

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

“Aplicación del biochar de tara (*Caesalpinia spinosa*) generado en pirólisis lenta para la bioestimulación de suelo degradado, Huánuco; 2022 - 2023”

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

AUTORA: Martel Andrade, Andrea Estefany

ASESOR: Calixto Vargas, Simeón Edmundo

HUÁNUCO – PERÚ

2023

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Biotecnología y Nanotecnología

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Biotecnología ambiental

Disciplina: Biotecnología ambiental

D

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): 48173075

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22471306

Grado/Título: Maestro en administración de la educación

Código ORCID: 0000-0002-5114-4114

DATOS DE LOS JURADOS:

H

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
2	Morales Aquino, Milton Edwin	Maestro en ingeniería, con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	44342697	0000-0002-2250-3288
3	Duran Nieva, Alejandro Rolando	Biologo-microbiologo	21257549	0000-0001-5596-0445



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:00 horas del día 21 del mes de noviembre del año 2023, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

- Mg. Frank Erick Cámara Llanos (Presidente)
- Mg. Milton Edwin Morales Aquino (Secretario)
- Blgo. Alejandro Rolando Duran Nieva (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 2720-2023-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"APLICACIÓN DEL BIOCHAR DE TARA (*Caesalpinia spinosa*) GENERADO EN PIRÓLISIS LENTA PARA LA BIOESTIMULACIÓN DE SUELO DEGRADADO, HUÁNUCO; 2022 - 2023"**, presentado por el (la) Bach. **MARTEL ANDRADE, ANDREA ESTEFANY**, 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 **16:10** horas del día **21** del mes de **NOVIEMBRE** del año **2023**, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

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

Mg. Milton Edwin Morales Aquino
ORCID: 0000-0002-2250-3288
Secretario

Blgo. Alejandro Rolando Duran Nieva
ORCID: 0000-0001-5596-0445

Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, SIMEÓN EDMUNDO CALIXTO VARGAS, asesor(a) del PA. INGENIERIA AMBIENTAL y designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2557—2022 D-FI-UDH del 13 de Diciembre del 2022; de la Bachiller **ANDREA ESTEFANY, MARTEL ANDRADE**, hace constar que: El proyecto de tesis titulado: “APLICACIÓN DEL BIOCHAR DE TARA (Caesalpinia spinosa) GENERADO EN PIROLISIS LENTA PARA BIOESTIMULACION DE SUELO DEGRADADO, HUÁNUCO;2022 - 2023”

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del 22% verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Antiplagio 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, 04 de Enero de 2024



Calixto Vargas Simeón Edmundo
INGENIERO AGRONOMO
Reg. CIP N° 32739

DOCENTE ASESOR
DNI N° 22471306
CODIGO ORCID N° 0000-0002-5114-4114

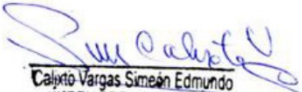
INFORME FINAL DE TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%	22%	3%	11%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	Submitted to Universidad de la Amazonia Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	1%
6	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	1%
7	www.researchgate.net Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	documentop.com Fuente de Internet	1%


Calisto Vargas Simeón Edmundo
INGENIERO AGRÓNOMO
Reg. CIP N° 32739

DOCENTE ASESOR
DNI N° 22471306
CODIGO ORCID N° 0000-0002-5114-4114

DEDICATORIA

A mis queridos padres que me apoyaron durante toda mi etapa universitaria y hasta la actualidad, por haberme forjado con buenos valores y motivado a cumplir siempre todos mis sueños.

A mis hermanos que me ayudan a ser mejor cada día, siendo reflejo de ellos como hermana mayor, motivándolos a cumplir y culminar todo lo que nos proponemos.

A mi abuelo que está en el cielo, pero sé que siempre desde donde esté él me cuida, me guía e ilumina mi camino para continuar con mis anhelos y sueños próximos.

AGRADECIMIENTOS

Mi mayor agradecimiento a Dios quien me ha encaminado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante.

A mi familia por su apoyo incondicional y ánimo constante, además su increíble perseverancia a lo largo de mis estudios, la etapa profesional y mi vida diaria.

A mi asesor en esta investigación, Mg. Calixto Vargas, Simeón Edmundo, por haberme brindado su apoyo y conocimiento a lo largo del proyecto.

