

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



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

TESIS

“Eficacia de la adsorción con distintas dosis de biocarbón de gallinaza para restaurar el suelo contaminado con metales pesados del centro poblado de Chicrin, Pasco – 2023”

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

AUTORA: Cabello Ponce, Sherly Mabel

ASESOR: Vásquez Baca, Yasser

HUÁNUCO – PERÚ

2023



U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación Ambiental**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)****CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:****Área:** Ingeniería, Tecnología**Sub área:** Ingeniería Ambiental**Disciplina:** Ingeniería Ambiental y Geológica**DATOS DEL PROGRAMA:**

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

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 76012751

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 42108318

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

Código ORCID: 0000-0002-7136-697X

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Zacarías Ventura, Héctor Raúl	Doctor en ciencias de la educación	22515329	0000-0002-7210-5675
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	Bonifacio Munguía, Jonathan Oscar	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	46378040	0000-0002-3013-8532

D

H



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 17:00 horas del día 23 del mes de octubre 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:

- Dr. Héctor Raúl Zacarias Ventura (Presidente)
- Mg. Frank Erick Cámara Llanos (Secretario)
- Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguía (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 2391-2023-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"EFICACIA DE LA ADSORCIÓN CON DISTINTAS DOSIS DE BIOCARBÓN DE GALLINAZA PARA RESTAURAR EL SUELO CONTAMINADO CON METALES PESADOS DEL CENTRO POBLADO DE CHICRIN, PASCO - 2023"**, presentado por el (la) Bach. **SHERLY MABEL CABELLO PONCE**, 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 **15**... y cualitativo de **BUENO**... (Art. 47)

Siendo las **18:03** horas del día **23** del mes de **OCTUBRE** del año **2023**, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Dr. Héctor Raúl Zacarías Ventura
ORCID: 0000-0002-7210-5675
Presidente

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

Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguía
ORCID: 0000-0002-3013-8532
Vocal



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, **YASSER VÁSQUEZ BACA**, asesor(a) del **PA. INGENIERÍA AMBIENTAL** y designado(a) mediante documento: **RESOLUCIÓN N° 2177-2022-D-FI-UDH del 02 de noviembre de 2022**; del bachiller **SHERLY MABEL, CABELLO PONCE**, de la investigación titulada **"EFICACIA DE LA ADSORCIÓN CON DISTINTAS DOSIS DE BIOCARBÓN DE GALLINAZA PARA RESTAURAR EL SUELO CONTAMINADO CON METALES PESADOS DEL CENTRO POBLADO DE CHICRIN, PASCO – 2023"**.

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del 16 % 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, 26 de octubre de 2023

Vásquez Baca Yasser

DNI N° 42108318

Código Orcid N° 0000-0002-7136-697X

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	Submitted to Universidad de Huanuco Trabajo del estudiante	1%
6	Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD Trabajo del estudiante	1%
7	cga.cuenca.gob.ec Fuente de Internet	1%
8	digital.csic.es Fuente de Internet	1%
9	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	

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

DEDICATORIA

A mis padres; Raúl Cabello y Celina Ponce, por inculcarme buenos valores y formarme con amor, por siempre apoyarme en cada paso de mi vida, este logro es también de ellos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme, sostenerme y protegerme durante el transcurso de mi vida.

Un especial agradecimiento, a mis maravillosos padres Raúl Cabello y Celina Ponce por su apoyo incondicional.

A mi hermano Keving, por ser mi ejemplo a seguir mejorando día tras día, y por sus enseñanzas.

Al amor de mi vida Oliver Espino por ser mi compañero ideal por siempre, apoyarme en los buenos y malos momentos, y estar presente en cada etapa maravillosa de mi vida.

A mis docentes por sus enseñanzas durante mi etapa universitaria y asesor por guiarme en el proceso de mi tesis.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
INDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
CAPÍTULO I.....	13
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	13
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	15
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	15
1.3. OBJETIVOS.....	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	17
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	17
1.4.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	17
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.6.1. VIABILIDAD SOCIAL.....	18
1.6.2. VIABILIDAD AMBIENTAL.....	18

1.6.3. VIABILIDAD TÉCNICA	18
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	19
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	20
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	23
2.2. BASES TEÓRICAS.....	24
2.2.1. BIOCARBÓN	24
2.2.2. PROCESOS DE FABRICACIÓN DEL BIOCARBON.....	28
2.2.3. EFECTOS DE LA APLICACIÓN EN EL SUELO CON BIOCARBÓN.....	34
2.2.4. CONTAMINACIÓN DEL SUELO	40
2.2.5. MARCO LEGAL.....	47
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	48
2.4. HIPÓTESIS	49
2.5. VARIABLES	49
2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACIÓN	49
2.5.2. VARIABLE EVALUATIVA	49
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	50
CAPÍTULO III.....	51
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	51
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	51
3.1.1. ENFOQUE	51
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	51
3.1.3. DISEÑO.....	52

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	53
3.2.1. POBLACIÓN.....	53
3.2.2. MUESTRA	53
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. 54	
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	54
3.3.2. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS .59	
CAPÍTULO IV.....	60
RESULTADOS.....	60
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	60
4.1.1. ANÁLISIS MECÁNICO	60
4.1.2. ANÁLISIS POTENCIAL DE HIDRÓGENO	61
4.1.3. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE COBRE Y CADMIO	62
4.1.4. PRUEBA DE NORMALIDAD	63
4.1.5. CONTRASTACION DE HIPOTESIS.....	63
CAPITULO V.....	66
DISCUSION DE RESULTADOS.....	66
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES.....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
ANEXOS.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Efectos de los metales en el ambiente.....	42
Tabla 2 Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo (Inorgánicos)	48
Tabla 3 Operacionalización de variables	50
Tabla 4 Coordenadas específicas.....	53
Tabla 5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	54
Tabla 6 Técnicas para el procesamiento y análisis de información	59
Tabla 7 Análisis mecánico del suelo contaminado con metales pesados antes y después de la intervención con el biocarbón de gallinaza	60
Tabla 8 Análisis del potencial de Hidrógeno del suelo contaminado con metales pesados antes y después de la intervención con el biocarbón de gallinaza.....	61
Tabla 9 Análisis de la concentración de cobre y cadmio en el suelo contaminado con metales pesados antes y después de la intervención con el biocarbón de gallinaza	62
Tabla 10 Prueba de normalidad de los datos	63
Tabla 11 Prueba estadística con t de Student para muestras relacionadas	64
Tabla 12 Tabla comparativa de resultados	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura Química del Biocarbón	26
Figura 2 Características físico-químicas del biocarbón.....	28
Figura 3 Descripción de la pirólisis	31
Figura 4 Efectos del biocarbón en el suelo	38
Figura 5 Esquema de criterios para la clasificación de tecnologías de remediación de suelos	40
Figura 6 Grupo de Estudio GE1 = O1 - X1 - O2	52
Figura 7 Grupo de Estudio GE2 = O1 - X2 - O2	53
Figura 8 Flujograma del Procedimiento del muestreo del Suelo.....	56
Figura 9 Flujograma del Procedimiento de la Elaboración del Biocarbón....	58
Figura 10 Análisis mecánico del suelo contaminado con metales pesados antes y después de la intervención con el biocarbón de gallinaza.....	60
Figura 11 Análisis del potencial de Hidrógeno del suelo contaminado con metales pesados antes y después de la intervención con el biocarbón de gallinaza.....	61
Figura 12 Análisis de la concentración de cobre y cadmio en el suelo contaminado con metales pesados antes y después de la intervención con el biocarbón de gallinaza	62

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo principal, determinar la eficacia de la adsorción del biocarbón elaborado de gallinaza en dos dosis distintas, para restaurar los suelos contaminados con metales pesados ubicados en el Centro Poblado de Chicrin. Para determinar dicha eficacia, se realizó la siguiente metodología: primero se extrae el suelo representativo de la zona de Chicrin, luego se elaboró el biocarbón en Laboratorio a través de un Horno Mufla a 400°C en un periodo de 2 horas, se aplicó todo el biocarbón en cantidades de 10% y 20% respecto a los 2kg de muestra de suelo, transcurrido los 45 días de mezclado del suelo con el biocarbón, se realizó un nuevo análisis para verificar la disminución de la concentración de los metales pesados, dándonos como resultado que el cadmio se redujo de 10.01 ppm a 0.490 ppm para el 10% y 0.465 ppm para el 20%, mientras el cobre se redujo del 80.375 ppm a 68.842 ppm para el 10% y 67.729 ppm para el 20%, concluyéndose de esta manera que para el cadmio cumple con los Estándares de Calidad del Suelo mientras que para el Cobre no cumple.

Palabras claves: Biocarbón, restaurar, adsorción, metales, suelos.

ABSTRACT

The main objective of the research was to determine the effectiveness of the adsorption of biochar made from chicken manure in two different doses, to restore soils contaminated with heavy metals located in the Chicrin Village Center. To determine this effectiveness, the following methodology was used: first the representative soil of the Chicrin area was extracted, then the biochar was elaborated in Laboratory through a Mufla Oven at 400°C in a period of 2 hours, all the biochar was applied in quantities of 10% and 20% with respect to the 2kg of soil sample, after 45 days of mixing the soil with the biochar, a new analysis was made to verify the decrease in the concentration of heavy metals, giving us as a result that the cadmium was reduced from 10.01 ppm to 0.490 ppm for 10% and 0.465 ppm for 20%, while copper was reduced from 80.375 ppm to 68.842 ppm for 10% and 67.729 ppm for 20%, thus concluding that cadmium complies with the Soil Quality Standards while copper does not.

Keywords: Biochar, restoration, adsorption, metals, soils.

INTRODUCCIÓN

La práctica de la minería en nuestros días, resulta más dañino para el medio ambiente que aprovechable para el ser humano, esto debido a que las empresas que extraen minerales, no cuentan con un sistema o programa de evacuación de relaves mineros, provocando la contaminación de los suelos y mucho peor del agua, evitando de esta forma que los agricultores produzcan sus propios alimentos a través del suelo agrícola y a su vez causando enfermedades a la población al momento de consumir el agua con presencia de metales pesados, teniendo como consecuencia la reducción de la esperanza de vida de los habitantes de las zonas donde es más común la minería, como lo es en la localidad de Chicrin, ubicado en el distrito de Yanacancha y en la provincia de Pasco, el cual es el lugar de estudio de ésta investigación.

Por otro lado, la elaboración de Biocarbón actualmente está siendo más abundante en el ámbito investigativo, debido a que presenta características regenerativas en los suelos contaminados y la recuperación del mismo, aumentando las esperanzas de la población en poder cultivar sus productos para consumo y también reforestar las áreas desiertas, generando un entorno saludable al ser humano con la presencia de oxígeno puro. Este biocarbón, resulta de la transformación térmica de una biomasa natural o también de una generada por el hombre, obteniendo un carbón puro y orgánico, dichas biomásas se encuentran de forma variada en el medio ambiente, siendo una de ellas la gallinaza, que es la biomasa principal utilizada en ésta investigación.

La población en general, en el día a día consume pollo y gallinas los cuales son criados en corrales o galpones, en dichos lugares se generan una gran cantidad de gallinaza, el cual se describe como las excretas de las gallinas que se forman en la etapa de crecimiento y producción de sus huevos, esta gallinaza por si solas resultan un excelente fertilizante y abono para los suelos agrícolas, debido a que tiene un gran aporte en nitrógeno, destacándose como uno de los abonos orgánicos con mayor tasa de mineralización de Nitrógeno, cuando ésta se aplica de una manera correcta.

El propósito de esta investigación, fue utilizar el biocarbón el cual se elaboró a base de gallinaza, para la recuperación de los suelos contaminados con metales pesados presentes en la Localidad de Chicrin, distrito de Yanacancha y provincia de Pasco, los cuales se encontraron afectados por las actividades mineras de la zona y que no cuentan con un plan de Evacuación de sus relaves mineros, ocasionando que el suelo resulte contaminado por la exposición de metales pesados, como el Cadmio y el Cobre, siendo éstos los metales que se evaluará en ésta investigación, y que según el análisis del suelo realizado en la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), sobrepasan los límites del ECA de los suelos permitidos para un suelo Agrícola.

En el Capítulo III de esta investigación, detallamos la metodología y a su vez el procedimiento realizado, el cual consistió en aplicar al suelo contaminado de Chicrin un porcentaje de 10% y 20% de biocarbón elaborado de gallinaza, en 10 muestras de 2kg de suelo, obteniéndose una reducción de la concentración de los metales Cadmio y Cobre presentes en el suelo contaminado en comparación con los datos iniciales del Análisis previo a la aplicación del biocarbón, obteniendo su eficiencia como agente recuperable del suelo, y en un futuro poder aplicar esta tecnología a los suelos de la Localidad de Chicrin y otras zonas que presentan contaminación por metales pesados.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La superficie terrestre, así como también la biosfera, son elementos fundamentales e importantes en la vida de la humanidad, este elemento se ha utilizado por cuánto ha existido la civilización, ya que el suelo tiene la virtud de ser ubicuo y debido a que la vida dentro del planeta depende en gran medida de él.

En el mundo existe contaminación del suelo por la gran y mediana minería, y siempre, estas grandes empresas contaminan el suelo sin ser recuperados adecuadamente y no es suficiente realizar planes de contingencia por obligación, sino cumplir con toda la conservación del medio ambiente en sus componentes. Las actividades mineras causan grandes impactos en el medio ambiente, sobre todo al suelo, la presencia de metales pesados en el suelo causa que este pierda sus propiedades físico – químicas, convirtiéndose en un suelo incapaz de mantener en vida a la flora, lograr que la vegetación crezca en este tipo de suelo es muy difícil, causando la degradación del suelo. Si bien es cierto, existen normas que obligan a las empresas mineras que al momento de abandonar las zonas de explotación, deben remediar los daños causados, normas como los Estándares de calidad ambiental de suelo y Límites máximos permisibles, marcan ciertos parámetros que no deben ser rebasados; sin embargo, la minería ilegal es el principal enemigo del medio ambiente.

La localidad de Chicrín se encuentra situada en Cerro de Pasco, en dicho lugar se realizan diversas actividades como por ejemplo labores mineras, ganadería, etc. Estas labores de extracción de metales pesados, son realizadas de manera inapropiada, imprudente y sin ningún cuidado, por ello existe contaminación y un gran impacto negativo hacia la flora, fauna, y a la superficie de la corteza terrestre. Esto como consecuencia trae consigo el daño hacia la naturaleza provocando la esterilización del suelo, la

contaminación de aguas loticas y lenticas, el desperfecto de la cadena alimenticia, y no menos importante el impacto hacia la salud de la población (Escobar, 2002).

El departamento de Cerro de Pasco, está cada vez más afectada debido a las labores de extracción de metales, que ocasionan las entidades privadas en la localidad de Chicrín, el cual, en un largo plazo está provocando diversas consecuencias negativas para dicha localidad como por ejemplo un daño socioambiental, económico y paisajístico, es por ello que desarrollé este proyecto de investigación con el fin de restaurar el suelo contaminado a causa de metales pesados como el plomo, cadmio y cobre, así como también evitar más muertes de personas a causa de la intoxicación que estos metales provocan en la salud de la población.

Por otro lado, en nuestro país existen diversas técnicas y metodologías para un riego sostenible y eficiente, sin embargo, datos recientes nos detallan que existe solo el 3.8% de agricultura y productividad sostenible; es decir, estos cultivos son limpios y libres de productos agroquímicos, y lo que resta de ello son cultivos elaborados con pesticidas (IRRIBARREN, 2001).

En la ciudad de Huánuco, la contaminación del suelo se viene incrementando a causa de los residuos sólidos. El incremento de los residuos está ocasionando deterioro a la salud pública y a los animales; asimismo, contaminando ríos, suelos y provocando malos olores. Sin embargo, las ONG intervienen en la sociedad, por medio de capacitaciones, charlas e incentivos a fin de brindar solución al problema citado; a pesar de ello, no hay un compromiso real por parte de la población y representantes de la sociedad (Ascencios, 2018).

Este estudio pretende solucionar la problemática de los suelos contaminados con metales pesados en la localidad de Chicrín, por medio de una nueva tecnología de procedencia orgánica denominado biocarbón, elaborado con gallinaza (estiércol o excremento de gallina) y su característica de adsorción con los metales pesados. Si bien es cierto, existen otros métodos de recuperación de suelos contaminados con metales, éstas suelen ser muy costosas y complejas, la aplicación de biocarbón es una de las opciones más

accesibles además que su elaboración no conlleva mucha inversión y las grandes empresas mineras lo pueden aplicar y de esta forma se logrará recuperar la capacidad de fertilidad de los suelos.

Esta investigación realizó un estudio de disminución de concentración de metales pesados como el cadmio y cobre, de una muestra de suelo obtenida de la localidad de Chicrín, en la cual se agregó proporciones diferentes de biocarbón de gallinaza, para luego analizar cada muestra y verificar la cantidad de metal pesado adsorbido por el biocarbón.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la eficacia de la adsorción con distintas dosis de biocarbón de gallinaza para restaurar el suelo contaminado con metales pesados del centro poblado de Chicrin, Pasco – 2023?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cuáles son las propiedades mecánicas del suelo contaminado con metales pesados antes y después de la aplicación de distintas dosis de biocarbón de gallinaza?

¿Cuáles son las características de acidez del suelo contaminado con metales pesados antes y después de la aplicación de distintas dosis de biocarbón de gallinaza?

¿Cómo es la concentración de metales pesados del suelo contaminado antes y después de la aplicación de distintas dosis de biocarbón de gallinaza?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficacia de la adsorción con distintas dosis de biocarbón de gallinaza para restaurar el suelo contaminado con metales pesados del centro poblado de Chicrin, Pasco – 2023.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar las propiedades mecánicas del suelo contaminado con metales pesados antes y después de la aplicación de distintas dosis de biocarbón de gallinaza.

Identificar las características de acidez del suelo contaminado con metales pesados antes y después de la aplicación de distintas dosis de biocarbón de gallinaza.

Identificar la concentración de metales pesados del suelo contaminado antes y después de la aplicación de distintas dosis de biocarbón de gallinaza.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Debido al material orgánico gallinaza (estiércol o excremento de gallina) y sus características de adsorción a los metales pesados como el cadmio y el cobre, se tuvo la necesidad de realizar una tecnología que posibilite el aprovechamiento y transformación, y paralelamente incorpore una forma eficiente de usar este material sólido en la preparación del biocarbón el cual mejore la calidad de suelos degradados, ayuda a restablecer la fertilidad del suelo y secuestrar carbono; el biocarbón es un abono orgánico el cual al integrar a los cultivos agrícolas nos brindara productos de buena calidad sin la necesidad de que los agricultores empleen fertilizantes a sus cultivos, además el biocarbón es una tecnología el cual es bastante económico y rentable para su preparación debido a que en ella se hace uso de toda materia orgánica y por ende no necesita de un alto precio.

