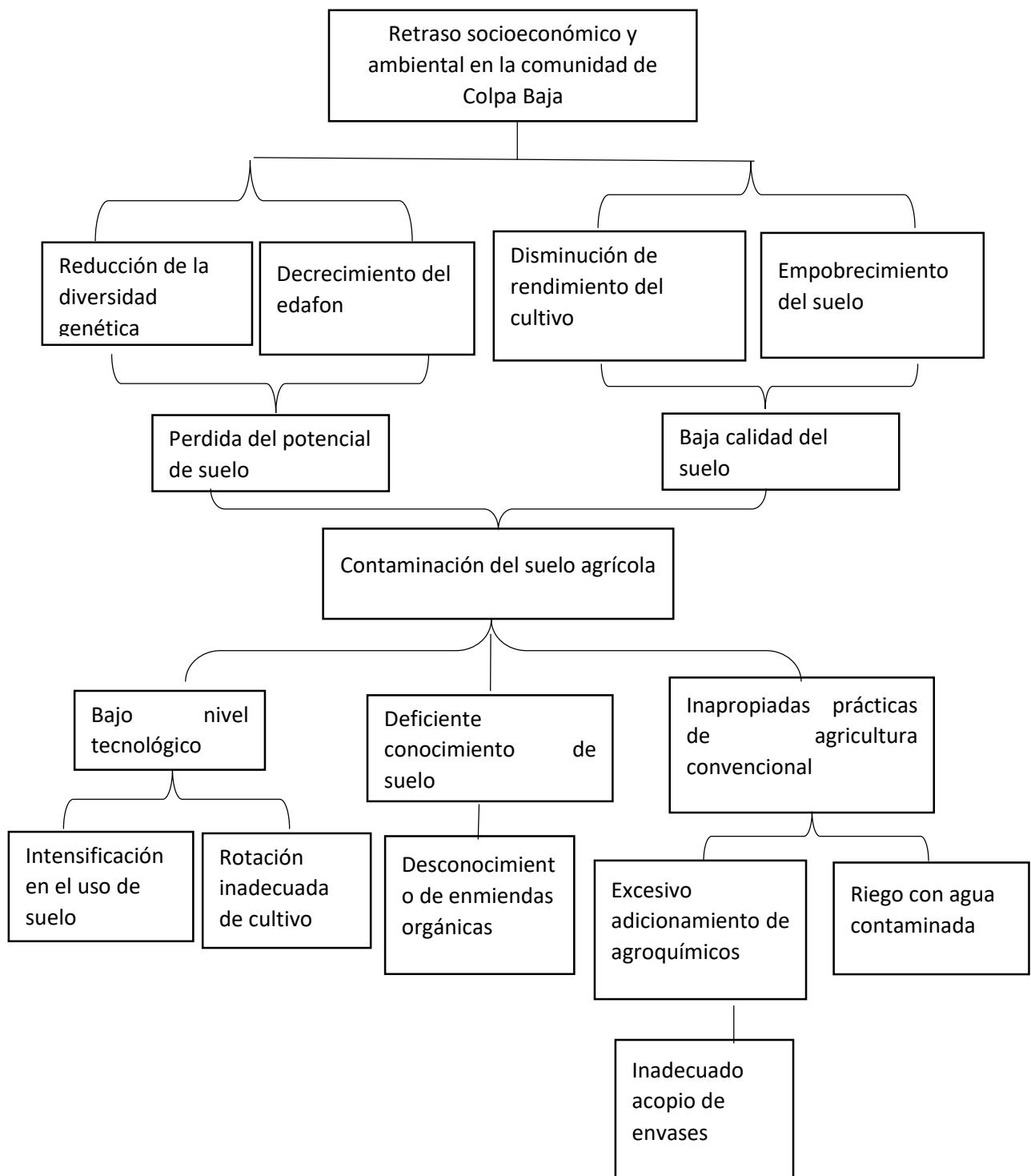
Fasabi Cantaro, I. (2022). *Efecto de la incorporación de biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminando, Colpa Baja, Huánuco, 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