Y, por último, agradezco también a todas las personas que me ayudaron y apoyaron a crecer personal y profesionalmente, me refiero a mis familiares, amigos más cercanos, compañeros de estudios y compañeros de trabajos.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPÍTULO I	12
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	13
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	13
1.3. OBJETIVOS	14
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	14
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.6.1. VIABILIDAD AMBIENTAL	16
1.6.2. VIABILIDAD OPERATIVA	16
1.6.3. VIABILIDAD TÉCNICA	16
1.6.4. VIABILIDAD SOCIAL	16
1.6.5. VIABILIDAD ECONÓMICA	16
CAPÍTULO II	17
MARCO TEÓRICO	17
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	17
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	19
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	21

2.2. BASES TEÓRICAS	22
2.2.1. SUELO	22
2.2.2. SUELO DEGRADADO	23
2.2.3. BIOCHAR.....	26
2.2.4. HORNO PIROLÍTICO.....	30
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	32
2.4. SISTEMA DE HIPÓTESIS	33
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	33
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS	33
2.5. SISTEMA DE VARIABLES	34
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	34
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	34
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	35
CAPÍTULO III.....	36
MARCO METODOLÓGICO.....	36
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	36
3.1.1. ENFOQUE	36
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	36
3.1.3. DISEÑO	36
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	37
3.2.1. POBLACIÓN	37
3.2.2. MUESTRA.....	37
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	37
3.3.1. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	38
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	38
CAPÍTULO IV.....	39
RESULTADOS.....	39
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	39
4.2. CONTRASTACIÓN O PRUEBA DE HIPÓTESIS	48
CAPÍTULO V.....	50
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	50
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES.....	54

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Parámetros fisicoquímicos del suelo pre experimento	39
Tabla 2	Parámetros fisicoquímicos del suelo en Grupo control	39
Tabla 3	Parámetros fisicoquímicos post experimento en Grupo 1	40
Tabla 4	Parámetros fisicoquímicos post experimento en Grupo 2.....	40
Tabla 5	Caracterizar el biochar de tara (Caesalpinia spinosa)	41
Tabla 6	Efectos sobre el pH del suelo	42
Tabla 7	Efectos sobre la conductividad eléctrica (CE) del suelo	43
Tabla 8	Efectos sobre la materia orgánica (M.O.) del suelo	44
Tabla 9	Disponibilidad de nutrientes	45
Tabla 10	Efectos sobre la Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	46
Tabla 11	Tamaño de la planta (alfalfa)	47
Tabla 12	Prueba de normalidad.....	48
Tabla 13	Prueba ANOVA de un factor.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema y contenido del biochar	27
Figura 2 Representación del biochar a favor del suelo	28
Figura 3 Árbol de tara	30
Figura 4 Horno pirolítico casero	31
Figura 5 Proceso del biochar	32
Figura 6 Esquema del experimento	38
Figura 7 Triangulo textural del suelo	41
Figura 8 Comportamiento del pH	42
Figura 9 Comportamiento de la conductividad eléctrica	43
Figura 10 Comportamiento de la materia orgánica	44
Figura 11 Comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico.....	46
Figura 12 Indicador usando alfalfa.....	47
Figura 13 Identificación y evaluación del terreno	67
Figura 14 Calicata para la toma de muestra inicial	67
Figura 15 Recolección de materia prima (leña de tara)	68
Figura 16 Horno pirolítico para obtención del biochar.....	68
Figura 17 Obtención del carbón vegetal (Biochar de tara).....	69
Figura 18 Habilitación de camas experimentales (suelo degradado).....	69
Figura 19 Presentación del proyecto al asesor, Mg. Calixto Simeón	70
Figura 20 Presentación del proyecto al jurado, Blgo. Rolando Durán.....	70
Figura 21 Incorporación del sustrato (biochar de tara) a las camas de cultivo	71
Figura 22 Adición de sustrato al 10% y 20% y sin sustrato	71
Figura 23 Incorporación de 10gr semillas de alfalfa, en las camas de cultivo	72
Figura 24 Semillas de alfalfa (Medicago sativa).....	72
Figura 25 Recolección de muestras post experimento	73
Figura 26 Envío de muestras finales al laboratorio para el análisis post experimento	73