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

En esta investigación se evalúa la eficacia de la adsorción con distintas dosis del biocarbón de gallinaza para restaurar el suelo contaminado con metales pesados ubicado en el Centro Poblado de Chicrin – Pasco, disminuyendo la concentración de estos metales y que el suelo vuelva a su estado natural con características productivas, mediante la atracción de la materia orgánica y los metales pesados.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La aplicación del biocarbón de gallinaza, adsorbe a los distintos metales pesados, los cuales se encuentran adheridos al suelo del Centro Poblado de Chicrin, esto debido a la fuerte atracción neta y a la capacidad del intercambio catiónico (CIC) que posee la materia orgánica.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

La restauración de los suelos contaminados con metales pesados, resulta importante para el beneficio de la población que vive en el Centro Poblado de Chicrin – Pasco, ya que disminuiría las enfermedades causadas por el uso de dichos suelos, y favorecería a la práctica de actividades agrícolas obteniendo productos naturales el cual aumentarían el desarrollo de dicho lugar.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

No disponer de materia orgánica necesaria para la elaboración del biocarbón.

Biocarbón de gallinaza insuficiente para el proceso de adsorción de los metales pesados.

Sitios inaccesibles para sustraer muestras de suelos contaminados con metales pesados en la localidad de Chicrín.

Falta de presupuesto para analizar más metales pesados contenidos en el suelo contaminado.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. VIABILIDAD SOCIAL

El estudio es viable socialmente debido a que la población aledaña a la zona de estudio estuvo de acuerdo con la realización del proyecto, ya que consideran importante recuperar los suelos contaminados por metales pesados, siendo necesario tener el respaldo de la población para realizar un proyecto.

1.6.2. VIABILIDAD AMBIENTAL

El estudio es viable ambientalmente porque además de recuperar suelos afectados por metales pesados, se aprovechó los residuos orgánicos de la gallinaza para elaborar un abono con la capacidad de recuperar suelos contaminados.

1.6.3. VIABILIDAD TÉCNICA

La investigación es posible puesto que ya se hicieron temas o tesis con otros tipos de materia orgánica como son caña de sacarosa, cascara de piña, semilla de aguaje; sin embargo, no se tenía investigaciones sobre el biocarbón realizado a base de gallinaza, y que tan eficiente resultaría ser ante otras investigaciones.

En diversos sitios de Huánuco hay granjas de gallinas, donde se logran obtener la gallinaza para la preparación de biocarbón. El proceso de adsorción de los metales pesados por medio de biocarbón de gallinaza se hizo en maceteros con muestras de suelos contaminados, se verificó si el suelo antes y después de aplicado el biocarbón.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Hidalgo (2017) en su tesis: Obtención y activación de biocarbón vegetal para la eliminación de metales pesados por adsorción contenidos en agua residual. En esta investigación se realizó la aplicación de biocarbón al agua, a través del proceso de pirolisis artesanal de las cáscaras de naranja, el mismo que se activa utilizando concentraciones de ácido fosfórico (H_3PO_4) en niveles Bajo, Medio y Alto, se realizaron las pruebas para la obtención de carbón a una temperatura de $180^{\circ} C$ y con un tiempo estimado de 3 horas en proceso pirolítico. Para llevar a cabo dicho proceso se sumerge el carbón vegetal en una solución de ácido fosfórico al 85% a concentraciones de 1.5 N y 2 N, dejándose reposar durante un período de 24 horas, siendo éstas los resultados más favorables ya que morfológicamente presentan gran cantidad de porosidad uniforme.

Herrera (2018) en su tesis: Pirólisis de biomásas para la obtención de biocarbón y su efecto en el rendimiento del tomate. El cual tuvo por objetivo evaluar la eficiencia en el cultivo del tomate su principal función fue dar utilidad a la materia orgánica derivado de los diversos vegetales en la elaboración de las variedades de biocarbón, así evaluar la producción del tomate y los efectos de estos residuos vegetales sobre el suelo. El método que se empleó en esta investigación estuvo conformado por 32 grupos, los cuales estos mostraron por medio de experimentos todo el progreso del suelo fértil. El cambio de la CIC del suelo manifestó los efectos con los diversos tipos de biocarbón. La alteración más significativa del suelo ha sido dada por el biocarbón olote de maíz el cual produjo 7.82 Cmol (+) /L , en la cosecha de tomate se dio una productividad agrícola de 45195.3 kg/ha y esto debido a que la

alteración del suelo y la CIC pertenece a 6.59 Cmol (+) /L. desde otro punto de vista, disminuyó el CIC a un valor 5.92 Cmol/L en forma positiva y agrió el contenido del suelo obteniendo una alcalinidad igual a 5.86 y esto se dio a causa de utilizar biocarbón de cascara de arroz el cual ocasionó un cambio en la fertilidad, por ende la productividad agrícola del cultivo fue disminuyendo y obteniendo un valor de 34090.9 kg/ha. Para concluir afirmamos que según la procedencia del residuo orgánico y los resultados en las distintas clases agronómicas predominarán los distintos tipos en la cobertura vegetal.

Santa (2020) en su tesis “Efectos de la aplicación del biochar en un suelo contaminado por elementos traza”, Universidad de Sevilla. Tuvo por objetivo determinar los efectos de la enmienda con biochar de hueso de aceituna y cascarilla de arroz en las propiedades físicas y químicas de dos suelos con distinto grado de contaminación por elementos traza aproximadamente dos años después de su aplicación, incluyendo posibles variaciones en su composición y contenido en carbono. El método de elaboración del biochar fue mediante un proceso de pirólisis, calentamiento a 500°C en atmósfera inerte (N₂), con un tiempo de residencia de 12 minutos, en un reactor rotatorio de pirólisis de la marca Pyreka (Pyreg, Alemania) alimentado por un tornillo sin fin. De aquí en adelante, estos biochars se denominan: BA al biochar de cascarilla de arroz y BO al biochar de hueso de aceituna. Resultados de este estudio realizado en suelos contaminados por oligoelementos y extraídos. Los ácidos húmicos tomados 20 meses después de la adición de biocarbón indican que: cáscara de arroz la adición de biocarbón (y en algunos casos biocarbón de hueso de oliva) aumentó ligeramente el pH del suelo, humedad, retención de agua, carbono del suelo y contenido de materia orgánica, los contenidos de materia indicaron que los biocarbón aplicados son muy estables.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Trujillo (2017), en su indagación “Producción y caracterización de biochar desde residuos orgánicos avícola” menciona que para alcanzar

el objetivo deseado es necesario encontrar una técnica de estudio capaz de aprovechar y valorar la materia orgánica del parte agro. Este estudio se elaboró de acuerdo a las cualidades, elementos químicas y físicos, y evaluaciones basándose en la forma de la elaboración del biochar a base de materia orgánica procedentes de avícolas; con el objetivo de minimizar y valorar el impacto del gasto energético al ambiente, y además de hacer uso de un horno piloto para que por medio de este se dé el proceso de pirolisis y así enmendar los suelos contaminados, por ello en el trayecto metódico es fundamental contar con materia orgánica avícola. En el transcurso de todo el proceso de productividad se hicieron diversas medidas muy esenciales para un trabajo eficiente como por ejemplo la producción y densidad de los desechos resultantes y la temperatura del horno. Con el fin de implementar el contenido de cenizas, contenidos del macro y micronutriente, PH, cenizas y humedad, se describió la entrada del material orgánico que en este caso es la pollinaza y gallinaza lo cual se dio de manera previa al proceso de pirolisis. Como resultado de esta averiguación se observó los elementos físico-químicos del material para la remediación, identificaron las distintas propiedades que posee la pollinaza y gallinaza como por ejemplo la acides, su capacidad de absorber agua, restos producto de la calcinación, N, P, Ca, Mg y Fe, entre otros. Seguidamente se usó el horno piloto con el fin de obtener biocarbon, esto se dio de acuerdo al procedimiento más eficaz el cual es la pirolisis lenta, caracterizado con T° igual a 540°C e intervalo de tiempo de 2 horas y media a 3 horas respectivamente.

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. El estudio se ejecutó utilizando restos de eucalipto para la elaboración de biocarbón y así analizar el rendimiento en el cultivo de maíz, ejecutó mediante distintos procedimientos de pirolisis, con el objetivo de aplicar la vitalidad del biocarbón elaborado con la materia orgánica eucalipto; comprobando el cambio que este puede causar al suelo de tierra agrícola en la zona austro ecuatoriana como

también el rendimiento de la cosecha del cultivo del producto maíz. Esta investigación fue elaborada con un proceso metódico de carácter experimental y con 1792 plantas de estudio, con ello se pudo verificar los diversos resultados que ocasionó la puesta en práctica del biocarbón sobre el suelo generando un alto porcentaje de formación en todo el cultivo de maíz como también un porcentaje alto de proteínas sobre las semillas. Se concluyó que el biocarbón elaborado de eucalipto mejoro la productividad de la cosecha del maíz, así como también sus diversas características fenológicas de las semillas. Por otro lado, se pudo verificar que el biocarbón a largo plazo podría tener alguna consecuencia sobre la superficie terrestre; esto podemos comprobarlo en las futuras cosechas de maíz en la cual se verifica la envergadura paralela al rendimiento.

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”. Tuvo por objetivo reducir el nivel de concentración de plomo con la aplicación de Biochar de *Mespilus germanica* L. y *Mangifera indica* L. en suelo contaminado de la zona de La Huaca – Huaral, 2018. De acuerdo al análisis realizado de una caracterización completa, en la ubicación antes mencionada se determinó que el suelo presenta una concentración de 391.0 mg/kg de plomo, sobrepasando Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para suelo con fines agrícola un máximo de 70 mg/kg. Ante esta problemática se produce el biochar de *Mespilus germanica* L. (níspero) y *Mangifera indica* L. (mango), a base de la poda de árboles frutales, para ello se realizó una quema pirolítica de la materia prima antes mencionada, presentando un 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., luego se agregó en muestras de 1 kilogramo de suelo contaminado en diferentes proporciones de 5%, 10% y 20% de ambos tipos de biochar, para luego determinar la adsorción de plomo por el biochar, el tratamiento se llevó a cabo en un periodo de 30 y 60 días de aplicación. La investigación se determinó que la aplicación al 10% de biochar de

Mangifera indica L. resulto ser más eficiente la adsorción de 358.14 ppm en los 60 días de tratamiento y conteniendo 32.86 ppm de plomo, donde está por debajo del ECA para suelo con fines agrícola.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Huerta (2019) en su tesis: Influencia del Biocarbón elaborado con residuos sólidos orgánicos sobre la calidad y producción del cultivo de la papa en el centro experimental ecológico de Tuyu Ruri. La metodología de dicha investigación el cual fue presentado mediante las actividades agrícolas del tubérculo del CEE localizado en Tuyu Ruri. Para ello se aplicó diferentes dosis de biocarbón en cada muestra de la productividad de la papa, los cuales se localizan en zonas donde se realizan pruebas experimentales. Luego de dichas pruebas que se obtuvo mediante la supervisión de las características del biocarbón, determinaron que los restos de materia orgánica resistente produjeron proteínas, materias primas y particularidades de dicha recuperación. En otro caso, el producto que se encuentra vinculado con el control del suelo agrícola aplicado con el biocarbón se obtuvo un mejor rendimiento en su fase donde se protege a las plantas, su dimensión y características del tubérculo producido. Por otro lado, en el segundo proceso se observó mejor eficiencia en relación a los otros métodos. Al finalizar este estudio se evidenció que el biocarbón realizado de materia orgánica firme, dio mejor resultado y productividad en la cosecha de la papa.

Condeña (2017), en su tesis: Recuperación de suelos contaminados con plomo mediante el uso de biocarbón de bagazo de caña de azúcar en el parque Chota del AA.HH. Ramón Castilla – Callao 2017, la metodología usada en dicha investigación fue elaborar biocarbón del bagazo de la caña de azúcar, aplicando el proceso de adsorción para la recuperación de los suelos contaminados con plomo, utilizando el 3%, 5%, 10% y 50% del biocarbón para el tratamiento de los suelos, concluyendo que la concentración del plomo se redujo en 61.09% en el tratamiento al 10% de biocarbón en 45 días de aplicación; asimismo, el proceso de adsorción que tiene el biocarbón de bagazo de

caña de azúcar contribuyen en la captura e inmovilización del plomo presente en el suelo, recuperando las características físicas del suelo para uso agrícola, logrando adsorber 1094.89 ppm de plomo en el período de 45 días de su aplicación.

Ponce (2020), en su tesis: Inmovilización de plomo en suelos mediante biocarbón por pirolisis de residuos orgánicos en zona agrícola del valle de Carapongo, la metodología de dicha investigación fue elaborar biocarbón con tres tipos de residuos, los cuales fueron Residuos Orgánicos Domésticos (ROD), Residuos de Excretas de Cabra (REC) y de Residuos de Poda (RPO) aplicando el 10% y 20% del biocarbón a los suelos contaminados con plomo y sus variantes entre ROD y REC; REC y RPD, y ROD y RPO, cada uno con el 50% de contenido, luego de las evaluaciones de la aplicación del biocarbón, dio como resultado que el tratamiento de biocarbón de Residuo de Excreta de Cabra (REC) fue el más eficiente para la inmovilización del plomo en el suelo a diferencia del resto de tratamientos.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. BIOCARBÓN

Según International Biochar Initiative (IBI), (2012), precisa que el resultado de la desintegración de los desechos orgánicos solidificados en un entorno insuficiente de oxígeno y a temperatura menores a 700°C, es el resultado del biocarbón.

2.2.1.1. ESTRUCTURA QUÍMICA

Según estudios de Lehmann y Joseph (2019), indican que los distintos elementos y la composición del biocarbon son pertinaces en el suelo, o sea, aguantan la oxidación bioquímica en el suelo, por ello el rango de tiempo es de un siglo a miles de años de residencia.

Según Verheijen (2009), indica que al añadir biocarbon al suelo, éste actuará similar a un sumidero de carbono, de este modo

ayudará a disminuir el dióxido de carbono emitido hacia la atmosfera.

Como lo menciona Cheng en el año 2008, es fundamental citar que una porción de biocarbon añadida al suelo puede oxidarse, por ende, las propiedades del suelo se verán alteradas en una pequeña proporción.

Según Novak en el 2009, al desarrollarse la pirolisis ésta involucra una complicada cadena de respuestas lo cual está asociada a la putrefacción de los diversos e importantes componentes de la biomasa como por ejemplo la lignina, hemicelulosa y celulosa, ya que estos se distinguen esencialmente por una distinta reactividad. Uno de los elementos fundamentales de los desechos agrícolas es la celulosa, por lo que analizar su alteración en el proceso de pirolisis es importante. El resultado de un carbono amorfo y rígido, se produce por vapor de agua, brea, petróleos, ácidos, dióxido de carbono, los mismos que conforman los compuestos ligeros; generados por la disminución de la temperatura entre 250 y 350° C.

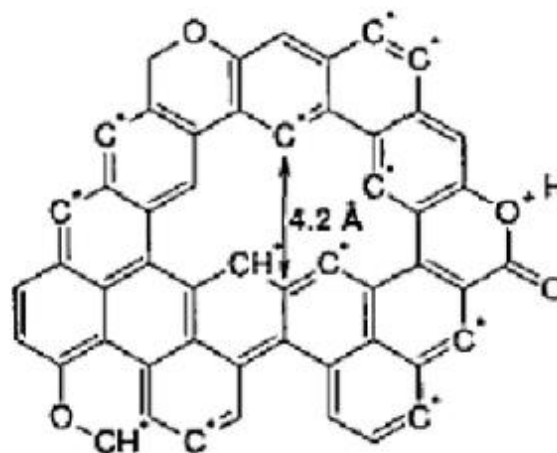
Como lo expresa Baldock y Smernik en el año 2002, la transformación de carbonos, de oxialquilos a arilos y oxiarilos, cuya configuración es similar a la del furano, se genera por la reducción de compuestos volátiles al aumentar la cantidad de carbono aromático, producido al elevar la temperatura.

Según Antal y Gronli en su investigación del 2003, a efecto de la etapa de carbono amorfo y su agrupación, las capas de grafeno poliaromático aumentan de tamaño lateralmente a una temperatura de 330 °C. La cantidad de carbono se incrementa debido a la separación de las partículas clasificadas en el tipo no carbonosos como Potasio, Magnesio y Calcio, resultado de la carbonización a 600 °C, teniendo más del 90% de peso en el biocarbón elaborado de materia prima de madera.

En términos concretos, cada porción de biocarbón posee dos estructuras importantes: sistemas aromáticos amorfos sistematizados y placas unidas de grafeno cristalino, las que se encuentran agrupadas mediante conexiones de carbono con figura de aros, siendo clasificados como hidrocarburos aromáticos influenciados con Hidrógeno u Oxígeno. El cálculo del grado de aromaticidad se da por la estabilidad del biocarbón, los cuales se caracterizan por tener vínculos de composición entre Carbono – Hidrógeno y Carbono – Oxígeno, que se encuentran dentro del grupo benceno. (Hammes et al., 2006)

Figura 1

Estructura Química del Biocarbón



Nota: Distribución química del Biocarbón según Bourke en 2007.

2.2.1.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS – QUÍMICAS

Según Qiu en el año 2008, define al biochar como un compuesto que contiene carbono, de color principalmente negro, presenta un área confusa y alterada, con una configuración que cambia según el tipo y tiempo de pirolisis. En base a estudios de microscopía electrónica realizados en laboratorio, el biocarbón es amorfo.

Para Rouquerol en el año 1999 y Downie en el año 2009, el biocarbón contiene una propiedad con amplia capacidad la cual es la porosidad, en sus distintos niveles, que va desde microporoso a macroporoso, con aberturas que pueden ser menores a 2nm y mayores a 50nm, respectivamente, asemejándose a un arrecife subterráneo, en el cual pueden ser residencia de microorganismos.

Según (Martínez et al., 2006), los macroporos, se originan de las mismas áreas de la materia prima base, haciendo más veloz el desplazamiento de sorbatos, expandiendo el cuerpo de microporos, para el recorrido de las moléculas concentradas.