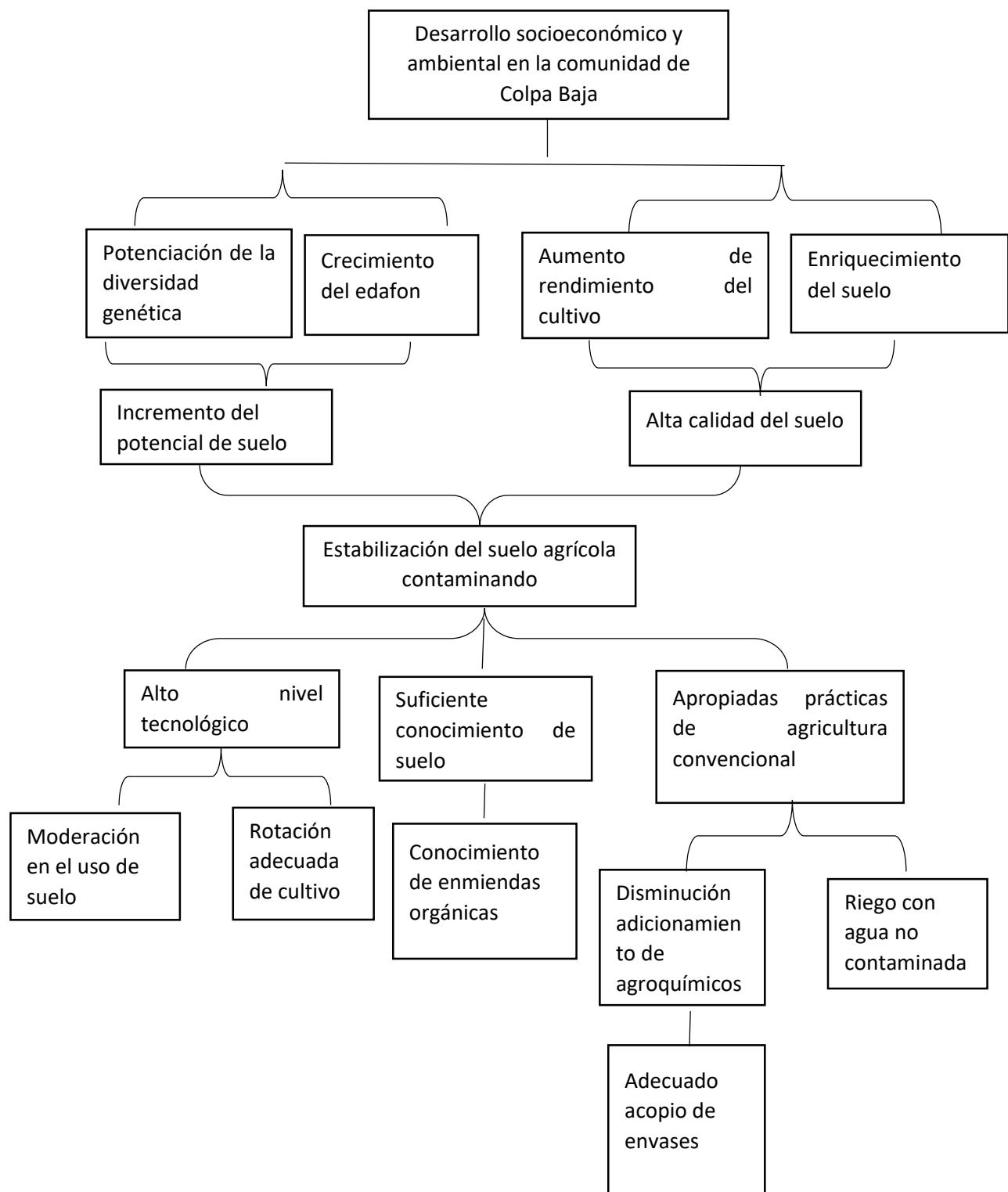
Anexo 1. Matriz de consistencia

Problema principal	Objetivo general	Hipótesis general	Variable independiente	Metodología
¿Cuál es el efecto de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022?	Demostrar el efecto de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022.	La incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) tiene efecto en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022.	Incorporación del biochar	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable dependiente	
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el análisis mecánico del suelo antes y después de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022? • ¿Cuáles son las características químicas del suelo antes y después de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022? • ¿Cuáles son los valores cambiables del suelo antes y después de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022? 	<ul style="list-style-type: none"> • Describir el análisis mecánico del suelo antes y después de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022. • Describir las características químicas del suelo antes y después de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022. • Describir los valores cambiables del suelo antes y después de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022. 		Calidad del suelo agrícola.	Prospectivo, longitudinal, analítico y con intervención experimental