RESUMEN

En la presente investigación con título “APLICACIÓN DEL BIOCHAR DE TARA (*Caesalpinia spinosa*) GENERADO EN PIRÓLISIS LENTA PARA LA BIOESTIMULACIÓN DE SUELO DEGRADADO, HUÁNUCO; 2022 - 2023” se tuvo como **objetivo** evaluar el efecto de la aplicación del biochar de tara (*Caesalpinia spinosa*) generado en pirólisis lenta, para la bioestimulación de suelo degradado. Para lo cual la **metodología** fue de tipo experimental con manipulación de datos, considerando un grupo control y 2 experimentales (10 y 20% de biochar de tara) y fue evaluado en un periodo de 45 días, usando también un indicador. Los **resultados** muestran un suelo franco arcilloso que se mantiene en el experimento, respecto al pH pre intervención se tuvo 6.3 post experimento se tuvo con el 10% de biochar 8.12 una media alcalina y con el 20% se tuvo 8.39. para la CE, inicialmente se tuvo 0.656mS/cm, post experimento con 10% de biochar se tuvo 0.75100mS/cm y 20% de biochar se tuvo 1.87680mS/cm. Respecto a la MO inicialmente se tuvo 1.72%, post experimento para 10% de biochar se tuvo 2.46% y con 20% de biochar se tuvo 3.03%. respecto a la CIC inicialmente se tuvo 13.81meq/100grs, post experimento, con el 10% de se tuvo 27.77 meq/100grs y con el 20% se tuvo 42.25meq/100grs, por lo que se **concluye** que al evaluar el efecto de la aplicación del biochar de tara (*Caesalpinia spinosa*), se muestra que los efectos son favorables, puesto que se mantiene el tipo textural, y se estabiliza el pH, y el mayor porcentaje favorable el 20%, en suelos que presentan ligeramente acidez.

Palabras claves: Aplicación, biochar, tara, pirólisis, suelo.

ABSTRACT

In the present research entitled "APPLICATION OF TARA BIOCHAR (*Caesalpinia spinosa*) GENERATED IN SLOW PYROLYSIS FOR THE BIOSTIMULATION OF DEGRADED SOIL, HUÁNUCO; 2022 - 2023" aimed to assess the effect of the application of tara biochar (*Caesalpinia spinosa*) generated in slow pyrolysis, for the biostimulation of degraded soil. For which the methodology was experimental with data manipulation, considering a control group and 2 experimental (10 and 20% tara biochar) and was evaluated in a period of 45 days, also using an indicator. The results show a clay loam soil that remains in the experiment, with respect to the pre-intervention pH there were 6.3 post experiment was had with 10% of biochar 8.12 an alkaline mean and with 20% had 8.39. For the EC, initially we had 0.656mS/cm, post experiment with 10% biochar we had 0.75100mS/cm and 20% biochar we had 1.87680mS/cm. Regarding the MO initially had 1.72%, post experiment for 10% of biochar was 2.46% and with 20% of biochar had 3.03%. Regarding the CIC initially had 13.81 meq / 100grs, post experiment, with 10% of had 27.77 meq / 100grs and with 20% had 42.25meq / 100grs, so it is concluded that evaluate the effect of the application of tara biochar (*Caesalpinia spinosa*), it is shown that the effects are favorable, since the textural type is maintained, and the pH is stabilized, and the highest favorable percentage is 20%, in soils that present slightly acidity.

Keywords: Application, biochar, tara, pyrolysis, soil.

INTRODUCCIÓN

Al transcurso del tiempo se ha evidenciado que la superficie de la tierra viene trayendo cambios muy graves de degradación, tales efectos lo llevan a erosionarse, muchos de estos procesos son totalmente naturales, sin embargo, toda actividad de nosotros como personas suman mucho más a ese grave problema. Esto debe llevarnos a aprender a corregir nuestros errores con nuestro recurso suelo y poder mantenerlo saludable.

Cuando consideramos la degradación del suelo debemos entender que es un indicativo negativo, dado que existe la reducción de las funciones ecosistémicas como también del bienes y servicios que el suelo brinda, y con lo que se causa pérdidas sobre el componente medioambiental. Estas afectaciones requieren estudios especiales y sostenibles.

El suelo es un medio complejo por lo que los estudios de degradación son dados en su características física, química o biológica. Es por ello que al estudiarlo se deben considerar las mismas, además de que cualquier intervención para su conservación y recuperación debe identificar estas características y su comportamiento.

La mejor manera de recuperar los suelos, es siguiendo la sostenibilidad, es decir usar elementos ecológicos que beneficien al ambiente, por ejemplo. fitorremediación, microorganismos eficientes y el biochar, de lo cual se trata en esta investigación, considerando su tecnología y capacidad de restaurar el ambiente del suelo.

A lo largo de esta investigación se muestra lo favorable que es el uso del biochar, en la recuperación y restauración de las propiedades del suelo. Es por ello que se estudió el recurso vegetal de la Tara (*Caesalpinia spinosa*), una especie local que se pudo demostrar su favor sobre el suelo degradado, evaluando las propiedades físicas y químicas, además el crecimiento de un indicador. En la que se evidencia que el biochar fue favorable sobre los parámetros más importantes de la calidad del suelo.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El ecosistema del suelo al ser complejo y con presencia de diferentes interacciones sufre muchas alteraciones que van empobreciéndolo ya que se reduce la materia orgánica, se dañan las estructuras e incrementan los riesgos de degradación. Por lo que la degradación del suelo puede entenderse como la reducción del equilibrio de las propiedades, limitando su producción, que esto se expresa en los aspectos de erosión, la falta de nutrientes, acidificación, salinidad y de la deficiencia de materia orgánica (Cartes, 2013).