Por otro lado, para (Verheijen et al., 2009), los microporos, se produce al momento de la pirolisis, haciendo que la microporosidad aumente conforme va subiendo la temperatura, formando más superficie de carga con reacción rápida. Los microporos se encuentran relacionados a la capacidad de adhesión de los cuerpos sólidos, cuerpos en estado gaseoso y en estado líquido.

La evaluación de la humedad, como de la ceniza, compuestos ligeros o los que se desplazan, como también de cuerpos fijos y estacionarios, los cuales pertenecen a un cuerpo restante luego de retirar la sustancia volátil, es una singularidad del biocarbón, pero no resulta ser completamente carbono. (McLaughin et al., 2009)

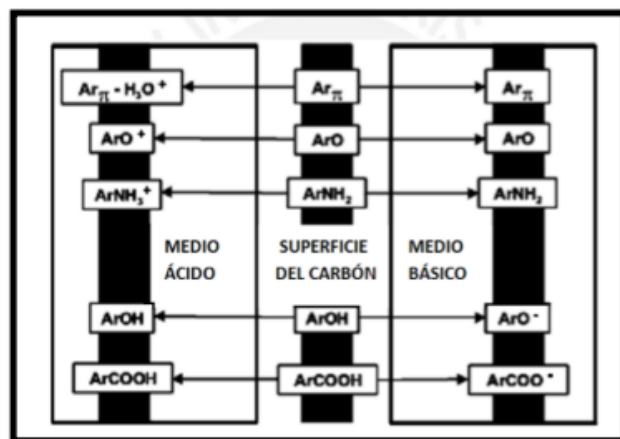
Al momento de quemar el biocarbón, se origina la sustancia volátil o móvil, en fase gaseosa. La cantidad de dicha sustancia es importante al momento de colocar el biocarbón al suelo, teniendo registros que acelera dentro del mismo. Se suministra carbono soluble al suelo provocando el desarrollo de microorganismos que combate con la planta por la disponibilidad de nitrógeno, haciendo que las características del suelo en un tiempo amplio no lleguen a mejorar. La conformación de la sustancia volátil es utilizada como una forma de descomposición de la sensibilidad del biocarbón. Teniendo como resultado que el rechazo del biocarbón con el agua

es mayor según la gran cantidad de sustancia volátil contenida. (McLaughlin et al., 2009)

Acorde va reduciendo el pH del biocarbón se disminuye la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), cuando el pH es poco los valores del CIC son bajos y son valores altos a pH alcalinos. Según la temperatura de la pirolisis la CIC puede llegar a ser cero, es decir, zona de carga cero precisa. La temperatura perfecta para producir el biocarbón se encuentra entre 450 y 550 °C, obteniendo un CIC potencial (a pH 7) y aumento del volumen del biocarbón. (Lehmann, 2007).

Figura 2

Características físico-químicas del biocarbón



Nota: Composición físico-químicas del Biocarbón, Romero (2017).

2.2.2. PROCESOS DE FABRICACIÓN DEL BIOCARBON

2.2.2.1. MATERIAS PRIMAS

Existe mucha variedad respecto a los recursos utilizados para la producción del biocarbón, pero no todos los desechos o productos derivados son adecuados para elaborarlos. Para elegir los materiales correctos, la característica primordial es que no tengan otras utilidades, más si dichos materiales formen un producto de gran valor económico que el biocarbón, o que sirvan para generar alimentos, recursos y servicios de carácter ambiental.

Los que se encuentran entre los más conocidos materiales tenemos a residuos de los cultivos, vegetación seca, materia orgánica derivado de los árboles, restos de papel, sobrantes de arroz; restos de oliva, basura orgánica producido por las actividades cotidianas del ser humano.

Para Lehman y Joseph, (2009), la madera, estiércol, hojas, desechos de cultivo son los recursos de los cuales se elabora el biocarbón, y Brick, (2010), aumentó las heces de aves, plantas acuáticas como algas, desechos de fruta como cáscara de naranja, frutos secos como nueces y fangos residuales.

Según lo menciona Antal y Gronli en el año 2003 y Brick en el año 2010, diversos materiales, se producen según la singularidad en su composición y características químicas del biocarbón al momento de la pirolisis, las mismas que se definen en las reacciones químicas cuando se elabora los biocarbones a base de distintas materias primas.

Como lo explica Schmidt y Noack en el año 2000 y Lehmann en el año 2007, este procedimiento se origina debido a los cuerpos biológicos que se encuentran contenidas en la materia orgánica principal, intervienen de manera directa en las particularidades químicas y también físicas en el resultado de biocarbón, determinando el buen rendimiento del biocarbón elaborado y su duración de existencia dentro del suelo

2.2.2.2. PROCESOS PARA OBTENER BIOCARBÓN

Según las investigaciones de Laird en el año 2009, de Brick en el año 2010 e Ippolito en el año 2011, es la modificación de la biomasa en energía renovable, utilizando tecnologías termoquímicas. Estas se dividen en cuatro clases: pirolisis lento, pirolisis rápido, pirolisis ultrarrápida y gasificación.

Según menciona Brick, (2010), sugiere el procedimiento de la carbonización mediante el uso del calentamiento a base de agua,

ya que la pirolisis se realiza cuando carece completamente de oxígeno, a comparación de la gasificación que se produce con pequeñas cantidades de oxígeno.

Como manifiesta Laird, el concepto de pirolisis, resulta en la transformación de una reacción química a base de calor que sirve para el proceso de biomasa y la creación de diversos materiales orgánicos con poca densidad energética que se convierte en: líquidos de alta densidad energética, a los que se llaman bio-aceites, los que se definen como compuestos de gran densidad potente como resulta ser el biocarbon; asimismo, un gasificante parcialmente de densidad potencial baja, llamado SYNGAS que se define como gas de síntesis.

Principalmente la pirolisis implica la calcinación de los materiales orgánicos, siendo sometidos a temperaturas que sobrepasan los 400°C sin nada de oxígeno. En esa temperatura, los compuestos se dividen mediante procesos térmicos, expulsando las siguientes etapas, una fase gaseosa y otra de desecho sólido, llamado biocarbon. Al enfriar el vapor de la pirolisis se genera una solidificación en sustancias líquidas con un peso en sus partículas de gran magnitud denominados bio-aceites, a comparación de sustancias ligeras que contienen un peso de sus partículas en menor magnitud, que forman parte de la fase gaseosa (gas de síntesis o syngas). La esencia de la materia orgánica y las características de las reacciones son factores que influyen en las alteraciones fisicoquímicas que sucede sobre el proceso más eficaz, los cuales son muy complicadas. Se puede llegar a tener productividad en masa entre 30% y 40%, los cuales se definen como base húmeda, teniendo una energía con una cantidad que llega cerca al 30% (al interior del biocarbón) y partes de carbono estático que supera a los 90% de la biomasa base, utilizando una tecnología con un rendimiento muy alto.

Figura 3

Descripción de la pirólisis



Nota: Proceso de la Pirólisis para obtener biocarbón, Agrología (2017).

2.2.2.3. TIPOS DE PIRÓLISIS

Según lo menciona Sadaka en su investigación del año 2007, la Pirólisis lenta o llamado Pirólisis convencional, posee etapas de calcinación para la biomasa tardada, con bajas temperaturas y tiempos extensos conteniendo sólidos y gas. Estas etapas de calcinación se realizan de 0.1°C/s a 2°C/s , sobresaliendo temperaturas que alcanzan los 500°C . La duración de retención del gas sobrepasa los 5 segundos, a comparación de la materia orgánica que llegan a durar desde minutos hasta varios días.

Según Gheorghe en el año 2009, la pirolisis lenta es la fase con más alta productividad del biocarbón.

Según Farag en el año 2002, Czernik y Bridgwater en el año 2004 y Sadaka en el año 2007, en la Pirólisis rápida, predominan temperaturas mayores a 550°C , siendo su calcinación mayor a $200^{\circ}\text{C s}^{-1}$. Tiene resultados de alta calidad, los líquidos en especial, los que conforman los bioaceites y también los gases en las que presentan abundante etileno los que se usan como sustancia para

elaborar la gasolina y diferentes tipos de alcoholes, esto debido al poco tiempo del vapor contenido. En esta fase la producción de alquitrán y carbón son menores.

Según Mullen et al., (2010), en vapores concentradas para crear bioaceite, el método causa la separación de los polímeros con la materia de la biomasa. Siendo un proceso efectivo para suprimir las materias primas infectado por toxinas.

Según Sadaka en el año 2007 y Demirbas en el año 2009, menciona que la Pirolisis ultrarrápida, utiliza temperaturas moderadas entre 400-600°C y el factor calentamiento son mayores a 2°C s⁻¹, llegando a ser muy rápidas. La presencia del vapor posee tiempos menores a 2s. El alquitrán y gas tiene menor producción, a diferencia de los productos aceitosos que llegan a su rendimiento más alto encontrándose entre el 75% y 80%.

Según menciona Mclaughin en el año 2009, en la etapa de Gasificación, la materia orgánica, principalmente del recurso de madera, el mismo que se calcina en un par de reacciones sucesivas. El primero es la carbonización mediante el proceso de gasificación del recurso de la madera, siendo ésta la transformación de madera a carbón, es la primera reacción. Es semejante a la alteración que sucede en una pirolisis lenta. Luego de crear el carbón, ocurre la segunda reacción, con temperaturas más altas, llamada gasificación de carbón, que es el paso de carbón a ceniza. En presencia de abundante oxígeno, el carbón se consume en su totalidad restando solo cenizas. En cantidad escasa de oxígeno, se consume solo fracciones del carbón y el resto son expulsados por lo más profundo del gasificador.

Como menciona Brick en el año 2010, la Carbonización hidrotérmica, es una técnica científica que se basa en calentar materiales con presencia de agua los cuales pueden ser los barros contenidos de residuos, así como la pulpa que contiene el café,

excrementos, plantas acuáticas como algas, etc. Los mismos que se encuentran dentro del agua, a pesar de las altas temperaturas, no alcanza la ebullición.

Asimismo, según Titirici et al., (2007), a plazos cortos y bajas temperaturas menores a 200°C, se puede elaborar biocarbon.

Brick, (2010), manifiesta que, casi el 12% de biocarbón son producidos en la pirolisis rápida, el 20% en la pirolisis moderada, el 35% en la pirolisis lenta, del 10% al 20% en la gasificación y del 37% al 70% en la combustión hidrotérmica; y según Hayes, (2009), la productividad del biocarbón es excelente a temperaturas de 300 a 500°C.

2.2.2.4. VARIABLES QUE AFECTAN LA PIROLISIS

Según Sadaka, (2007), la productividad de los resultados tiene efectos debido a distintas variables que influyen directamente el proceso y cinética en las alteraciones de la pirolisis, detallados a continuación:

- Composición del sustrato. Con materiales complicados y diversos procedente de varias naturalezas, se realiza la biomasa que sirve para elaborar el biocarbón. Según el origen de dichas especies resulta la variedad de su sistema y contenido, los mismos que son los encargados de la complejidad y estructura de los resultados de la pirolisis.

Según Krull et al., (2010), las características agronómicas del biocarbón eran distintas dependiendo del recurso primario. La variedad de la materia orgánica afecta a la utilidad química resultando en un problema, obteniéndose una productividad menor al examinar los productos individuales resultado de sus distintos elementos. Esto altera la productividad del biocarbón y resultados de la pirolisis que es el combustible. (Sadaka, 2007)

- Intervalo de calentamiento. Está definido por el crecimiento de la temperatura por segundo, el cual, junto al tiempo de alta temperatura y potencia, perjudica la rapidez, y el orden de los cambios de pirolisis, como también la estructura del resultado. El resultado de los productos posee un cambio extra y una alteración en las reacciones sucesivas por la extensa variedad de temperaturas. La producción del biocarbón aumenta cuando la temperatura posee un intervalo bajo, y disminuye si la temperatura tiene un mayor intervalo. (Antal y Gronli, 2003; Sadaka, 2007)
- Temperatura. Como lo menciona Sohi en el año 2010, al aumentar la temperatura se reduce el tiempo para lograr un nivel de transformación. Luego del agua el producto que prevalece es el carbón a condiciones de temperaturas bajas. Las fuertes maderas producen poco carbón, sin embargo, resultan ser más ácidas a comparación de las maderas suaves.

2.2.3. EFECTOS DE LA APLICACIÓN EN EL SUELO CON BIOCARBÓN

2.2.3.1. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Según Downie et al., (2009), la textura, su composición estructural, la dimensión de los poros, la superficie ocupada, su densidad neta, cambios en el proceso de aireación, prácticas de cultivo, son propiedades físicas que pueden transformarse cuando se aplica el biocarbón al suelo. En ciertos momentos las pequeñas fracciones de biocarbón son tan diminutas que pueden rellenar una parte o el total de los poros del suelo provocando el cambio de la estructura y la poca infiltración de agua.

Escalante en el año 2016, determina que la alta superficie, elevada carga negativa en la superficie y carga de gran densidad, son causas que provoca el incremento de la capacidad del

intercambio catiónico (CIC) y tenga mayor contención de amonio, potasio, calcio y magnesio, los suelos al ser aplicados con biocarbón, asimismo, estos aspectos no son comúnmente aplicados en las investigaciones sobre el biocarbón.

2.2.3.2. PROCEDIMIENTO Y UTILIDAD EN EL SUELO

Como menciona Verheijen et al., (2009), las funciones del suelo resultan mejores en presencia del biocarbón, así mismo influye en las fases que se desarrollan.

La presencia de biocarbón en la aplicación a los suelos incrementa la disposición de contener nutrientes, llegando a disminuir la necesidad de emplear grandes cantidades de fertilizantes, causando que crezca el rendimiento del uso de fertilizantes. (Amonette, 2009)

Según De Gryze et al., (2010), se incrementa la permeabilidad al agua, y disminuye las escorrentías y costos de riego, cuando se aplica el biocarbón al suelo.

Hiller et al., (2007), comprobó que el biocarbón tiene la capacidad de retener elementos metálicos o contaminantes. Como lo realizó Brendova et al., (2012), con biocarbón de estiércol, que retenía el cadmio, o la cascara de semilla de algodón, que retuvo diferentes metales pesados, siendo la causa su gran área específica. Semejantes resultados se tuvieron al utilizar el biocarbón como un adherente en las cosechas de arroz, estando el suelo agrícola en presencia de un metal contaminante como lo es el cadmio.

Según Verheijen en el año 2009, comunican respecto al uso del biocarbón beneficia en la adsorción de compuesto orgánicos en los que se encuentran los pesticidas, plantas medicinales, proteínas, como también sustancias que repelen el agua como lo representan los Hidrocarburos Aromáticos policíclicos (HAP), los

que son muy contaminantes en suelos y en los sedimentos, evitando problemas nocivos en un corto o largo plazo.

2.2.3.3. SECUESTRO DE CARBONO Y CAMBIO CLIMÁTICO

Los trabajos agrícolas ayudan a generar en una proporción muy alta de todos los gases de efecto invernadero (GEI) que se emite, esto debido a que tanto el cambio climático como la agricultura, están muy relacionados. Así como manifiesta Sohi en el año 2009, se da más al momento de utilizar de manera descontrolada los fertilizantes, como también realizar distintos ejercicios para siembra de cultivo, como lo describe Martínez en el año 2008.

Según Akala y Lal, (2001), la variación en el uso del suelo, es un factor que ayuda en la creación de los gases de efecto invernadero (GEI).

Ante dicha situación, Schaczenski en el año 2010, afirma que la retención de carbono es uno de los beneficios principales que se obtiene al usar el biocarbón. En la fase del carbono, la vegetación recoge dióxido de carbono presente en la atmósfera al momento de realizar el proceso de fotosíntesis y al perecer se acumula a la materia orgánica contenida en el suelo, obteniendo carbono desde su composición. No obstante, la proporción más grande de dicho cuerpo es endurecida por los organismos más diminutos presentes en el suelo, expulsando en esta fase CO₂ al exterior, el mismo que se mezcla con el CO₂ generado por la inhalación de las plantas. En este proceso, las proporciones de CO₂ retenidas y expulsadas se encuentran en equilibrio, teniendo un balance de carbono neutral, el cual no aumenta la proporción puro del estado gaseoso presente en el espacio. La suma pura del carbono contenida en el espacio equivale al carbono en forma positiva, a comparación del carbono negativo que representa la reducción pura del gas. En consecuencia, cuando colocamos biocarbón al suelo, el carbono

demora en degradarse, teniendo al carbono en forma incorregible se transforma en carbono de características negativas.

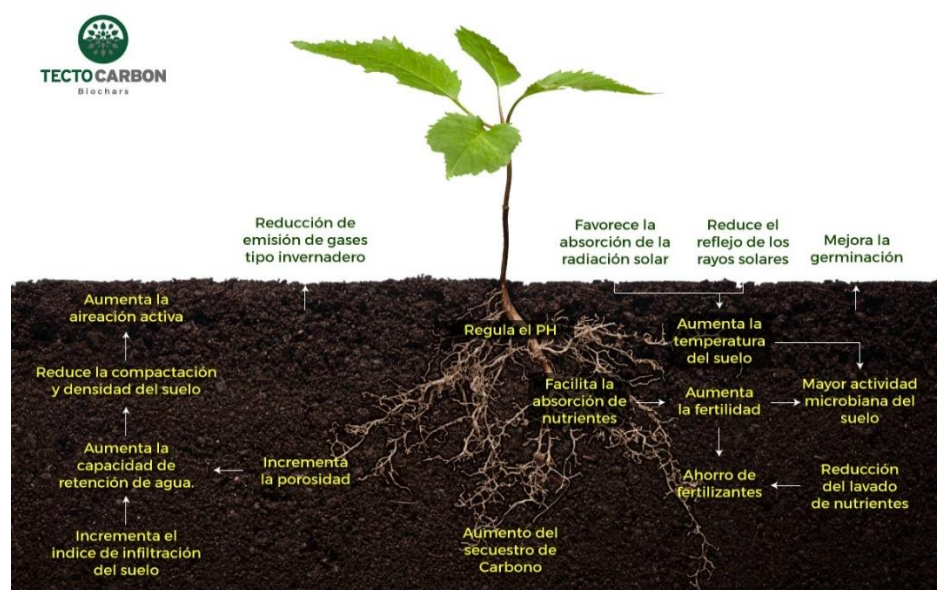
Según menciona Lehmann y Joseph en el año 2009 y Downie, el empleo del biocarbón aplicado en el suelo, se estima en forma de aparato para la retención del carbono. Amonette, (2009), dice que el biocarbón cumple la función de depósito de carbonos inestables, debido a que el bicarbón contiene una gran proporción de carbono orgánico, en el momento de aplicarlo al suelo para un mejor rendimiento, en conclusión, para el cambio climático resulta un agente separado. (Granatstein et al., 2009)

Según Tilman et al., (2009), se necesita de tecnologías apropiadas para que se tomen en cuenta las áreas de cultivo, los bosques y las selvas, para que el biocarbón colabore con la retención del carbono y disminuyan los gases de efecto invernadero, a fin de evitar tener conflictos con la seguridad en el aspecto alimenticio, el rendimiento de elaboración de combustibles naturales y la protección del medio ambiente.