Anexo 2. Árbol de causas y efectos



Anexo 3. Árbol de medios y fines



Anexo 4. Ficha para muestreo de suelo

SOLICITANTE:		ANALISIS DE SUELOS																					
Nº	DATOS		ANALISIS MECANICO			pH	CE	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg					ClCe	%	%	%		
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura	1:1	uS/cm	%	%	disponible ppm		ppm	Ca	Mg	K	Na		Al	H	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al
1	S1227	cultivo: Kuyacsa (Mirabilis expanda)	35	22	43	Franco	5.20	99.74	3.81	0.19	3.50	68.62	---	1.15	0.16	0.10	0.083	2.78	1.16	5.45	28	72	51

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
 RECIBO No. 001-0655440
 TINGO MARIA, 09 DE AGOSTO 2022


 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Tingo Maria

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





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: FASABI CANTARO INX YANDERI

Nº	DATOS		ANALISIS MECANICO			pH	CE	M.O.	N	P K		CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg					ClCe	%	%	%	
			Arena	Arcilla	Limo	Textura	1:1	dS/cm	%	%	disponible		Ca	Mg	K	Na	Al	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al		
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	%	%	%					ppm	ppm											
1	S1725	T1 20%	45	16	39	Franco	7.25	2.130	2.17	0.11	65.13	237.40	15.12	12.33	2.10	0.445	0.251	--	--	100	0	0
2	S1726	T1 20%	51	14	35	Franco	7.20	2.700	2.20	0.11	69.76	243.62	14.85	12.01	2.13	0.467	0.244	--	--	100	0	0
3	S1727	T1 20%	47	16	37	Franco	7.30	2.990	2.23	0.11	67.14	227.39	14.71	11.91	2.09	0.444	0.265	--	--	100	0	0
4	S1728	T2 25%	49	14	37	Franco	7.38	3.061	2.29	0.11	94.50	349.25	16.86	13.39	2.23	0.769	0.468	--	--	100	0	0
5	S1729	T2 25%	39	16	45	Franco	7.40	3.058	2.32	0.12	93.13	350.24	17.29	13.90	2.21	0.764	0.415	--	--	100	0	0
6	S1730	T2 25%	45	14	41	Franco	7.36	3.124	2.36	0.12	93.70	354.84	16.33	12.99	2.26	0.657	0.423	--	--	100	0	0

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

RECIBO 001 Nº 0661974

TINGO MARÍA, 04 DE NOVIEMBRE 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María



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

Anexo 5. Cadena de custodia



CADENA CUSTODIO

Solicitante:	Inx Yondari Fasabi Cántaro	Proyecto: EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DEL BIOCHAR DE ORIGEN ÓRGÁNICO (CASCARILLA DE ARROZ) EN LA CALIDAD DE SUELO AGRÍCOLA CONTAMINADO, COLPA BAJA, HUÁNUCO, 2022.		
Dirección:	Colpa Baja	Distrito	Huánuco	Provincia: Huánuco
Contacto:		número de oficio:	-	Departamento Huánuco
E-mail:	inxfasabi20@gmail.com	Responsable del muestreo:	Inx Yondari Fasabi Cántaro	
Tel y Fax:	976584494	Fecha:	03/08/2022	

	NOMBRE	INSTITUTO	FIRMA	FECHA	HORA	Muestra recibida indicada	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	Comentarios
Entregado por:	InxFasoloi Cántaro	Universidad de Huánuco	<i>[Signature]</i>	03/08/22		Tipo de recipiente indicado	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	
Recibido por:						Muestra dentro del periodo anual	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	
						Conservación de muestra	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	

Anexo 6. Resolución de la aprobación del proyecto de tesis

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 478-2022-D-FI-UDH

Huánuco, 07 de marzo de 2022

Visto, el Oficio N° 173-2022-C-PAIA-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Ambiental, remite los dictámenes de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DEL BIOCHAR DE ORIGEN ORGÁNICO (CASCARILLA DE ARROZ) EN LA CALIDAD DEL SUELO AGRÍCOLA CONTAMINADO, COLPA BAJA, HUÁNUCO, 2022", presentado por el (la) Bach. Inx Yanderi FASABI CANTARO.