Las prácticas agrícolas modernas aceleran la degradación de los suelos puesto que se da un intensivo uso fertilizantes y pesticidas para aumentar la productividad y reducir las pérdidas de cultivos (Jiménez, 2017). Si los contaminantes alcanzan una alta concentración en el suelo, no ocurren procesos de degradación del suelo, pero también pueden afectar la productividad agrícola. Por lo tanto, la contaminación del suelo no solo puede amenazar la salud humana y el medio ambiente, sino también causar daños económicos (Rodríguez et al., 2019).

En Latinoamérica y el Caribe tiene una superficie de 20 a 18 millones de km², de estos un 25% pertenece a tierras áridas, semiáridas y subhúmedas secas. De este total, a su vez, el 75%, es decir, unos 378 millones de hectáreas, tienen problemas graves de degradación. Sumados a ello los ecosistemas que tienen las mismas afectaciones solamente que la intensidad varías (Morales & Parada, 2005).

En el Perú se estima que entre un 27% y un 43% del área sufre los problemas de la desertificación, que afecta a una parte muy grande de la población, a pesar de que el Perú cuenta con muy poca tierra agrícola y ganadera, existe una degradación constante debido a la combinación de factores naturales y las malas técnicas utilizadas en la agricultura y ganado (Encinas, 2011). La degradación del suelo se refiere al deterioro de aquellas

propiedades físicas, químicas y biológicas, individualmente o en conjunto, que impiden o limitan el adecuado desarrollo de un cultivo y una buena cosecha.

En los suelos usados como productivos de la localidad de La Esperanza en Amarilis, aún se mantiene un tipo de agricultura con elementos químicos sintéticos los cuales degradan los suelos, puesto que no hay gestión para una mejor estrategia en cuanto al usos de agroquímicos, que en otras realidades ya están prohibidos, además del avance de la urbanización en la zona.

Basado en lo anterior, se puede mencionar que se hace necesario incrementar el contenido de materia orgánica en el suelo para mejorar la función que tiene además de mitigar la crisis climática. Y una de las mejores estrategias para lograrlo es incorporar o aportar nutrientes como el biochar, tal como se plantea a lo largo de esta investigación.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Qué efecto producirá la aplicación del biochar de tara (*Caesalpinia spinosa*) generado en pirolisis lenta, para la bioestimulación de suelo degradado en Huánuco?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Qué características presentará el biochar de tara (*Caesalpinia spinosa*) generado en pirólisis lenta?
- ¿Cuál es el efecto del biochar al 10% sobre las características fisicoquímicas del suelo?
- ¿Cuál es el efecto del biochar al 20% sobre las características fisicoquímicas del suelo?
- ¿Cuáles son los cambios en las características productivas del suelo con la aplicación de biochar, por medio de pruebas con un indicador?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la aplicación del biochar de tara (*Caesalpinia spinosa*) generado en pirólisis lenta, para la bioestimulación de suelo degradado en Huánuco, 2022 - 2023.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el biochar de tara (*Caesalpinia spinosa*), generado en pirolisis lenta.
- Evaluar el efecto del biochar al 10% sobre las características fisicoquímicas del suelo.
- Evaluar el efecto del biochar al 20% sobre las características fisicoquímicas del suelo.
- Evaluar los cambios en las características productivas del suelo con la aplicación de biochar, por medio de pruebas con un indicador.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la actualidad, Huánuco al igual que las demás ciudades, incrementa su población, así mismo, su demanda de alimentos y generación de residuos; lo cual, en muchos casos sobrepasa la capacidad para hacerlos desaparecer que al final termina impactando a los suelos, agua y aire del medio ambiente. Por lo que es necesario la aplicación de sistemas de gestión, estrategias naturales de preservación de manera adecuada aún más la voluntad para afrontar los problemas de la falta de sostenibilidad.

Los suelos se degradan a causa de la presión antrópica, es por ello que adicionar fuentes de materia orgánica exógena es una estrategia apropiada que previene dicha degradación, además mejora la productividad y fertilidad del mismo. Es en tal sentido que el biochar puede adicionar carbono de manera óptima (materia orgánica estable y de calidad), lo cual se fija en el suelo, previniendo la mineralización y consiguiente pérdida a la atmósfera

como CO₂, mitigando así el efecto invernadero, es decir el biochar es un gran beneficio para el suelo, además de ser un residuo que se aprovecha.