Un cálculo realizado por medio de la Iniciativa Internacional del Biocarbón en el año 2009, presenta que en una cantidad del 2.1% del carbono al año producto de la fotosíntesis y aplicado en las áreas verdes, se usa en la elaboración del biocarbón, teniendo un rendimiento en el proceso de carbonización un porcentaje del 40%.

Figura 4

Efectos del biocarbón en el suelo



Nota: Aportes del Biocarbón aplicado en el suelo. Trujillo et al. (2019).

2.2.3.4. MÉTODOS EN LA APLICACIÓN AL SUELO

Según Major, (2010), se tiene varios factores para el uso del biocarbón al suelo, como son:

- Tipos y susceptibilidad a la erosión de los suelos.
- Actividades para la siembra de cultivos.
- El clima y la Humedad del ambiente.
- El uso de maquinaria o herramientas manuales a una profundidad mínima de 30 centímetros.

Se pueden colocar estructuras con molde de granos conjuntamente con otras herramientas que mejoran el suelo, como pueden ser los abonos orgánicos, a veces es necesario mojarlo, de esta manera impedir que se pierda y desplace por el aire, y este no sea inhalado por la persona que lo usa. Asimismo, el biocarbón no se debe colocar continuamente en un cultivo como se hace con el abono o compostas, pues el efecto permanece en el suelo por la forma incorregible que expresa el biocarbón.

2.2.3.5. TRATAMIENTOS DE SUELOS

Las tecnologías de remediación normalmente pueden agruparse en función de sus características de operación o finalidad, según los siguientes criterios: (i) Objetivo de la remediación, (ii) Lugar en que se aplica el proceso de remediación y (iii) Tipo de tratamiento utilizado. Además de los criterios anteriores, también pueden clasificarse en base al grado de desarrollo técnico en el que se encuentran. En función de los objetivos de remediación se puede distinguir las técnicas de contención, que aíslan el contaminante en el medio, sin actuar sobre él, las técnicas de confinamiento, que actúan mediante la alteración de las condiciones fisicoquímicas del medio reduciendo la movilidad del contaminante, y las técnicas de descontaminación, enfocadas en la disminución o eliminación de la concentración de contaminantes presentes en el medio (Gobierno de Chile, 2019).

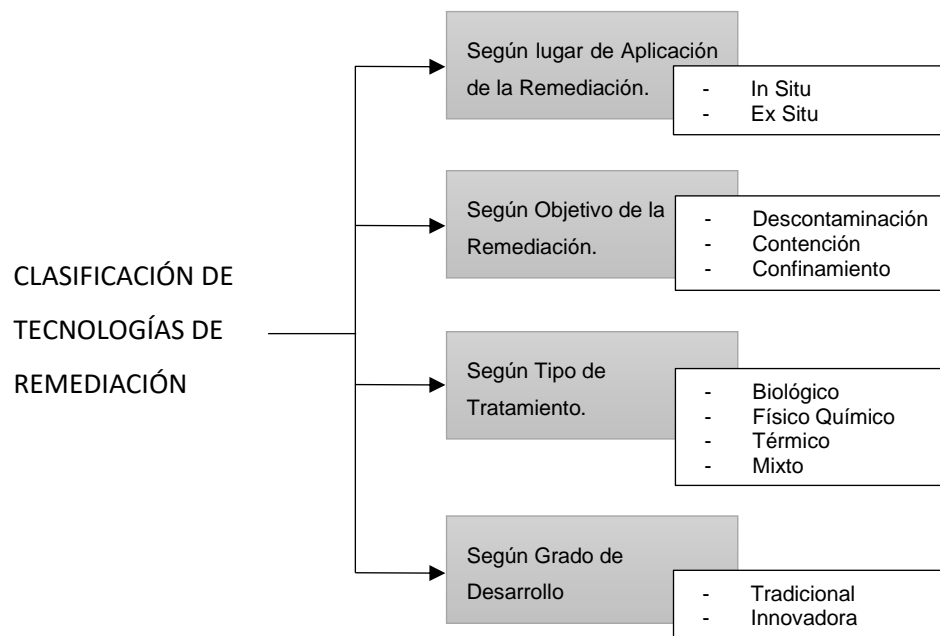
En la clasificación de las tecnologías según el tipo de tratamiento aplicado se pueden distinguir los tratamientos biológicos, que están enfocados en la degradación, transformación y/o remoción de contaminantes mediante la actividad metabólica natural de ciertos organismos, los tratamientos físico químicos, que logran la destrucción, separación y/o contención de contaminantes aprovechando las propiedades físicas y/o químicas de los contaminantes o del medio, y los tratamientos térmicos, que utilizan altas temperaturas para volatilizar, descomponer o fundir los contaminantes (Gobierno de Chile, 2019).

Finalmente, según su grado de desarrollo, son clasificadas como Tecnologías Tradicionales aquellas utilizadas comúnmente a gran escala, de probada efectividad y cuya información acerca de costos y eficiencia es de fácil acceso. Aquellas tecnologías propuestas más recientemente y que se encuentran en etapas de investigación y/o desarrollo son clasificadas como Tecnologías

Innovadoras y la información en cuanto a su aplicación, costos y efectividad es aún limitada (Gobierno de Chile, 2019).

Figura 5

Esquema de criterios para la clasificación de tecnologías de remediación de suelos



Nota: Tecnologías para la recuperación de los suelos, Gobierno de Chile (2019).

2.2.4. CONTAMINACIÓN DEL SUELO

Según Callaba en el año 2002, un suelo contaminado es una descomposición de su naturaleza, que se relaciona con la existencia de compuestos químicos. El cual se precisa como el incremento en la agrupación de las sustancias químicas, el cual causa alteraciones negativas y disminuye su potencial uso, debido a las labores humanas y también de la misma naturaleza.

Casas et al., (2017), menciona que los plásticos desechados sin supervisión, los fluidos de las materias orgánicas sin cuidado originados por trabajos agropecuarios, el uso de plaguicidas (insecticidas, herbicidas, fungicidas) sin ver la guía de aplicación o de seguridad, restos radioactivos generados por pruebas nucleares o empresas industriales, son los encargados de la contaminación del suelo natural o artificial.

Así como lo menciona Johnson, Bruce (2007-2011), los químicos, trabajos causados por las industrias, restos domésticos, municipales y ganaderos, agroquímicos y artículos provenientes del petróleo, son la causa fundamental antropogénicas de contaminación del suelo. Los químicos son soltados al exterior de la naturaleza de manera casual, como son en los casos de desbordamiento de petróleo o absorción de fluidos, o de forma intencional, como se observa en la aplicación de los fertilizantes y también los plaguicidas, riego usando el agua en condiciones no cuidadas y el uso de barro orgánico excedentes en el suelo.

2.2.4.1. CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS

Según García y Dorronsoro, (2005), un metal pesado es un elemento que se caracteriza por tener una densidad mayor o igual a 5g/cm³ en su estado natural, con número atómico que sobrepasa los 20 (sin contar los metales en sus tipos alcalinos y de la forma alcalino-térreos). El metal pesado se encuentra en la tierra en una cantidad menor al 0.1%. Conjuntamente con los metales pesados existen distintos compuestos químicos, los cuales, siendo metales ligeros o del tipo no metales, se relacionan entre sí debido a su naturaleza y reacciones asociadas. Se tiene los siguientes grupos de metales pesados:

- Oligoelementos o también denominados micronutrientes, los cuales son pedidos en pequeñas proporciones, y que son fundamentales para que los organismos acaben su fase de vida. Luego de un plazo se hacen tóxicos.
- Metales pesados que no presentan cargo en la reproducción o procesos biológicos, donde la cantidad contenida en los seres vivos resulta alteraciones y problemas en el movimiento funcional de los organismos. Estos metales presentan una toxicidad muy elevada y una de sus características es que se propagan y se almacenan en los seres vivos.

Tabla 1*Efectos de los metales en el ambiente*

Metal pesado	Efectos
Cadmio	Disminuye la germinación de semillas, contenido de lípidos, y el crecimiento de la planta; induce la producción de fitoquelatinas
Plomo	Reduce la producción de clorofila y el crecimiento de la planta; incrementa el superóxido dismutasa
Níquel	Reduce la germinación de semillas, acumulación de masa seca, producción de proteínas, clorofila y enzimas; incrementa aminoácidos libres
Mercurio	Disminuye la actividad fotosintética, absorción de agua y enzimas antioxidantes; acumula fenol y prolina
Zinc	Reduce la toxicidad del níquel y la germinación de semillas; incrementa en crecimiento de la planta y el ratio de ATP/clorofila
Cromo	Disminuye la actividad enzimática y el crecimiento de la planta; produce daño a la membrana, clorosis y daño a la raíz
Cobre	Inhibe la fotosíntesis, el crecimiento de la planta y el proceso reproductivo; disminuye la superficie de área del tilacoide

Nota: En la presente Tabla se observa los efectos que presenta al medio ambiente los metales pesados, Romero (2017).

2.2.4.2. PLOMO

Según Adriano (2001), el plomo es el metal pesado más cuantioso en la tierra, entre el grupo de metales con número atómico mayores a 60. Su presencia en los suelos no contaminados no es mayor a los 20mg.kg-1 (Davies, B. E. 1995).

La absorción del plomo, en estado de vapor, humo o polvo, resulta muy tóxico, causando saturnismo, el mismo que se almacena en los huesos de los niños hasta una edad de 6 años, siendo estos los que aspiran entre 4 a 5 veces mucha más cantidad de plomo a comparación de las personas mayores de edad, juntamente con las mujeres en estado de gestación quienes

representan a las comunidades más propensas a padecer las consecuencias del plomo. Este mismo resulta ser un elemento muy cancerígeno para los humanos, según los estudios y pruebas epidemiológico, pero no son absolutas. Lo que sí está comprobada es la cancerogenicidad en los animales, teniendo un claro ejemplo en las ratas, pues presentan carcinoma renal, gliomas y cáncer de pulmón. (IHOBE, 1998).

2.2.4.3. ORIGEN DE LA CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS

Según lo indica Novotny, V., (1995), los suelos se definen como minerales alterados meteorológicamente beneficiados mediante otras sustancias como la materia orgánica resultado del proceso de mineralización, el mismo que se encuentra en fase de putrefacción. Los metales resultan ser integrantes del suelo o simplemente son presencia de complicadas partes de las distintas figuras del mismo.

A través de fases naturales o de un proceso de un conjunto de labores del ser humano, los metales pueden almacenarse en el suelo. Su origen natural se presenta en la roca madre y minerales metálicos, su origen por parte de la humanidad, se determina por la agricultura, la metalurgia, la obtención de energía, y la microelectrónica hasta las plantas de desechos. (Alloway, B. J., 1995).

2.2.4.4. MINERÍA Y FUNDICIÓN METALIFERA

En la actualidad, los métodos de la minería y la fundición son muy prácticos y de alto rendimiento, y a consecuencia las partículas de roca ligeramente triturada y fracciones sobrantes de minerales que no se suprimieron por pruebas de división, poseen cantidades de metal parcialmente diminutas, pues según la historia, entre los años 1900 y a mediados del año 2000, estas fracciones de restos minerales contenían una alta presencia por la poca eficiencia de las

pruebas de separación de los minerales. En consecuencia, dichos cuerpos excedentes, los cuales fácilmente son trasladados por el agua y el viento, representan fuertemente una base de putrefacción de los suelos a causa de los metales, cercanas a los espacios de actividad minera y de calcinación, así como en suelos de origen fluvial. Así como lo menciona Alloway, B.J. en el año 1995.

Cuando el plomo se encuentra insertado en el suelo, las partículas de mineral presentan cambios de oxidación y proceso de meteorización que dan como resultado la integración y asignación de iones de carácter metálico presente en el suelo.

2.2.4.5. MATERIALES AGRÍCOLAS Y HORTÍCOLAS

En las zonas de fuerte actividad, las labores agrícolas representan una gran presencia de metales incluidos en el suelo, y también en diversos lugares de la tierra. Según Alloway, las principales fuentes son las siguientes:

- Fertilizantes con mezclas dañinas.
- Lodos y aguas excedentes; principalmente.
- Excremento de aves y en especial de los cerdos, por su mayor producción.
- Plaguicidas.
- Restos producto de fertilizantes biológicos.
- Derivados de la Madera.
- Oxidación de cuerpos metálicos.

2.2.4.6. DEGRADACIÓN ATMOSFÉRICA

Como menciona Adriano en el año 2001, en muchos países desarrollados, la degradación en el espacio resulta muy primordial en la presencia de metales en los suelos. Es más, varias regiones lo definen como la clave excepcional de ingreso de los metales dentro de los suelos de cultivo y vegetación, así lo define Haygarth y Jones en el año 1992, a causa de la descomposición en la superficie de las hojas o según la proporción y anomalía

cromosómica de los metales trasladados por medio del aire, los mismos que ingresan en el medio ambiente de manera singular, como lo mencionó Adriano.

Según Adriano, los semimetales ligeros pueden ser desplazados en estado gaseoso o beneficiados de partículas, estos son: Se, As, Hg y Sb, a comparación de metales que son trasladados en estado sólido como: Cu, Pb y Zn.

2.2.4.7. COMBUSTIÓN DE FUEL FÓSIL

Como manifiesta Alloway, de forma habitual, la incineración del fósil, genera la difusión de distintas cantidades de metales pesados, dentro de una amplia superficie, sin embargo, estos metales no se encuentran representativamente en todas las variedades del carbono y petróleo. La mayor producción del plomo en el ambiente es la incineración de gasolinas y ha dañado a una extensa cantidad de suelos en la tierra.

2.2.4.8. EMPRESAS METALÚRGICAS

Las empresas que realizan actividades con los metales, colaboran con el aumento de la contaminación que afecta al suelo de las siguientes maneras, según lo menciona Alloway:

- Transmisión de partículas suspendidas y sólidas que son acarreados mediante el viento y almacenados casualmente en suelos y plantas;
- Por residuos líquidos los cuales infectan a los diferentes suelos en temporadas de lluvias.
- Mediante la elaboración de tiraderos de desechos donde el contenido de metales resulta oxidados y adheridos al suelo.

En las fábricas, se hace uso de una gran variedad de metales pesados en fusiones y elaboración de aceros, en consecuencia, la producción o reciclaje de dichos materiales provocan contaminación medioambiental (Alloway, J., 1995b).

2.2.4.9. INDUSTRIA MICROELECTRÓNICA

Para MAFF (1986), la Contaminación Medioambiental existe por medio de la elaboración de semiconductos, diferentes cableados, contactos y distintos utensilios de carácter eléctrico, a base de varios metales pesados. Así como de la fusión accidental de los residuos con el suelo (Alloway, J., 1995b).

2.2.4.10. INDUSTRIAS QUÍMICAS

Según MAFF, y Alloway, entre otras causas de la descomposición de los suelos debido a los metales pesados, se presentan las empresas que elaboran o desechan baterías, restos de pinturas y tintes, motores, macromoléculas estabilizantes, plásticos sintéticos, productos medicinales, compuesto adicional en aceites y lubricantes, etc.

2.2.4.11. ELIMINACIÓN DE RESIDUOS

La contaminación generada en los suelos a causa de los metales pesados se da por la aglomeración y expulsión de desechos domésticos, municipales e manufactureros. (Alloway, J., 1995b).

Si en el almacén de desechos sólidos municipales, no se realiza en un adecuado ambiente y que esté preparado para dicha actividad, puede provocar que los metales pesados se mezclen o dispersen en el suelo, como también en las aguas tanto subterráneas y superficiales. Por otro lado, al no contar con materiales y herramientas adecuadas de control frente a la contaminación, la calcinación de desechos lleva a la difusión de partículas suspendidas en el aire de ciertos metales. (Alloway, J., 1995b).

La aglomeración a corto plazo de desechos industriales, los que se originan de los trabajos producto de las actividades mineras, calcinación y metalurgia a base del uso del agua, provocan una

contaminación en el suelo de una gran dimensión, el mismo que no se evidencia hasta el momento que no se realiza un estudio a detalle de la zona cuando en dicho lugar ya no realiza las actividades antes mencionadas. (Alloway, J., 1995b).

2.2.4.12. ACTIVIDADES DEPORTIVAS, GUERRAS Y ENTRENAMIENTOS MILITARES

Algunos tipos de suelos se pueden contaminar con ciertos metales pesados como Pb, Sb y en algunas ocasiones con Ni, mediante prácticas deportivas como la caza. (Alloway, J., 1995b)

Asimismo, las zonas y lugares donde se realizaron batallas y contiendas, se encuentran relevantemente contaminadas. Adicionalmente, la contaminación por metales pesados también se presenta en los suelos donde se realizan entrenamientos y prácticas de aspecto militar, así como zonas y puntos de carácter aéreo y también de la fuerza naval. (Alloway, J., 1995b).

2.2.5. MARCO LEGAL

El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) es un instrumento de gestión ambiental que se establece para medir el estado de la calidad del ambiente en el territorio nacional. Los ECA para Suelo constituyen un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, y son aplicables para aquellos parámetros asociados a las actividades productivas, extractivas y de servicios (DS N° 011 – MINAM, 2017).

En esta investigación, se utilizó como referencia para los valores del ECA la Guía de Calidad Ambiental Canadiense, el cual es la normativa original del D.S. N° 011-2017-MINAM.

Tabla 2*Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo (Inorgánicos)*

Parámetros en mg/kg PS	Usos del Suelo		
	Suelo Agrícola	Suelo Residencial/ Parque	Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivo
Arsénico	50	50	140
Cadmio	1,4	10	22
Cobre	63	63	91
Plomo	70	140	800

Nota: En la tabla 2 tenemos los valores de los Estándares de Calidad para suelos, (Guía de Calidad Ambiental Canadiense – CEQG, 2006).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

SUELO: Según el ISO, (2013), el suelo se define como el manto superior de la cubierta de la tierra producto de la descomposición y transformaciones físico-químicos y biológicos. Los cuerpos minerales, materia orgánica, agua, aire y seres vivos son parte del suelo, distribuidos en líneas genéticas de suelo.