CONSIDERANDO:

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

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

Que, mediante Resolución N° 539-2019-D-FI-UDH, de fecha 04 de junio de 2019, perteneciente a la Bach. Inx Yanderi FASABI CANTARO se le designó como ASESOR(A) de Tesis al Mg. Hector Raul Zacarias Ventura, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 173-2022-C-PAIA-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DEL BIOCHAR DE ORIGEN ORGÁNICO (CASCARILLA DE ARROZ) EN LA CALIDAD DEL SUELO AGRÍCOLA CONTAMINADO, COLPA BAJA, HUÁNUCO, 2022" presentado por el (la) Bach. Inx Yanderi FASABI CANTARO, integrado por los siguientes docentes: Mg. Simeón Edmundo Calixto Vargas (Presidente), Mg. Frank Erick Camara Llanos (Secretario) y Mg. Cristian Joel Salas Vizcarra (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación de (Tesis), y;

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

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DEL BIOCHAR DE ORIGEN ORGÁNICO (CASCARILLA DE ARROZ) EN LA CALIDAD DEL SUELO AGRÍCOLA CONTAMINADO, COLPA BAJA, HUÁNUCO, 2022" presentado por el (la) Bach. Inx Yanderi FASABI CANTARO para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental del Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Huánuco.

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

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

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

Anexo 7. Resolución de la designación del asesor

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 537-2019-D-FI-UDH

Huánuco, 04 de junio de 2019

Visto, el Oficio N° 384-2019-C-EAPIA-FI-UDH presentado por el Coordinador de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental y el Expediente N° 1330-19, del estudiante **Inx Yanderí, FASABI CANTARO**, quién solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación.

CONSIDERANDO:

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

Que, según el Expediente N° 1330-19, presentado por el (la) estudiante **Inx Yanderí, FASABI CANTARO**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, el mismo que propone al Mg. Héctor Raúl Zacarías Ventura, como Asesor de Tesis, y;

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

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

SE RESUELVE:

Artículo Único.- DESIGNAR, como Asesor de Tesis del estudiante **Inx Yanderí, FASABI CANTARO**, al Mg. Héctor Raúl Zacarías Ventura, Docente de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería.

Regístrese, comuníquese, archívese



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CONSEJO DE FACULTAD
Ing. JOHNNY R. JACHA ROJAS
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DECANO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA (E) DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – EAPIA– Asesor – Mat. y Reg Acad. – File Personal – Interesado – Archivo.
BCR/JPJR/nro.

Anexo 8. Panel de fotos

Muestreo de suelo en campo – Colpa Baja

Figura 8

Vista fotográfica toma de muestra en campo, centro poblado de Colpa Baja



Nota: En la figura 8, muestra la toma de muestras para el pre test, ubicado en el centro poblado Colpa Baja.

Figura 9

Vista fotográfica del pre test



Nota: En la figura 9, muestra la toma de muestras para el pre test, ubicado en el centro poblado Colpa Baja.

Figura 10

Vista fotográfica con jurado revisor en la toma de muestra pre test



Nota: En la figura 10, mi jurado revisor acompañando en el muestreo de campo, para la muestra de pre test.

Elaboración del biochar

Figura 11

Vista fotográfica del interior del horno



Nota: En la figura 11, muestra el interior del horno donde se elaboró el biochar de cascarilla de arroz.

Figura 12

Vista fotográfica del horno pirrónico encendido



Nota: En la figura 12, el encendido del horno pirrónico donde se carbonizará el biochar de cascarilla de arroz.

Figura 13

Vista fotográfica de la cascarilla de arroz en el horno encendido



Nota: En la figura 13, la cascarilla de arroz está en proceso de carbonización dentro del horno, cuyo proceso tarda 12 horas en este caso con el residuo utilizado.

Figura 14

Vista fotográfica carbonización y cerrado del horno



Nota: en la figura 14, el horno debe estar cerrado y constante vigilancia para que el residuo no se convierta en cenizas.

Figura 15

Vista fotográfica del biochar



Nota: En la figura 15, el resultado final del proceso de carbonización, biochar de cascarilla de arroz.

Figura 16

Vista fotográfica de homogenización del biochar con el suelo



Nota: En la figura 16, muestran la homogenización del biochar con el suelo ya con las dosis aplicadas en el 20% y 25%.

Figura 17

Vista fotográfica de la dosificación del biochar en las muestras de suelo – post test



Nota: En la figura 17, muestra la dosificación de 20% y 25% respectivamente en 3 muestras cada uno.

Muestreo de los suelos contaminados

Figura 18

Vista fotográfica toma de muestras del suelo



Nota: En la figura 18, muestran la toma de muestras del post test para la evaluación del efecto del biochar.

Figura 19

Vista fotográfica del rotulado de muestras



Figura 20

Vista fotográfico del guardado de muestras



Nota: En la figura 20, el guardado de las muestras es importante para evitar la exposición de posibles daño o alteraciones en las muestras.