En la presente investigación busqué, por medio de la aplicación del biochar, demostrar beneficios favorables para el suelo degradado y su recuperación, además del crecimiento de una planta como indicador, lo que me permitió ampliar el conocimiento sobre este tema.

A partir de los objetivos planteados en la investigación, los resultados permitirán encontrar soluciones concretas a los problemas de degradación de suelo, reaprovechando residuos que normalmente no se tienen en cuenta como son la biomasa de diferentes especies, en el caso de esta investigación de la Tara.

Para cumplir los objetivos de la investigación, se recurre al empleo de técnicas de investigación como la prueba de laboratorio y la observación, y los datos que se obtengan se procesaron en un software. Con lo que se pretende explicar los beneficios experimentales del biochar para recuperar los suelos degradados.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- La investigación se limitó al uso del biochar exclusivamente de tara con nombre científico *Caesalpinia spinosa*.
- Para la producción de biochar se tomó en cuenta un horno pirolítico lento en condiciones controladas.
- Las pruebas experimentales se limitaron a un espacio y ámbito geográfico en las que se realizó la investigación, las que puede variar en otras investigaciones.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Los criterios desarrollados en la viabilidad de la presente investigación fueron las siguientes:

1.6.1. VIABILIDAD AMBIENTAL

La incorporación del biochar no solo ayuda a recuperar los suelos, sino también es un método para reaprovechar un residuo orgánico a favor del medio ambiente.

1.6.2. VIABILIDAD OPERATIVA

La viabilidad operativa en la investigación fue porque se tuvo el acceso a los recursos necesarios como; equipos para el experimento, el personal de ayuda, la movilidad y demás necesarios.

1.6.3. VIABILIDAD TÉCNICA

El trabajo de investigación fue técnicamente factible porque contó con el asesoramiento de nuestros profesores universitarios que cuentan con departamento y especialización.

1.6.4. VIABILIDAD SOCIAL

Al preparar un documento de investigación, la prioridad fue respetar los bienes y materiales de todas las personas involucradas en el campo de investigación sin dañarlos, y comunicar directa o indirectamente sobre el trabajo de investigación.

1.6.5. VIABILIDAD ECONÓMICA

La investigación fue financieramente viable desde su desarrollo hasta su implementación porque el investigador tiene los recursos financieros y económicos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Ruiz (2022) en su tesis de maestría titulado; *“Evaluación del efecto de la aplicación de biochar en suelos agrícolas basado en la migración de nutrientes”* de la Universidad Nacional de Colombia. Tuvo por **objetivo** evaluar el efecto de la aplicación de biochar en suelos agrícolas basado en la migración de nutrientes. **Metodología**; Los fenómenos de transporte se integraron con un modelo de equilibrio químico para proporcionar información sobre las interacciones de los nutrientes del suelo, incluidas las fases del suelo, la acción de las raíces, las reacciones redox, el equilibrio, el transporte, la liberación de nutrientes, la acción del biocarbón, la lixiviación y la saturación. todo lo anterior se resuelve con diferencias finitas. El modelo de transporte se acopla con el método de Godunov-Phreeqc, que resuelve el equilibrio químico, el cual fue comparado experimentalmente. **Resultados** de la dinámica del suelo después del día 16 con una diferencia porcentual de 0,48% para K, 3% para NO₃, 0,02% para NH₄ y 7,2% para P. Se observó un aumento en el pH cuando se utilizó biocarbón. en suelos arenosos, un aumento en la capacidad de retención de humedad del 24-29% en todos los suelos y un aumento en el valor de CIC del 4% en suelos orgánicos. Además, en todos los casos se observó un aumento de más del 2% en las concentraciones de P, NO₃, K, Ca y Mg, por lo que su aplicación al suelo es una alternativa promisoriosa para aprovechar los residuos agroindustriales y mejorar la agricultura. un aumento en la capacidad de retención de humedad del suelo de 24-29% en todos los suelos y un aumento en la CIC de 4% en suelos orgánicos. **Concluyendo**, en todos los casos se observó un aumento de más del 2% en las concentraciones de P, NO₃, K, Ca y Mg, por lo que su aplicación al suelo es una alternativa promisoriosa para aprovechar los residuos agroindustriales y mejorar la

agricultura. un aumento en la capacidad de retención de humedad del suelo de 24-29% en todos los suelos y un aumento en la CIC de 4% en suelos orgánicos. En resumen, se observó un incremento en las concentraciones de P, NO₃, K, Ca y Mg en todos los casos por encima del 2%, por lo que su uso en el suelo es una perspectiva alternativa al aprovechamiento de residuos agroindustriales y al mejoramiento de pisos.