CONTAMINACIÓN DEL SUELO: La FAO (2019), menciona que cuando la concentración de un químico o sustancia es mucho mayor de la que daría de forma natural, no exactamente provocaría daños. Es decir, la existencia de un producto químico o sustancia liberada y/o contenida en una concentración mayor de lo común tiene resultados diferentes sobre cualquier ser vivo al que no está determinado.

ADSORCIÓN: Se define a la Adsorción como una fase en la que una sustancia se concentra sobre el contorno de otra fase sólida o líquida. Estimado como una anomalía dada de forma superficial. Haciendo que la sustancia el cual se conglera en la cubierta se denomine adsorbato y que la etapa que la acoge se denomine adsorbente. (Castellan, 1987; Maron y Prutton, 1977).

PLOMO: Rubio et al, (2004), define al plomo como un metal pesado que provoca efectos de carácter tóxicos que afectan al conducto gastrointestinal, como también el sistema renal sobre el SNC y circundante, como interrupciones en los sistemas proteínicos contenidos en la integración del grupo hemo.

BIOCARBÓN: Lehmann y Joseph, (2009), define al biocarbón como una mezcla abundante en carbono, el cual resulta cuando la biomasa como son la madera, estiércol o las hojas, se calcinan en un ambiente cerrado sin oxígeno, producido a fin de mejorar la productividad en el aspecto agrícola del suelo cuando es aplicada a ella.

GALLINAZA: La gallinaza según Arévalo et al., (2018), es un conjunto de heces y orina conseguidos de la gallina o pollo doméstico, la misma que también forma parte de la fracción que no es comestible de los alimentos, resultado de la transpiración de los órganos, organismos diminutos de la zona intestinal, distintas sales minerales, partes de las aves como plumas y cantidades pequeñas de materiales extraños.

2.4. HIPÓTESIS

H1: La adsorción con distintas dosis de biocarbón de gallinaza es eficaz en la restauración del suelo contaminado con metales pesados.

H0: La adsorción con distintas dosis de biocarbón de gallinaza no es eficaz en la restauración del suelo contaminado con metales pesados.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACIÓN

Biocarbón de Gallinaza

2.5.2. VARIABLE EVALUATIVA

Restauración del suelo contaminado

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 3

Operacionalización de variables

VARIABLE CALIBRACIÓN	INDICADORES	VALOR FINAL	TIPO DE VARIABLE	INSTRUMENTOS
Biocarbón de gallinaza	<ul style="list-style-type: none"> - Dosis de Biocarbón a partir de gallinaza - Tiempo de pirolisis - Temperatura de pirolisis 	<ul style="list-style-type: none"> - Biocarbón al 10% - Biocarbón al 20% - 2 horas - 400 °C 	-Numérica continua	<ul style="list-style-type: none"> - Balanza - Cronometro - Horno mufla
VARIABLE EVALUATIVA	INDICADORES	VALOR FINAL	TIPO DE VARIABLE	INSTRUMENTOS
Restauración del Suelo contaminado	Propiedades mecánicas:			
	<ul style="list-style-type: none"> - Arena - Arcilla - Limo 	- %	- Numérica continua	<ul style="list-style-type: none"> - Mallas de separación - Vibrador mecánico
	Propiedades químicas:			
	<ul style="list-style-type: none"> - Concentración de metales pesados - pH 	<ul style="list-style-type: none"> - ppm - 0-14 	- Numérica continua	<ul style="list-style-type: none"> - Voltímetro - PH metro

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo prospectivo, porque los datos que conciernen al presente estudio fueron recogidos al momento de elaborar la investigación; es decir, son datos primarios y controlados. Asimismo, la investigación es de tipo analítico, ya que posee más de una variable analítica. (Supo y Zacarías, 2020)

De la misma manera, se realizó estudios de varias variables en un tiempo determinado, por lo que resulta en un tipo Transversal; adicionalmente, la investigación es de tipo con intervención, ya que mi persona fue la encargada de realizar todas las pruebas, análisis y resultados. (Supo y Zacarías, 2020)

3.1.1. ENFOQUE

El estudio se desarrolló con un enfoque de manera cuantitativo debido a que se hace uso de la estadística en el análisis de datos y resultados. (Supo y Zacarias, 2020)

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El estudio tuvo un nivel de tipo aplicativo, pues la propuesta de solución realizada fue para beneficio de la población identificada. Se usó técnicas y métodos estadísticos los cuales llevaron a analizar el logro de la intervención según procesos, determinación de respuestas e intensidad. Por ello se identificó los indicadores que son requeridos de manera adecuada, y demostrar la eficacia de estos ante el problema. (Supo y Zacarías, 2020)

3.1.3. DISEÑO

El estudio presentó un tipo de diseño EXPERIMENTO VERDADERO (Supo y Zacarías, 2020). Dicho estudio se determinó según el siguiente esquema:

El diagrama es el siguiente:

$$GE_1 = O_1 \rightarrow X_1 \rightarrow O_2$$

$$GE_2 = O_1 \rightarrow X_2 \rightarrow O_2$$

GE: Grupo de estudio

O_1 : Observación inicial

X_1 : Tratamiento con el biocarbón de gallinaza al 10%

X_2 : Tratamiento con el biocarbón de gallinaza al 20%

O_2 : Observación final

Figura 6

Grupo de Estudio GE1 = O1 - X1 - O2



Nota: En esta figura describimos el proceso del Grupo de Estudio 1 aplicando el 10 % del biocarbón de gallinaza a los 5 maceteros de suelo.

Figura 7

Grupo de Estudio GE2 = O1 - X2 - O2



Nota: En esta figura describimos el proceso del Grupo de Estudio 2 aplicando el 20 % del biochar de gallinaza a los 5 maceteros de suelo.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

El estudio tuvo en total una población de 28 Ha de suelo contaminado con metales pesados, el cual se encuentra ubicado en la localidad de Chicrin del Distrito de Yanacancha, Provincia de Pasco y Departamento de Cerro de Pasco, tal como se muestra en el mapa del Anexo 2.

Tabla 4

Coordenadas específicas

Coordenadas específicas	
Zona	18L
Norte	8830704.89 m S
Este	369575.43 m E

Nota: En la presente Tabla se encuentra las coordenadas en UTM de la zona de Extracción de la muestra de suelo.

3.2.2. MUESTRA

El estudio tuvo como tiempo de elaboración entre el rango de los meses de enero y junio del año 2023, con un total de 6 meses. Asimismo, tuvo como muestra 50 kg de suelo contaminado por metales pesados que se obtuvo de un área de 4 m², el cual sirvió para completar 10 maceteros de 2kg cada uno.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 5

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Variable	Indicador	Técnica	Instrumentos
Restauración de suelo	Propiedades mecánicas: - Arena - Arcilla - Limo	Observación	- Mallas - Vibrador mecánico
	Propiedades químicas: - Concentración de metales pesados - ph		- Voltametría - Medidor de pH

Nota: En la presente Tabla se encuentra las técnicas e instrumentos que servirán para realizar el recojo de información de las propiedades del suelo.

3.3.1.1. PROTOCOLO DE MUESTREO DEL SUELO

El procedimiento realizado para la obtención de la muestra del Suelo de la Localidad de Chicrin fue de la siguiente manera:

- En primer lugar, por motivos de que las Zonas mineras en la provincia de Pasco son restringidos para personal externo, se sacó un permiso a fin de que me permita obtener una pequeña muestra representativa del Suelo In Situ; en consecuencia, se extrajo la muestra de Suelo de un solo punto, aplicando las técnicas apropiadas según normativa, que consiste en señalar el área a extraer.
- Luego de la Señalización del espacio del cual se sacará la muestra de Suelo, con ayuda de las herramientas manuales (pico, pala y barreta pequeño), se realiza una excavación con una profundidad de 30cm, ya que la encargada de la zona no me permitió excavar a una mayor profundidad, obteniendo de

esta manera una muestra representativa del Suelo de la Localidad de Chicrin.

- Para finalizar, la muestra extraída se coloca en una bolsa hermética y forrada con cinta de embalaje, a fin de que no se pierda las propiedades mecánicas de la muestra del Suelo en exposición al medio ambiente.

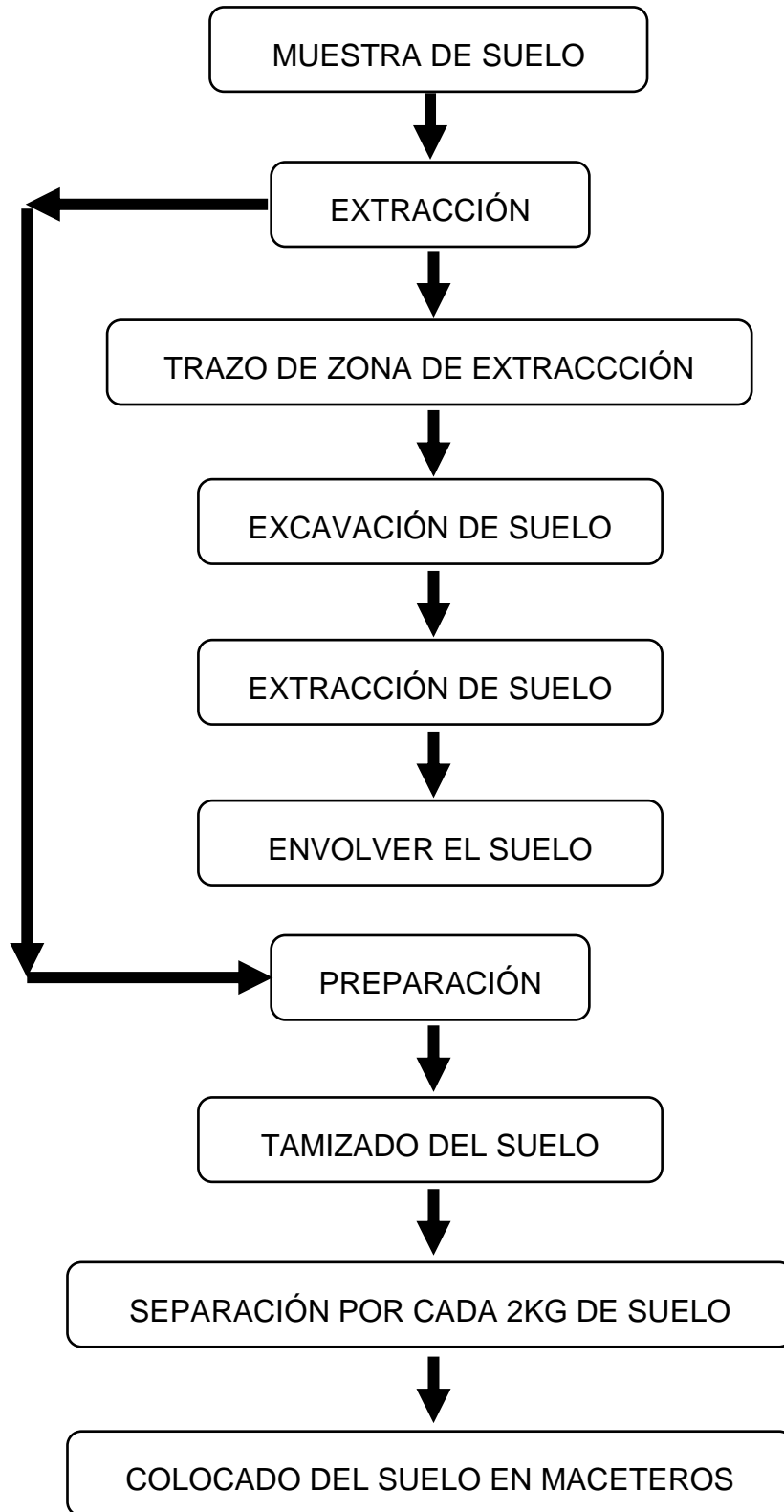
3.3.1.2. PREPARACIÓN DEL SUELO

- Una vez obtenido la muestra del Suelo de la zona de Chicrin, se realiza el tamizado de la muestra, a fin de obtener las características óptimas y representativas del Suelo, puesto que In Situ se encontraba con hierba y malezas, los cuales evitan un análisis preciso de la presencia de Metales Pesados en el suelo extraído correspondiente a la muestra representativa en la Localidad de Chicrin.

- Luego de realizado el tamizado de la muestra de Suelo, se procede a colocar en cada macetero una cantidad de 2 kg de Suelo contaminado con Metales Pesados, para culminar con la introducción del biocarbón de gallinaza en las proporciones del 10% Y 20%.

Figura 8

Flujograma del Procedimiento del muestreo del Suelo



Nota: En el presente flujograma se observa los pasos realizados para la obtención de la muestra del suelo contaminado.

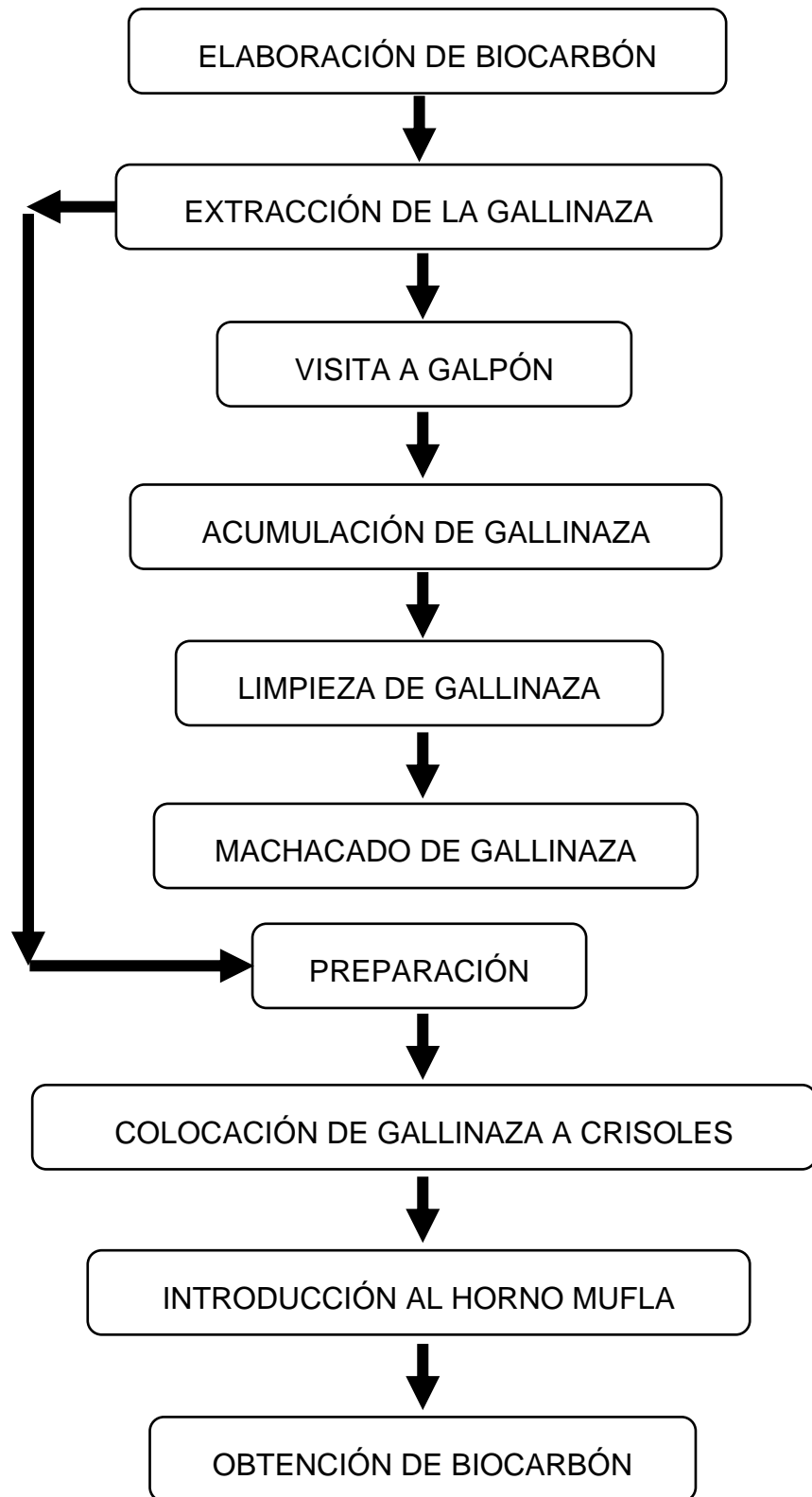
3.3.1.3. PROTOCOLO DE ELABORACIÓN DEL BIOCARBÓN

Para la obtención del Biocarbón de Gallinaza, se realizó el procedimiento de la siguiente manera:

- Como primer procedimiento, se hace la extracción de 10 kg de Gallinaza el cual se encuentra en los Galpones donde se cría las gallinas de raza New Hampshire, con la autorización del dueño.
- A causa de que en la Universidad de Huánuco no cuenta con un laboratorio especializado para la obtención del Biocarbón, se llevó la gallinaza al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, a fin de realizar la pirolisis lenta que se necesita para obtener el biocarbón puro.
- Una vez en el Laboratorio de la UNAS, se quita los elementos inservibles de la Gallinaza y se machaca con un mortero, con el objetivo de obtener partículas pequeñas y la pirolisis se proceda de una manera más sencilla y rápida.
- Luego de obtener la Gallinaza en partículas más pequeñas, se coloca en 10 crisoles una cantidad de 20 gr de gallinaza en cada una, para finalmente colocarlos en el Horno Mufla y obtener el biocarbón.
- Por último, una vez realizado la pirolisis con el Horno Mufla por cada 200 gr de Gallinaza se obtiene 70 gr de Biocarbón, repitiendo el procedimiento una y otra vez cada 2 horas, hasta acumular una cantidad de 3 kg de Biocarbón, los cuales se necesita para realizar el procedimiento de adsorción de los metales pesados presentes en el Suelo Contaminado de la Localidad de Chicrin.
- La aplicación del biocarbón al suelo contaminado de cada macetero, se realiza con cuidado en las proporciones de 10% y 20% de biocarbón en los 2 kg de macetero, realizando la mezcla con una paleta manual, dicha mezcla se dejará actuar por un período de 45 días calendarios manteniendo las muestras en un lugar con temperatura ambiente.

Figura 9

Flujograma del Procedimiento de la Elaboración del Biocarbón



Nota: En el presente flujograma se observa los pasos realizados para la obtención del Biocarbón de Gallinaza.

3.3.2. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Para mi proyecto de estudio titulado “Eficacia de la adsorción con distintas dosis de biocarbón de gallinaza para restaurar el suelo contaminado con metales pesados” se utilizó la siguiente técnica:

Tabla 6

Técnicas para el procesamiento y análisis de información

Etapa	Técnica
Procesamiento	Recolección, ordenamiento, y codificación de datos
Análisis	<ul style="list-style-type: none">- Sistemas de datos (presentación de tablas y datos) con MS, Excel y SPSS versión 24.- Redacción científica

Nota: En la presente Tabla se encuentra las técnicas que se realizará para el procesamiento de la información recogida para el análisis de los resultados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. ANÁLISIS MECÁNICO

Tabla 7

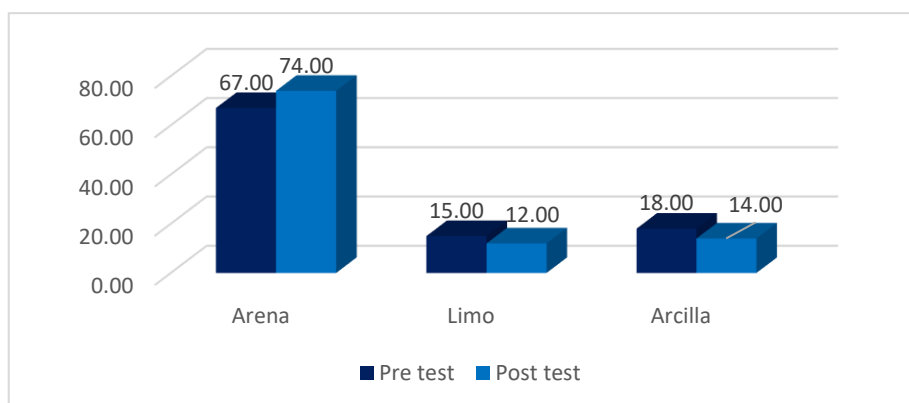
Análisis mecánico del suelo contaminado con metales pesados antes y después de la intervención con el biocarbón de gallinaza

	Pre test	Post test	95% de intervalo de confianza		
			Error estándar	Límite inferior	Límite superior
Arena	67.00	74.00	0.00	67.00	67.00
Limo	15.00	12.00	0.00	15.00	15.00
Arcilla	18.00	14.00	0.00	14.00	14.00

Nota: Datos recolectados previo y posterior a la intervención.

Figura 10

Análisis mecánico del suelo contaminado con metales pesados antes y después de la intervención con el biocarbón de gallinaza



Nota: Datos recolectados previo y posterior a la intervención.

Según el gráfico de barras, la evaluación muestra que se ha dado un incremento de 10.44% en el porcentaje de arena en el suelo, un decremento de 20.0% en el caso del limo y un decremento de 22.2% en el caso de la arcilla.

4.1.2. ANÁLISIS POTENCIAL DE HIDRÓGENO

Tabla 8

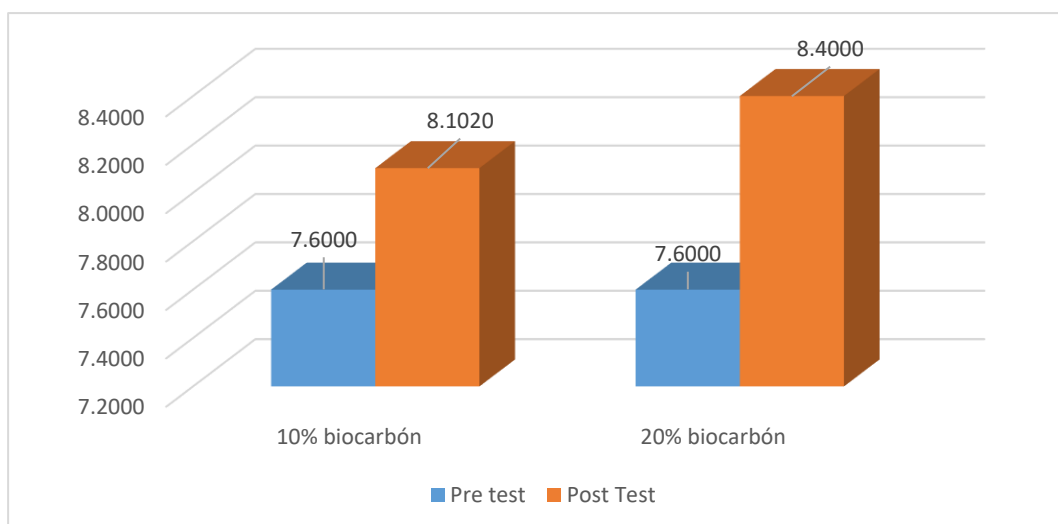
Análisis del potencial de Hidrógeno del suelo contaminado con metales pesados antes y después de la intervención con el biocarbón de gallinaza

pH	10% biocarbón	20% biocarbón
Pre test	7.6000	7.6000
Post Test	8.1020	8.4000
Error estándar	0.01772	0.01703
Límite inferior	8.0528	8.3527
Límite superior	8.1512	8.4473

Nota: Datos recolectados previo y posterior a la intervención.

Figura 11

Análisis del potencial de Hidrógeno del suelo contaminado con metales pesados antes y después de la intervención con el biocarbón de gallinaza



Nota: Datos recolectados previo y posterior a la intervención.

En el gráfico de barras, se aprecia que con la dosis de 10% de biocarbón, el pH se incrementó en un 6.6%, mientras que con la dosis de 20% de biocarbón, el incremento se dio en un 10.5%.

4.1.3. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE COBRE Y CADMIO

Tabla 9

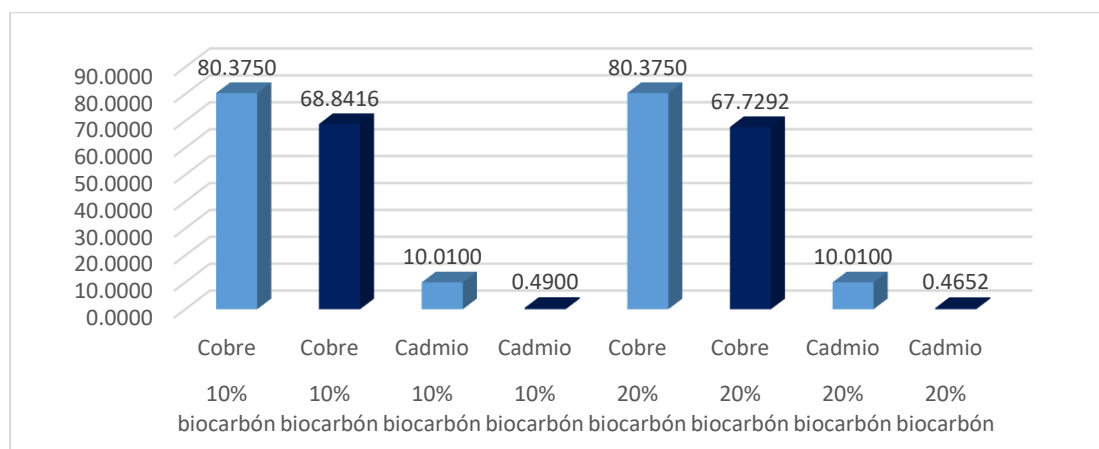
Análisis de la concentración de cobre y cadmio en el suelo contaminado con metales pesados antes y después de la intervención con el biocarbón de gallinaza

		Media	Error estándar	Límite inferior	Límite superior
10% biocarbón	Cobre	80.3750	0.00000	80.3750	80.3750
	Cobre	68.8416	2.45759	62.0182	75.6650
	Cadmio	10.0100	0.00000	10.0100	10.0100
	Cadmio	0.4900	0.04912	0.3536	0.6264
20% biocarbón	Cobre	80.3750	0.00000	80.3750	80.3750
	Cobre	67.7292	1.42448	63.7742	71.6842
	Cadmio	10.0100	0.00000	10.0100	10.0100
	Cadmio	0.4652	0.03386	0.3712	0.5592

Nota: Datos recolectados previo y posterior a la intervención.

Figura 12

Análisis de la concentración de cobre y cadmio en el suelo contaminado con metales pesados antes y después de la intervención con el biocarbón de gallinaza



Nota: Datos recolectados previo y posterior a la intervención.

En el gráfico de barras se aprecia que, en todos los casos intervenidos se ha dado una disminución de la concentración del metal pesado, ya sea con la dosis de 10% o 20% de biocarbón aplicado al suelo, sin embargo, se aprecia que descriptivamente hay una mayor disminución con la dosis de 20% de biocarbón aplicado al suelo.

4.1.4. PRUEBA DE NORMALIDAD

Tabla 10

Prueba de normalidad de los datos

	Grupo	Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Est.	gl	Sig.	Est.	gl	Sig.
Cu_DIF	1,00	0,328	5	0,083	0,814	5	0,104
	2,00	0,372	5	0,053	0,757	5	0,055
Cd_DIF	1,00	0,194	5	0,200*	0,940	5	0,665
	2,00	0,302	5	0,153	0,860	5	0,229
pH_DIF	1,00	0,160	5	0,200*	0,982	5	0,945
	2,00	0,105	5	0,200*	,999	5	1,000

Nota: Resultados de la Prueba de Normalidad.

Los resultados de la prueba nos indican que es posible el empleo de una prueba estadística paramétrica, ya que el valor de la significancia obtenido es superior a 5%, por lo que el estadístico que se ajusta según la naturaleza de los datos es **la prueba de t de Student para muestras relacionadas**.

4.1.5. CONTRASTACION DE HIPOTESIS

En el estudio, se ha planteado la siguiente hipótesis:

H1: La adsorción con distintas dosis de biocarbón de gallinaza es eficaz en la restauración del suelo contaminado con metales pesados.

La hipótesis nula niega la afirmación anterior.

Nivel de significancia: 5%

Estadístico de prueba: t de Student para muestras relacionadas

Cálculo del p-valor

Tabla 11

Prueba estadística con t de Student para muestras relacionadas

		Diferencias emparejadas			Significación		
		Media	Desv. estándar	Media de error estándar	gl	P de un factor	P de dos factores
Par 1	pH - pH	0.65100	0.16128	0.05100	9	0.000	0.000
Par 2	Cu - Cu	-12.08960	4.27488	1.35184	9	0.000	0.000
Par 3	Cd - Cd	-9.53240	0.08989	0.02843	9	0.000	0.000

Nota: Resultados para la muestra relacionada utilizando la prueba estadística con t de student.

El valor P obtenido nos indica que existe diferencia en los resultados obtenidos en la recuperación de suelos en los indicadores del pH, concentración de cobre y concentración de cadmio. Los valores descriptivos nos muestran las diferencias existentes.

Tabla 12*Tabla comparativa de resultados*

Indicador	Valores óptimos	Pre test	Interpretación	Post test	Interpretación
Arena					
10% biocarbón	45%	67%	Supera lo permitido	74%	Supera lo permitido
20% biocarbón	45%	67%	Supera lo permitido	74%	Supera lo permitido
Arcilla					
10% biocarbón	15%	18%	Supera lo permitido	14%	Cumple el estándar
20% biocarbón	15%	18%	Supera lo permitido	14%	Cumple el estándar
Limo					
10% biocarbón	40%	15%	Cumple el estándar	12%	Cumple el estándar
20% biocarbón	40%	15%	Cumple el estándar	12%	Cumple el estándar
pH					
10% biocarbón	6.0-7.0	7.60	Suelo alcalino	8.10	Suelo alcalino
20% biocarbón	6.0-7.0	7.60	Suelo alcalino	8.40	Suelo alcalino
Cu					
10% biocarbón	63 mg/Kg	80.38	Supera lo permitido	68.84	Supera lo permitido
20% biocarbón	63 mg/Kg	80.38	Supera lo permitido	67.73	Supera lo permitido
Cd					
10% biocarbón	1.4 mg/Kg	10.01	Supera lo permitido	0.49	Cumple el estándar
20% biocarbón	1.4 mg/Kg	10.01	Supera lo permitido	0.47	Cumple el estándar

Nota: En la tabla 12 se muestra los resultados del análisis de las propiedades mecánicas y químicas del suelo.

CAPITULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

Los resultados que se obtuvieron en el periodo de 45 días de la toma de muestra de suelo son lo siguiente:

Iniciando con los resultados del Análisis base del suelo contaminado extraído de la localidad de Chicrin, distrito de Yanacancha, Provincia de Pasco, se obtuvo que es un Suelo Franco Arenoso, pues en sus características mecánicas presentan un 67% de Arena, un 18% de Arcilla y un 15% de Limo; asimismo, posee un Potencial de Hidrógeno (pH) inicial de 7.60 y una Concentración de metales pesados: 80.375 ppm de Cobre y 10.010 ppm de Cadmio. Estos datos, en comparación con la norma vigente del D.S. N° 011-2017-MINAM, el cual aprueba los estándares de Calidad Ambiental (ECA) de los suelos, determina que para suelos agrícolas debe tener una concentración máxima de 63 ppm de Cobre y 1.4 ppm de Cadmio, por lo que dicho suelo sobrepasa los límites normados por la Legislación Ambiental Peruana.

La elaboración del biocarbón de gallinaza se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), utilizando un Horno Muffla para quemar la biomasa de gallinaza pura, el cual fue machacado con un mortero a fin de obtener partículas pequeñas obteniendo un quemado uniforme a una temperatura de 400°C en un tiempo de 2 horas, obteniendo un total de 3 kg de biocarbón de gallinaza para las 10 muestras de suelo de 2kg cada uno, 5 muestras de 10% y 5 muestras de 20% de biocarbón.

Conforme al objetivo específico 1: El biocarbon de gallinaza se distribuye a todas las muestras en las proporciones del 10% y 20% con respecto a los 2kg de suelo contaminado en cada muestra, dejándose actuar al biocarbón por un periodo de 45 días en un ambiente natural. Transcurrido el periodo de prueba se realiza un nuevo análisis del suelo obteniéndose los siguientes resultados: para las características mecánicas del suelo se obtuvo

un 74% de Arena, 14% de Arcilla y 12% de Limo, el cual para un suelo agrícola debería tener 45% de Arena, 15% de Arcilla y 40% de Limo.

Conforme al objetivo específico 2: La aplicación del biocarbón de gallinaza al suelo contaminado, hizo que el Potencial de Hidrógeno (pH) aumentara, obteniendo para el 10% de biocarbón un (pH) de 8.10 y para el 20% de biocarbón un (pH) de 8.40, comparándolo con los estándares del (pH) para suelos agrícolas los cuales se encuentran entre 6 y 7, los valores obtenidos describen un suelo Alcalino, pues presenta (pH) mayor que 8.

Conforme al objetivo específico 3: Se obtuvo la disminución de la concentración de metales pesados, obteniendo para el 10% de biocarbón de gallinaza una concentración de 68.842 ppm de Cobre y 0.490 ppm de Cadmio, y para el 20% de biocarbón de gallinaza, una concentración de 67.729 ppm de Cobre y 0.465 ppm de Cadmio, comparándolo con los límites del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para suelos, el Cadmio disminuyó por debajo del límite de 1.4 ppm el cual lo hace apto para un suelo agrícola mientras que para el cobre sigue por encima de los 63 ppm permitido por el ECA para uso agrícola del suelo.

La presente investigación a comparación de la tesis de Condeña (2017), en la que usa el bagazo de la caña de azúcar para elaborar biocarbón, fue de mayor impacto en la disminución de la concentración de Cadmio, ya que el suelo contaminado de Chicrin presentaba una cantidad menor a los permitido de plomo, representándose de esta manera que tanto el biocarbón de gallinaza y el biocarbon de bagazo de caña de azúcar disminuyen el contenido de concentración de metales pesados. Asimismo, comparándolo con la tesis de Ponce (2020), en la que su resultado más eficiente fue el uso de biocarbón de Residuos de Excretas de Cabra al 20% para disminuir el contenido de plomo del suelo contaminado, tiene un resultado similar a la presente investigación ya que el resultado más óptimo con el biocarbón de gallinaza fue al 20% para disminuir el contenido de Cadmio siendo más eficiente para este metal.

Por lo tanto, con la presente investigación, podemos confirmar que el biocarbón de gallinaza si es eficiente para disminuir el contenido de los

metales según el porcentaje que le apliquemos al suelo, considerando que a mayor porcentaje de biocarbón mayor será la disminución de concentración de metales pesados en un suelo contaminado, por los resultados obtenidos en esta investigación.

CONCLUSIONES

Con respecto al objetivo principal:

Se concluye que la incorporación del biocarbón de gallinaza al suelo contaminado permite el cumplimiento de los estándares de calidad del suelo según el DS-011-2017-MINAM en los indicadores de la arcilla y el Cadmio, haciéndolos aptos para su uso en la agricultura. Por otro lado, no se aprecia el cumplimiento de los estándares en el caso de la arena, el limo, el pH y la concentración de cobre.

Con respecto a los objetivos específicos:

- Se concluye que la incorporación del biocarbón de gallinaza al suelo contaminado, permite que aumente las propiedades mecánicas de la Arena haciendo que aumente el porcentaje de 64% a 74%. Por otro lado, se reduce las propiedades mecánicas de la Arcilla y Limo, reduciendo de 18% a 14% y de 15% a 12% respectivamente.
- Se concluye que la incorporación del biocarbón de gallinaza al suelo contaminado, permite el aumento del potencial de Hidrógeno (pH), obteniéndose un (pH) inicial de 7.60 en suelo extraído ex Situ, y después con la aplicación del biocarbón al 10% aumenta el (pH) a 8.10 y con biocarbón al 20% aumenta el (pH) a 8.40, haciendo que el suelo sea más alcalino, ya que el límite de (pH) para suelos agrícolas se encuentra entre los valores de 6 y 7.
- Se concluye que la incorporación del biocarbón de gallinaza al suelo contaminado, permite la reducción de la concentración de los metales pesados: Cobre (Cu) y Cadmio (Cd), donde inicialmente se tenía una concentración de 80.375 ppm de Cu y 10.010 ppm de Cd, luego de aplicado el biocarbón se obtuvo para el 10% una concentración de 68.842 ppm de Cu y 0.490 ppm de Cd, y para el 20% una concentración de 67.729 ppm de Cu y 0.465 ppm de Cd. Teniendo presente los límites de Estándar de Calidad del Suelo que para el Cobre es 63 ppm y el Cadmio es 1.4 ppm, cumple con la disminución del Cadmio más no del Cobre.