Milesi et al. (2020) en el artículo titulado; *“Aplicación de biochar en un suelo degradado bajo producción de batata: Efecto sobre propiedades edáficas”* para el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – Argentina. En la que el **objetivo** fue evaluar en un Argiudol vértico con producción de batata bajo manejo agroecológico.

En la **metodología** se experimentó con y sin biocarbón con algunas superficies de suelo. **Resultados** la aplicación de biocarbón aumentó las existencias de carbono orgánico (COS) y el pH del suelo en el espesor de 0-30 cm. Las reservas de nitrógeno orgánico del suelo (NOS) disminuyeron y la relación C/N en el espesor de 0-20 cm aumentó. Aumentó ligeramente la conductividad eléctrica del espesor de 0-5 cm y no cambió la capacidad de intercambio catiónico. Tampoco afectó la penetración de espesor de 0-30 cm y la capacidad de agua útil. Sin embargo, en 10-20 cm y 5-10 cm de espesor, el aumento de la humedad del aire actual y la disponibilidad de agua potable fue muy claro. El mismo efecto se observó para COS y pH. En cuanto a las variables físicas, las condiciones edafoclimáticas al momento del muestreo (menor humedad de caudal en 2018) tuvieron mayor efecto que el biocarbón. La **conclusión** es que los efectos inmediatos de la aplicación de biocarbón (aumento de C y disminución de la densidad aparente de la superficie), ignorando las interacciones biocarbón-suelo, aún no se comprenden y evitan sacar conclusiones sobre la dinámica y retención del biocarbón, el nitrógeno y el agua.

Rivera et al. (2019) en el artículo titulado; *“Evaluación de la mineralización de biochar sobre parámetros químicos del suelo en dos tiempos de incubación”* en la Universidad Técnica de Machala – Ecuador.

Tuvieron como **objetivo** determinar el efecto de la mineralización de biochar sobre parámetros químicos del suelo en función del tiempo. **Metodología;** Esto se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agricultura, Universidad Tecnológica de Machala. El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar, evaluando cinco tratamientos con cuatro repeticiones durante dos tiempos de incubación. Los datos se analizaron mediante ANOVA con un modelo lineal general univariante usando la prueba de rangos múltiples de Duncan, con diferencias confirmadas en el día 30 y el día 60. Los **resultados** obtenidos mostraron que el uso de biocarbón provocó cambios significativos en los parámetros químicos del suelo. El aumento de pH fue mayor a los 30 días en comparación con el tratamiento de 60 días, donde disminuyó ligeramente. En **conclusión**, el biocarbón es fuertemente alcalino, por lo que el pH aumenta en todos los tratamientos excepto en el testigo, pero se observa una ligera disminución de este parámetro a los 30 días de incubación.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Villanueva & Villanueva (2020) de la investigación; *“El biochar como enmienda para suelos agrícolas: Propiedades y efectos; Revisión Sistemática”* de la Universidad César Vallejo – Lima. En la que tuvieron por **objetivo** analizar las propiedades y efectos del biochar como enmienda en los suelos agrícolas, por medio de los efectos que genera el biochar luego de su aplicación. En la **metodología** se realizó fusionando datos en varias bases de datos como ScienceDirect, SCOPUS, Scielo, EBSCO y Proquest, usando palabras clave para referirse a los criterios de selección de datos. **Resultados:** En general, los efectos del biocarbón en las tierras agrícolas son tanto positivos como negativos, pero predominan los efectos positivos relacionados con la revitalización, mejora y restauración tanto del suelo como de las plantas. Se ha definido una amplia gama de áreas de cobertura y restricciones en la conversión de cultivos para el biocarbón, donde las principales limitaciones son el tipo de suelo, el tipo de materia prima y el proceso de

producción. Luego se determinaron las propiedades del suelo afectadas por la aplicación de biocarbón. **Concluyendo** que es recomendable hacer una investigación más extensa sobre otros suelos, diferentes procesos de procesamiento de biocarbón, hacer una investigación más extensa relacionada con tierras agrícolas, evaluación de materias primas y buscar información actualizada sobre biocarbón y suelos agrícolas.