RECOMENDACIONES

- Para aplicar este tipo de investigaciones utilizando diferentes formas de biomasa, se recomienda a la Universidad de Huánuco, implementar un Laboratorio de Análisis de Suelo, evitando trasladarse a otras universidades alejadas de nuestro entorno, lo cual genera más gasto.
- Para la obtención de resultados verídicos y confiables, se recomienda a los futuros investigadores, realizar estudios completos del suelo, para un análisis más detallado que permita entender a fondo la problemática de los suelos con presencia de metales pesados y poder reducir la contaminación que existe en nuestro medio ambiente.
- Se recomienda expandir el estudio con diferentes tipos de biomasa, los cuales en la actualidad ocasionan daño a nuestro medio ambiente, a fin de analizar la eficiencia de sus características como biocarbon y reducir la contaminación presente en los suelos agrícolas de las localidades en las que se practica la minería.
- Para realizar un continuo avance en la gestión y control de los residuos orgánicos, se recomienda a los municipios y entidades correspondientes, implementar medidas correctivas y difundir la información del uso del biocarbón aprovechando los beneficios que tiene sobre el suelo, para mitigar la contaminación a causa de la minería y reducir los problemas de salud de los habitantes de las localidades en las que presentan suelos contaminados a causa de metales pesados.
- Para obtener un resultado óptimo y una biomasa pura con todas sus propiedades, se recomienda dejar secar la gallinaza y separar los elementos externos como plumas, piedras y suciedad que pueda generarse en las avícolas o corrales, a fin de elaborar un biocarbón rico en carbón puro que tenga más impacto regenerativo en los suelos contaminados con metales pesados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akala, V. and R. Lal. 2001. *Soil organic carbon pools and sequestration rates in reclaimed Mineseils in Ohio*. *J. Environ. Qual.* 30: 2098-2104.
<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/jeq2001.2098>
- Amonette, J. 2009. *An introduction to biochar: Concept, processes, properties, and applications*. Harvesting Clean Energy 9. Special Workshop.
www.harvestcleanenergy.org/conference/HCE9/Post-conference/PPT/JeanAmonette.pdf. (Consulta: marzo 13, 2013).
- Antal, Jr. and M. Gronli. 2003. *The art, science, and technology of charcoal production*. *Ind. Eng. Chem. Res.* 42: 1619-1640.
<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ie0207919>
- Arévalo, H, Puglla, C, Danilo, J. (2018). *Valoración nutricional de la gallinaza para alimentación animal y procesos industriales (Master's thesis, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Maestría en Nutrición y Producción Animal)*. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/14805>
- Ascencios, J. (2018). *Gestión de residuos sólidos en la ciudad de Aucayacu, Región Huánuco- Perú*. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Federico Villareal.
<http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2768/ASENCIOS%20CERNA%20DESCARTE%20JAIRO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Baldock, A. and J. Smernik. 2002. *Composición Química y Biodisponibilidad de Pinus Resinosa Alterado Térmicamente*. *Organismo Geoquímica*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0146638002000621>
- Brendová, P. Tlustos, J. Száková, and J. Habart. 2012. *Propiedades del Biocarbón de Diferentes Materiales de Origen Vegetal*.
https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Biochar+properties+fro

m+different+materials+of+plant+origin&author=Brendov%C3%A1+K.&author=Ilustos+P.&author=Sz%C3%A1kov%C3%A1+J.&author=Habart+J.&publication_year=2012&journal=Eur.+Chem.+Bull&volume=1&pages=535-9

Brick, S. 2010. *Biochar: Assessing the promise and risks to guide U.S. policy*. Natural Resources Defense Council. USA. http://www.nrdc.org/energy/files/biochar_paper.pdf.

Callaba A. & Iribarren I. & Canteli P. (2002). *Protección del suelo y el desarrollo sostenible*. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, serie: Medio Ambiente N° 06. <https://books.google.es/books?id=ACfelJyx0UC&pg=PA25&dq=La+contaminaci%C3%B3n+del+suelo+es&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjSm8HTtfnRAhXCz4MKHVVKAPEQ6AEIPjAH#v=onepage&q=La%20contaminaci%C3%B3n%20del%20suelo%20es&f=false>

Casas J. & Gea F. & Javaloyes E. & Martín A. & Pérez J. A. & Triguero I. & Vives F. (2007). *Educación Medioambiental*. https://books.google.es/books?id=JDhoUfDmsvEC&pg=PA39&dq=definici%C3%B3n++contaminaci%C3%B3n+suelo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjKweiPt_nRAhWH6oMKHXvgAN4Q6AEIHzAA#v=onepage&q=definici%C3%B3n%20%20contaminaci%C3%B3n%20suelo&f=false

Castellan, W. (1987) *Fisicoquímica*. Editorial Addison Wesley Longman, 2° edición. -México, D.F. pp. 452-459.

Chen H, J. Lehmann, and M. H. Engelhard. 2008. *Oxidación Natural del Carbono Negro en Suelos: Cambios en la forma molecular y la carga superficial a lo largo de una secuencia climática*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016703708000306>

Czernik, S. and A. V. Bridgwater. 2004. *Descripción General de las Aplicaciones del Aceite de Pirólisis rápida de Biomasa*.
<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ef034067u>

Decreto Supremo N° 011 – MINAM (2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. Diario el peruano.
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-suelo-0>

De Gryze, S., M. Cullen, and L. Durschinger. 2010. *Evaluación de las Oportunidades para generar compensaciones de carbono a partir del secuestro de Biocarbón en el Suelo. Reserva de Acción Climática*.
http://www.climateactionreserve.org/wp-content/uploads/2009/03/Soil_Sequestration_Biochar_Issue_Paper1.pdf

Demirbas, F. 2009. *Biorrefinerías para la mejora de Biocombustibles: Una Revisión Crítica*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261909001676>

Downie, A., A. Crosky, and P. Munroe. 2009. *Propiedades Físicas del Biocarbón. Pág. 13-30. Biochar para la Gestión Ambiental: Ciencia y Tecnología*.
https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=w-CUty_JlfcC&oi=fnd&pg=PA13&ots=cpeVGYU_C8&sig=Mom_Fb2zQrnhMebmClghCH280FY&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Escobar, J. 2002. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. CEPAL.
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6411/S0210820_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Farag, I., E. LaClair, and C. J. Barrett. 2002. *Technical, environmental and economic feasibility of bio-oil in New Hampshire's north country*. New Hampshire Industrial Research Center. www.unh.edu/p2/biooil/bounhif.pdf.

García I. y Dorronsoro C. 2005. *Contaminación por metales pesados*. Departamento de edafología y química agrícola de España.

Gheorghe, C., C. Marculescu, A. Badea, C. Dinca, and T. Apostol. 2009. *Effect of pyrolysis conditions on bio-char production from biomass*. pp. 239-241. In: Proceedings of the 3rd WSEAS Int. Conf. on Renewable Energy

Granatstein, D., E. Kruger, H. Collins, S. Galinato, M. Garcia-Perez, and J. Yoder. 2009. *Use of biochar from the pyrolysis of waste organic material as a soil amendment. Final report*. Center for Sustaining Agriculture and Natural Resources. Washington State University. Wenatchee, WA, USA. <https://apps.ecology.wa.gov/publications/documents/0907062.pdf>

Gobierno de Chile (2019). Manual de tecnologías de remediación sitios contaminados. CORFO. https://fch.cl/wp-content/uploads/2019/10/manual-de-tecnologias-de-remediacion-de-sitios-contaminados_baja-1.pdf

Hammes, K., J. Smernick, O. Skjemstad, A. Herzog, U. Vogt, and M. W. I. Schmidt. 2006. *Synthesis and characterization of laboratory-charred grass straw (*Oriza sativa*) and chesnut wood (*Castanea sativa*) as reference materials for black carbon quantification*. *Org. Geochem.* 37: 1629-1633. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0146638006001653>

- Herrera, D. (2018). *Pirólisis de biomasas para la obtención de biocarbón y su efecto en el rendimiento del tomate. Coatepeque: Universidad Rafael Landívar.*
- Hiller, E., A. Fargasova, L. Zemanova, and M. Bartal. 2007. *Influence of wheat ash on the MCPA immobilization in agricultural soils. Bull. Environ. Contaminat. Toxicol.* 79: 478-481. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00128-007-9023-z>
- Huerta de la Cruz, J. (2019). *Influencia del Biocarbón elaborado con residuos sólidos orgánicos sobre la calidad y producción del cultivo de la papa en el centro experimental ecológico de Tuyu Ruri, noviembre 2018 a abril 2019.* Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
File:///C:/Users/User/Downloads/T033_76262382_T%20(8).pdf
- IBI (International Biochar Initiative). 2012. *Standardized product definition and product testing guidelines for biochar that is used in soil.* www.biochar-international.org
- IBI (International Biochar Initiative). 2009. *How much carbon can biochar systems offset-and when?*, obtenido de: http://www.biochar-international.org/images/final_carbon.pdf.
- Iglesias, S. (2018). *Aplicación de Biochar a partir de biomasa residual de eucalipto para evaluar la productividad con maíz en el austro ecuatoriano.* Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ippolito, J., D. Lentz, J. Novak, A. Spokas, P. Collins, and J. Streubel. 2011. *Biochar usage: Pros and cons. Western Nutrient Management Conference.* 9: 93-98. Reno, NV, USA. <https://eprints.nwisrl.ars.usda.gov/id/eprint/1522/>.

- Johnson, B (2007-11). *Talking and Listening in the Age of Modernity: Essays on the history of sound* , obtenido de: <http://press-files.anu.edu.au/downloads/press/p27481/pdf/ch0910.pdf>
- Krull, E., R. Kookana, R. Smernik, A. McBeath, S. Jahanshahi, J. McGowan, S. Donne, and J. Lehmann. 2010. *Agronomic and environmental implications of biochar sourcing, production and application. 3rd International Biochar Conference IBI 2010 Progressing from Terra Preta de Indois to the Whole World. International Biochar Initiative. Identifier: EP104238. Rio de Janeiro.*
- Laird, D., R. Brown, J. Amonette, and J. Lehmann. 2009. *Review of the pyrolysis platform for coproducing bio-oil and biochar. Biofpr 3: 547-562.* <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bbb.169>
- Lehmann, J. and S. Joseph. 2009. *Biochar for environmental management. Science and technology. Earthscan. UK-USA.* https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=NjngCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR3&ots=oNA1Imekpz&sig=rSu9mSU8XA8Ppz8zBYCrG17TPAg&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Lehmann, J. 2007. *Bio-energy in the black. Front. Ecol. Environ. 5: 381-387.* <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1890/1540-9295%282007%295%5B381%3ABITB%5D2.0.CO%3B2>
- Major, J. 2010. *Guidelines on practical aspects of biochar application to field soil in various soil management systems. International Biochar Initiative.* www.biochar-international.org. <https://biogrow.co.za/wp-content/uploads/2017/11/Biochar-Info-BI1.pdf>
- Maron S., Prutton, C. (1997) *Fundamentos de fisicoquímica*. Editorial Limusa, México, D.F. pp. 822-828

- Martínez, M., M. Torres, A. Guzmán, and M. Maestri. 2006. *Preparation and characteristics of activated carbon from olive stones and walnut shells. Ind. Crops Prod.* 23: 23-28.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669005000373>
- Martínez, E., P. Fuentes, and E. Acevedo. 2008. *Carbono orgánico y propiedades del suelo. J. Soil Sc. Plant Nutr.* 8: 68-96.
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-27912008000100006&script=sci_arttext
- McLaughlin, H., S. Anderson, E. Shields, and T. Reed. 2009. *All biochars are not created equal, and how to tell them apart. North American Biochar Conference. Boulder, CO* <http://www.biochar-international.org/sites/default/files/All-Biochars--Version2--Oct2009.pdf>.
- Mullen, Ch., A. Boateng, B. Hicks, M. Goldberg, and A. Moreau. 2010. *Analysis and comparison of bio-oil produced by fast pyrolysis from three barley biomass/byproduct streams. Eng. Fuels* 24: 699-706.
<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ef900912s>
- Novak, J., I. Lima, B. Xing, W. Gaskin, C. Steiner, K.C. Das, M. Ahmedna, D. Rehrh, D.W. Watts, W. J. Busscher, and H. Schomberg. 2009. *Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. Ann. Environ. Sci.* 3: 195-206.
 Obtenido de:
<https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/42103630/Characterization>
- Qiu, S., A. J. McComb, and R. W. Bell. 2008. *Ratios of C, N and P in soil water direct microbial immobilization-mineralization and N availability in nutrient amended sandy soils in southwestern Australia. Agric. Ecosyst. Environ.* 127: 93-99.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880908000716>

Rouquerol, F., I. Rouquerol, and K. Sing. 1999. *Adsorption by powders and porous solids*. Academic Press. ISBN: 978-0-12-598920-6. London, UK.
https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=UOE-ZscCYncC&oi=fnd&pg=PP1&ots=0TWSJCsmoA&sig=EHtRtxlCrM5LKxjejlP9vokYWcw&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

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. Universidad Cesar Vallejo.

Santa, A. (2020). Efectos de la aplicación del biochar en un suelo contaminado por elementos traza. Universidad de Sevilla.
https://digital.csic.es/bitstream/10261/239586/1/Efectos_aplicaci%c3%b3n_biochar_suelo_contaminado_elementos_traza%20%28TFG%29.pdf

Sadaka, S. 2007. 2. PYROLYSIS. *Center for sustainable environmental technologies. Department of Agricultural and Biosystems Engineering. Iowa State University. Nevada.*
<http://bioweb.sungrant.org/NR/rdonlyres/57BCB4D0-1F59-4BC3-A4DD-4B72E9A3DA30/0/Pyrolysis.pdf>.

Schaczinski, J. 2010. Biochar and Sustainable Agriculture. pp. 1-12. In: H. Michels (ed.). *National Sustainable Agriculture Information Service*
www.attra.ncar.org/attra-pub/biochr.html or www.attra.ncat.org/attra-pub/PDF/biochar.pdf.

Schmidt, M. and A. Noack. 2000. *Black carbon in soils and sediments: Analysis, distribution, implications, and current challenges*. *Global Biogeochem. Cycles* 14: 777-793.
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/1999gb001208>

- Sohi, S., E. Krull, E. Lopez-Capel, and R. Bol. 2010. *A review of biochar and its use and function in soil*. *Adv. Agron.* 105: 47-82. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065211310050029>
- Supo J. & Zacarías H. (2020). *Metodología de la Investigación: Para las ciencias de la Salud y las Ciencias Sociales*. Edición España. <https://www.amazon.com/-/es/Dr-Jos%C3%A9-Supo/dp/B08BWFKWLB>
- Tilman, D., R. Socolow, J. A. Foley, J. Hill, E. Larson, L. Lynd, S. Pacala, J. Reilly, T. Searchinger, C. Somerville, and R. Williams. 2009. *Beneficial biofuels - the food, energy, and environment trilemma*. *Science* 325: 270-271. <https://science.sciencemag.org/content/325/5938/270.summary>
- Titirici, M., A. Thomas, and M. Antonietti. 2007. Back in the black: *¿Hydrothermal carbonization of plant material as an efficient chemical process to treat the CO2 problem?* *New J. Chem.* 31: 787-789. <https://pubs.rsc.org/fa/content/articlelanding/2007/nj/b616045j/unauth#!divAbstract>
- Verheijen, F., S. Jeffery, A. Bastos, M. van der Velde, and I. Diafas. 2009. *Biochar application to soils - A critical scientific review of effects on soil properties. Processes and Functions*. EUR 24099 EN, Office for the Official Publications of the European Communities. Luxembourg.
- Woolf, D., J. Amonette, F. Street-Perrott, J. Lehmann, and S. Joseph. 2010. *Sustainable biochar to mitigate global climate change*. *Nat. Commun.* 1: 56.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Cabello Ponce, S. (2023). *Eficacia de la Adsorción con distintas dosis de Biocarbón de Gallinaza para restaurar el suelo contaminado con metales pesados del centro poblado de Chicrin, Pasco – 2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