Ayala & Peña (2020) en su investigación; *“Uso del biochar como alternativa de mejoramiento de la calidad de los suelos mediante una revisión sistemática”* en la Universidad César Vallejo – Chicayo. Tuvo como **objetivo** explicar el uso del biochar como alternativa de mejoramiento de la calidad de los suelos, con el fin de analizar el uso del biochar como mejorador de los suelos agrícolas contaminados por excesivo uso de fertilizantes químicos o suelos pobres. **Metodología**; El tipo de trabajo de investigación es fundamental, porque dirige la búsqueda de nueva información y áreas de investigación, enriquece el conocimiento científico, el diseño del trabajo de investigación es un relato cualitativo, de actualidad. **Resultados** el uso de biocarbón fue, p. desechos agrícolas, tripas de pescado, excrementos animales, desechos municipales a través de una revisión sistemática. Los más óptimos son los biocarbón, que se forman a una temperatura de 200-700 °C. Los biochares provenientes de excrementos animales deben ser agregados al suelo al 3% y 10%, según se estudió, estas dosis de biochar incrementaron las propiedades físicas: textura, estructura, humedad, color y porosidad, químicas: pH, CE, COT y biológicas, P, K, Na, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, N: aumenta el número de bacterias gramnegativas. Según su conclusión, el biocarbón logra reducir los efectos ambientales negativos, como la reducción de los gases de efecto invernadero, el uso excesivo de fertilizantes químicos, los olores y el amoníaco.

Aróstegui (2019) en su investigación; *“Evaluación del efecto de biochar de residuos de sachá inchi y cacao sobre suelos degradados de Campoverde, Ucayali, usando Zea mays con indicador”* en la Universidad Científica del Sur – Lima. Cuyo **objetivo** fue evaluar la capacidad

remediadora del biochar producido a partir de residuos agrícolas de sachá inchi y cacao sobre la mejora de las características físicas y químicas del suelo degradado por la agricultura intensiva. **Metodología**, de tipo experimental en la que se contó con un indicador para verificar la recuperación del suelo degradado. **Resultados**: Se encontró diferencias significativas en los suelos con biochar respecto al suelo degradado, Sin embargo, las dosis más altas de biocarbón no permitieron el mayor crecimiento del maíz. Se encontró que la dosis más baja (5%) dio los mejores resultados con pH neutro y mayor crecimiento de la planta. Además, se ha demostrado que el uso de biocarbón no siempre cambia la capacidad de intercambio catiónico, como muestran otros autores. Por lo tanto, se **concluye** que este trabajo contribuirá a la investigación sobre tipos de biocarbón y su potencial para la mejora del suelo.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Cervantes (2022) de su tesis; “Efecto del biochar de molle (*Schinus molle* L.) en la recuperación de suelos degradados, usando como indicador el maíz” de la Universidad de Huánuco. Cuyo **objetivo** fue evaluar el efecto del biochar de molle (*Schinus molle* L.) en la recuperación de suelos degradados, usando como indicador el maíz. Para la **metodología** se hizo de tipo experimental distribuyendo en macetas de 2kg suelo degradado con 3 grupos de acción y 5 repeticiones usando una dosis del 5%; 15% y 30% de carbón chico, maíz pre sembrado a los 15 días y evaluado a los 60 días. Los **resultados** obtenidos para el tipo de textura de suelo arcilloso original, reteniendo 5% de biocarbón, se convierten en arcilla con 15% de biocarbón y arcilla con 30% de biocarbón, el pH ácido original de 4.28 se equilibra para la mayoría de las plantas con alcalino con 5% de biocarbón, 15% y 30% biocarbón. La MO baja se mantiene en un 5 % de biocarbón y se mueve a niveles intermedios en suelos de campo con un 15 % y un 30 % de biocarbón. La CIC inicial es muy baja, ligeramente aumentada, pero sigue siendo muy baja en tierras cultivables, pero el biocarbón 15% prefiere el maíz como el de mejor desempeño. Por lo tanto, **se concluyó** que el

biocarbón de molle tiene un efecto positivo en los suelos degradados al proporcionarles materia orgánica, estabilizar el pH y promover el desarrollo de las plantas.

Solisor (2021) en su investigación; “*Efecto del biochar del eucalipto (Eucalyptus globulus) en la mejora de la calidad de suelo y las características morfológicas del rabanito (Raphanus sativus)*” Universidad de Huánuco. Tuvo por **objetivo** comparar el efecto del biochar del eucalipto (*Eucalyptus globulus*) para la mejora de la calidad del suelo y las características morfológicas del rabanito (*Raphanus sativus*). En la **metodología**; fue de tipo experimental y se emplearon un muestreo no probabilístico, siendo el muestreo intencionado o por conveniencia. **Resultados**; tratamientos con 15% de Biochar; se obtuvo arena de 58.9 %; arcilla 22.2% y limo 18%, el pH aumentó a un 8.862; la M.O. baja en 1.402%; bajo en N con 0,07 y para P con 10,714 ppm y K con 229,174 ppm. En los elementos intercambiables de Ca con de 17.914 y K = 0,714 también alto; Na = 0.482. y el CIC = 21,388 lo que indica fertilidad del suelo. Para tratamientos con 30% de Biochar se obtuvo un promedio del 63% para arcilla 20.8% y para limo 16.2%; con un pH de 9,298 en promedio; M.O. = 2,522; N = 0,126, P = 14,68 promedio y K = 325,018 promedio. Los elementos intercambiables de Ca = 27,724, Mg = 3,528; K = 1,046 también alto; Na = de 0,738 y para el CIC = 33,032. **Concluyendo** que ambos tratamientos tuvieron efectos sobre la calidad del suelo, con un 30% de Biochar de eucalipto; tiene mayores efectos sobre las características físicas y químicas del suelo, dado que los parámetros evaluados según la calidad de suelo analizadas pasaron de una media bajo a un promedio medio y alto según las evaluaciones.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. SUELO