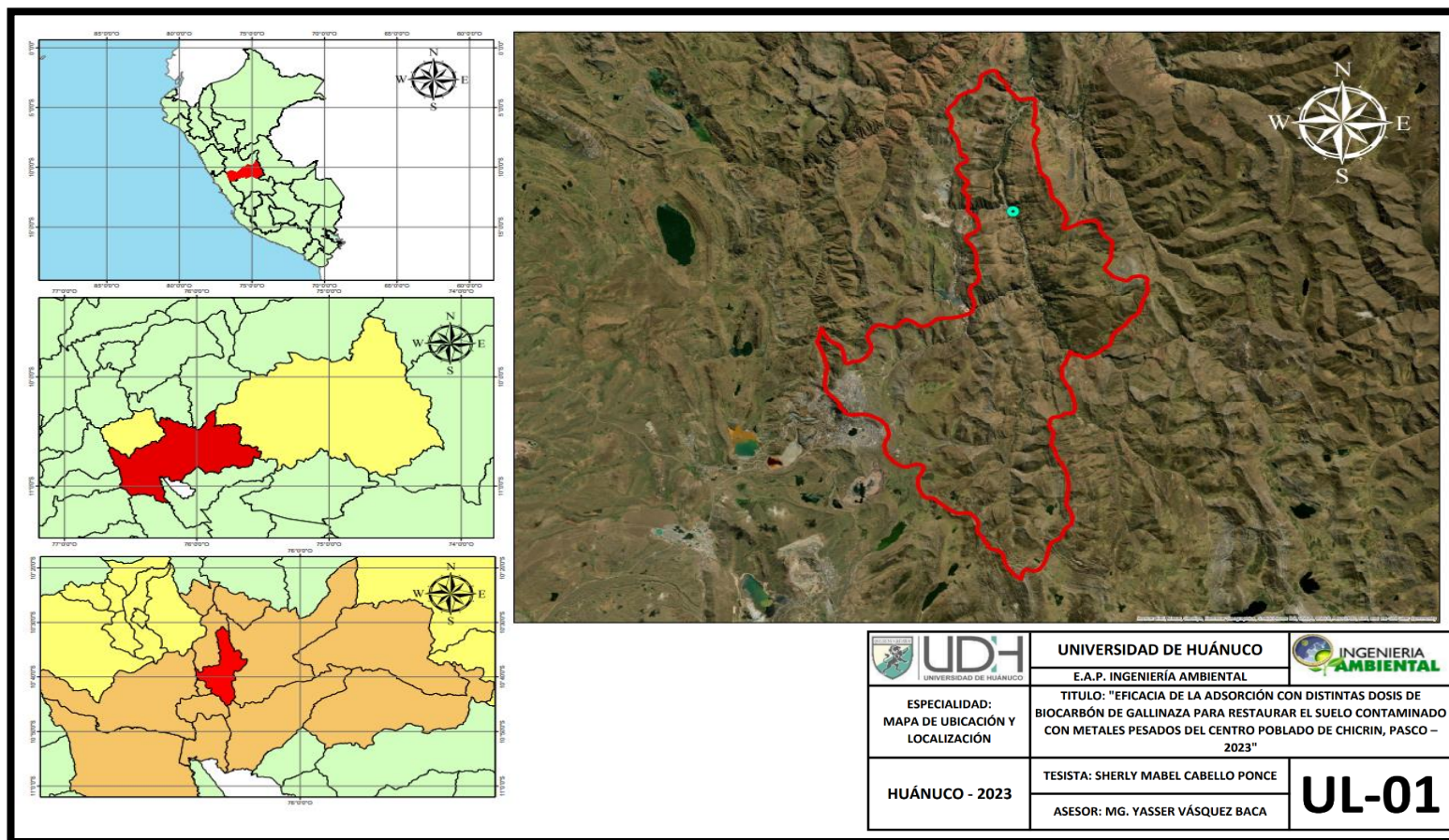
MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: “Eficacia de la adsorción con distintas dosis de biocarbón de gallinaza para restaurar el suelo contaminado con metales pesados del centro poblado de Chicrin, Pasco – 2023”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES/ INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cuál es la eficacia de la adsorción con distintas dosis de biocarbón de gallinaza para restaurar el suelo contaminado con metales pesados del centro poblado de Chicrin, Pasco – 2023?	Evaluar la eficacia de la adsorción con distintas dosis de biocarbón de gallinaza para restaurar el suelo contaminado con metales pesados del centro poblado de Chicrin, Pasco – 2023.	H1: La adsorción con distintas dosis de biocarbón de gallinaza es eficaz en la restauración del suelo contaminado con metales pesados.	Variable calibración Biocarbón de gallinaza	de Tipo: Estudio prospectivo, con intervención, analítico y transversal. de Enfoque: Cuantitativo.
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICO	H0: La adsorción con distintas dosis de biocarbón de gallinaza no es eficaz en la restauración del suelo contaminado con metales pesados.	Variable evaluativa Restaurar suelo Propiedades mecánicas: - Arena - Limo - Arcilla Propiedades químicas: - Concentración de metales pesados - Ph.	el Nivel: Aplicativo Población y muestra: Población 28 ha y muestra 50 kg. Diseño: Experimento Verdadero como se presenta a continuación: $GE_1 = O_1 \rightarrow X_1 \rightarrow O_2$ $GE_2 = O_1 \rightarrow X_2 \rightarrow O_2$
¿Cuáles son las propiedades mecánicas del suelo contaminado con metales pesados antes y después de la aplicación de distintas dosis de biocarbón de gallinaza?	Identificar las propiedades mecánicas del suelo contaminado con metales pesados antes y después de la aplicación de distintas dosis de biocarbón de gallinaza.	H0: La adsorción con distintas dosis de biocarbón de gallinaza no es eficaz en la restauración del suelo contaminado con metales pesados.	Variable evaluativa Restaurar suelo Propiedades mecánicas: - Arena - Limo - Arcilla Propiedades químicas: - Concentración de metales pesados - Ph.	el Nivel: Aplicativo Población y muestra: Población 28 ha y muestra 50 kg. Diseño: Experimento Verdadero como se presenta a continuación: $GE_1 = O_1 \rightarrow X_1 \rightarrow O_2$ $GE_2 = O_1 \rightarrow X_2 \rightarrow O_2$
¿Cuáles son las características de acidez del suelo contaminado con metales pesados antes y después de la aplicación de distintas dosis de biocarbón de gallinaza?	Identificar las características de acidez del suelo contaminado con metales pesados antes y después de la aplicación de distintas dosis de biocarbón de gallinaza.	H0: La adsorción con distintas dosis de biocarbón de gallinaza no es eficaz en la restauración del suelo contaminado con metales pesados.	Variable evaluativa Restaurar suelo Propiedades mecánicas: - Arena - Limo - Arcilla Propiedades químicas: - Concentración de metales pesados - Ph.	el Nivel: Aplicativo Población y muestra: Población 28 ha y muestra 50 kg. Diseño: Experimento Verdadero como se presenta a continuación: $GE_1 = O_1 \rightarrow X_1 \rightarrow O_2$ $GE_2 = O_1 \rightarrow X_2 \rightarrow O_2$
¿Cómo es la concentración de metales pesados del suelo contaminado antes y después de la aplicación de distintas dosis de biocarbón de gallinaza?	Identificar la concentración de metales pesados del suelo contaminado antes y después de la aplicación de distintas dosis de biocarbón de gallinaza.	H0: La adsorción con distintas dosis de biocarbón de gallinaza no es eficaz en la restauración del suelo contaminado con metales pesados.	Variable evaluativa Restaurar suelo Propiedades mecánicas: - Arena - Limo - Arcilla Propiedades químicas: - Concentración de metales pesados - Ph.	el Nivel: Aplicativo Población y muestra: Población 28 ha y muestra 50 kg. Diseño: Experimento Verdadero como se presenta a continuación: $GE_1 = O_1 \rightarrow X_1 \rightarrow O_2$ $GE_2 = O_1 \rightarrow X_2 \rightarrow O_2$

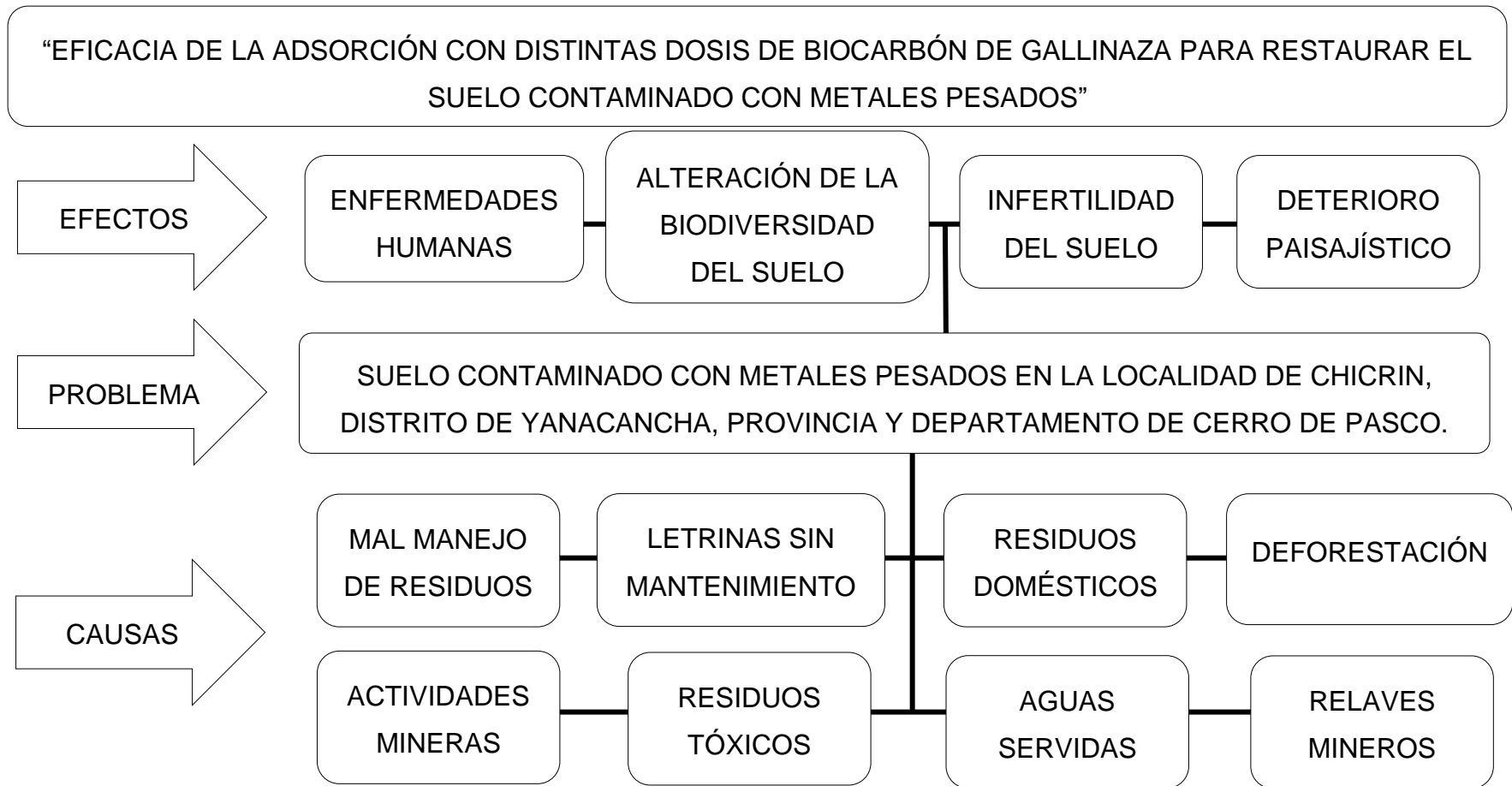
ANEXO 2

PLANO DE UBICACIÓN



ANEXO 3

DIAGRAMA DE CAUSA/EFEECTO





ANEXO 4

DIAGRAMA DE MEDIOS Y FINES



ANEXO 5

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

	FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS						
"EFICACIA DE LA ADSORCIÓN CON DISTINTAS DOSIS DE BIOCARBÓN DE GALLINAZA PARA RESTAURAR EL SUELO CONTAMINADO CON METALES PESADOS DEL CENTRO POBLADO DE CHICRIN, PASCO - 2023"							
RESPONSABLE	Sherly Mabel Cabello Ponce						
ASESOR	Mg. Yasser Vásquez Baca						
LUGAR	Localidad Chicrin - Cerro de Pasco						
BIOCARBÓN DE GALLINAZA	Dosis		Tiempo de calcinación			Temperatura de pirólisis	
	10%	20%					
RESTAURAR EL SUELO	Humedad	Densidad	Color	Textura	Ph	Concentración de cadmio	Concentración de cobre
OBSERVACIÓN DURANTE EL PROCESO DE LA EJECUCIÓN							

ANEXO 6

RESULTADOS DE LABORATORIO



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

1. DATOS

SOLICITANTE:	SHERLY MABEL PONCE CABELLO	MUESTREADO POR:	SHERLY MABEL PONCE CABELLO
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	27/03/2023
PROVINCIA:	HUANUCO	FECHA DE INCICIO DE ENSAYO:	27/03/2023
DISTRITO:	AMARILIS	FECHA DE REPORTE:	31/03/2023
LOCALIDAD:	MATAMARCA	RECIBO O FACTURA:	23009034
CULTIVO:	LECHUGA HORTALIZAS	OBSERVACIÓN:	---

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS		ANALISIS MECANICO			pH	Densidad	H°	Color	Cd	Pb	
			Arena	Arcilla	Limo							
	CODIGO DEL LAB.	CODIGO DEL SOLICITANTE	%	%	%	Textura	1:1	g/cm ³	%	Notación de Munsell	total	
1	S0514	M1	67	18	15	Franco Arenoso	7.60	1.353	2.17	seco 5YR 4/6 húmedo 5YR 3/4	10.01	29.81

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Ing° GILMER MILTON NEIRA TRUJILLO
Profesional del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

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



ANALISIS ESPECIAL



1. DATOS

SOLICITANTE:	CABELLO PONCE SHERLY MABEL	MUESTREADO POR:	CABELLO PONCE SHERLY MABEL
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	10/04/2023
PROVINCIA:	HUANUCO	FECHA DE INCICIO DE ENSAYO:	10/04/2023
DISTRITO:	AMARILIS	FECHA DE REPORTE:	15/05/2023
LOCALIDAD:	MATAMARCA	RECIBO O FACTURA:	23013289
FUENTE:	LECHUGA HORTALIZAS	OBSERVACIÓN:	

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS		METALES PESADOS
	MUESTRA	COD LAB	Cu
			total
			ppm
1	suelo	E0063	80.3750

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Tingo María

 Ing. GILMER MILTON NEIRA TROJILLO
 Profesional del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Tingo María

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

analisisdesuelosunas@hotmail.com

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531



ANALISIS DEL BIOCARBON



1. DATOS

SOLICITANTE:	CABELLO PONCE SHERLY MABEL	MUESTREADO POR:	CABELLO PONCE SHERLY MABEL
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCIÓN:	14/04/2023
PROVINCIA:	HUANUCO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	27/03/2023
DISTRITO:	HUANUCO	FECHA DE REPORTE:	18/04/2023
BIOMASA:	GALLINAZA	RECIBO O FACTURA:	23017634
NOMBRE DE LA PARCELA:	----	OBSERVACIÓN:	---

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

	CODIGO DEL LAB.	BIOCARBÓN	PH	C (%)	N (%)	H (%)	C/N	P (%)	K (%)	Bet (m2 g-1)	Vp (cm3 g-1)	Dp (nm)
1	B0090-21	BIOCARBON	9.20	30.13	2.32	1.17	12.99	0.91	1.59	11.64	0.011	3.970

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMIA

[Signature]
ING. JHON GERMAN MANGILLA MIRAYA
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531



ANALISIS DE SUELOS

LASAE



1. DATOS

SOLICITANTE:	CABELLO PONCE SHERLY MABEL	MUESTREADO POR:	CABELLO PONCE SHERLY MABEL
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCIÓN:	14/06/2023
PROVINCIA:	HUANUCO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	15/06/2023
DISTRITO:	AMARILIS	FECHA DE REPORTE:	26/06/2023
CASERÍO:	CHICRIN	RECIBO O FACTURA:	23016870
NOMBRE DE LA PARCELA:	----	OBSERVACIÓN:	---

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

Nº	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO				pH	dS/m	M.O.	N	C	P	K	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables %	Ácidos Cambiables %	Saturación de Aluminio %
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural																		
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA DEL SOLICITANTE	%	%	%		1:1	1:1	%	%	%	ppm	ppm											
1	E0090-11	BIOCARBON 10% M1	74	14	12	Arena Franca	8.05	5.310	0.570	0.029	0.331	149.010	191.166	11.752	9.694	1.460	0.414	0.185	0.000	0.000	--	100.000	0.000	0.000
2	E0090-12	BIOCARBON 10% M2	74	14	12	Arena Franca	8.15	6.210	0.570	0.029	0.331	153.940	190.367	11.577	9.322	1.575	0.447	0.234	0.000	0.000	--	100.000	0.000	0.000
3	E0090-13	BIOCARBON 10% M3	74	14	12	Arena Franca	8.10	5.760	0.570	0.029	0.331	151.475	190.767	11.665	9.508	1.518	0.431	0.210	0.000	0.000	--	100.000	0.000	0.000
4	E0090-14	BIOCARBON 10% M4	74	14	12	Arena Franca	8.13	5.535	0.570	0.029	0.331	150.243	190.966	11.708	9.601	1.489	0.422	0.197	0.000	0.000	--	100.000	0.000	0.000
5	E0090-15	BIOCARBON 10% M5	74	14	12	Arena Franca	8.08	5.985	0.570	0.029	0.331	152.708	190.567	11.621	9.415	1.546	0.439	0.222	0.000	0.000	--	100.000	0.000	0.000
6	E0090-16	BIOCARBON 20% M1	74	14	12	Arena Franca	8.45	8.910	0.570	0.029	0.331	168.729	187.968	11.053	8.205	1.920	0.545	0.382	0.000	0.000	--	100.000	0.000	0.000
7	E0090-17	BIOCARBON 20% M2	74	14	12	Arena Franca	8.35	8.010	0.570	0.029	0.331	163.799	188.768	11.228	8.577	1.805	0.512	0.333	0.000	0.000	--	100.000	0.000	0.000
8	E0090-18	BIOCARBON 20% M3	74	14	12	Arena Franca	8.40	8.460	0.570	0.029	0.331	166.264	188.368	11.141	8.391	1.863	0.529	0.358	0.000	0.000	--	100.000	0.000	0.000
9	E0090-19	BIOCARBON 20% M4	74	14	12	Arena Franca	8.38	8.235	0.570	0.029	0.331	167.497	188.168	11.097	8.298	1.891	0.537	0.370	0.000	0.000	--	100.000	0.000	0.000
10	E0090-20	BIOCARBON 20% M5	74	14	12	Arena Franca	8.42	8.685	0.570	0.029	0.331	165.032	188.568	11.184	8.484	1.834	0.520	0.345	0.000	0.000	--	100.000	0.000	0.000

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
[Firma]
DR. JOSE GERMAN MARSHALLA MIMAYA
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531



ANÁLISIS ESPECIAL



1. DATOS

SOLICITANTE:	CABELLO PONCE SHERLY MABEL	MUESTREADO POR:	CABELLO PONCE SHERLY MABEL
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCIÓN:	14/06/2023
PROVINCIA:	HUANUCO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	15/06/2023
DISTRITO:	AMARILIS	FECHA DE REPORTE:	26/06/2023
CASERÍO:	CHICRIN	RECIBO O FACTURA:	23016870
NOMBRE DE LA PARCELA:	----	OBSERVACIÓN:	---

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS		METALES PESADOS	
			Cu	Cd
	MUESTRA	COD LAB	Total ppm	Total ppm
1	biocarbon 10% M1	E0090-1	78.133	0.650
2	biocarbon 20% M1	E0090-2	68.150	0.375
3	biocarbon 10% M2	E0090-3	65.008	0.525
4	biocarbon 20% M2	E0090-4	64.467	0.400
5	biocarbon 10% M3	E0090-5	68.450	0.500
6	biocarbon 20% M3	E0090-6	66.158	0.425
7	biocarbon 10% M4	E0090-7	73.292	0.575
8	biocarbon 20% M4	E0090-8	67.154	0.400
9	biocarbon 10% M5	E0090-9	66.729	0.513
10	biocarbon 20% M5	E0090-10	65.313	0.413

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

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



ANEXO 7

PANEL FOTOGRÁFICO



Extracción del Suelo Contaminado de la localidad de Chicrin – Pasco.



Recopilación de Gallinaza de un galpón.



Machacado de la Gallinaza en el mortero de Laboratorio.



Colocado de los crisoles con la gallinaza en el Horno Mufla.



Resultado del Biocarbón de gallinaza a 400°C por 2 Horas.



Verificación de pesos y contextura del Biocarbón de Gallinaza.



Tamizado del suelo contaminado a través de las mallas de acero.



Aplicación del biocarbón de gallinaza en cada muestra de suelo contaminado.



Mezclado del Biocarbón con el suelo contaminado para obtener una composición uniforme.



Resultado final de las 5 muestras al 10% y 5 muestras al 20% de biocarbón.