Ibáñez (2009) considera que el suelo es muy heterogéneo en su composición y también tiene una gran cantidad de poros. Por lo tanto, cuando la roca o el sedimento se convierte en suelo, se expande y actúa

"como una esponja". Las partículas del suelo generalmente no se dispersan, pero tienden a unirse como un agregado.

Además Navarro (2003) menciona que el suelo se constituye como la una fina capa en el suelo, desde unos pocos centímetros hasta varios metros. Como cuerpo natural, el suelo forma una interfaz que permite el intercambio entre la litosfera, la biosfera y la atmósfera. El suelo permite que las plantas echen raíces (anclaje), lo que les permite obtener agua, oxígeno y nutrientes. Gracias al suelo ya la radiación solar, las plantas producen alimento, forraje, fibra, masa forestal y energía renovable a través de la fotosíntesis. El suelo es la base de todos los ecosistemas terrestres, haciendo posible la existencia de vida en el planeta. Sin embargo, son vulnerables y sufren cambios desfavorables que están ligados a la presión antrópica, lo que lleva al suelo a degradarse y generar impactos ambientales perjudiciales (Porta et al., 2014).

2.2.2. SUELO DEGRADADO

Lo que menciona Cartes (2013) es que la degradación de los suelos no es más que un debilitamiento de la capacidad del suelo para mantener una productividad constante. La sostenibilidad no significa necesariamente la estabilidad continua de los niveles de productividad, sino más bien la resiliencia de la tierra; es decir, su capacidad para restablecer rápidamente los niveles de producción anteriores o retomar una tendencia de crecimiento de la productividad después de un período adverso causado, entre otras cosas, por sequía, inundaciones o abandono, mala gestión humana (López, 2002).

Citando a Ibáñez (2009) la degradación implica que el suelo desaparezca. En general, los procesos de degradación del suelo son el resultado del abuso humano de los recursos del suelo. Si la gente no usa el suelo con cuidado y sabiduría, desaparecerá y, en casos extremos, la roca subyacente quedará expuesta si se debe a la erosión o al enterramiento bajo cemento o asfalto si se trata de compactación.

2.2.2.1. INDICADORES DE CALIDAD DE LOS SUELOS

Los indicadores son herramientas que ayudan a medir los estados, procesos, reacciones o comportamientos y con las que se puede obtener información sobre una situación determinada. Los impactos sobre la producción y el medio ambiente pueden evaluarse utilizando índices de calidad del suelo. Por lo tanto, es posible obtener una herramienta importante para controlar los parámetros de producción relacionados. La calidad del suelo se puede medir a partir de algunas de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, que permiten monitorear los cambios en la condición del suelo a mediano y largo plazo (Cartes, 2013).

- **Indicadores físicos**

Para monitorear la calidad del suelo utilizando indicadores físicos es importante para el cuidado del suelo y la evaluación de la sostenibilidad (Moreno et al., 2010). En cuanto a su calidad, se consideran varias propiedades del suelo: erosión hídrica, cantidad de materia orgánica, densidad del suelo, porosidad, resistencia al agua y permeabilidad del suelo en diferentes sistemas de manejo del suelo (Cartes, 2013).

- **Indicadores químicos**

Los modelos tradicionales adoptados como base para la implementación de monocultivos y pastizales en el contexto del desarrollo agrícola se basan en el uso de fertilizantes para obtener cultivos económicamente viables. El uso de la producción y la correcta fertilización trae cambios químicos a la capa superficial del suelo (Cartes, 2013).

- pH
- Cantidad de aluminio
- Almacén de nutrientes

- Balance de nutrientes
- Capacidad de Intercambio Catiónico

- **Indicadores microbiológicos**

Uno de los indicadores de mayor importancia en la determinación de la calidad del suelo es el porcentaje de materia orgánica (MO), que se relaciona con diversas propiedades físicas, químicas y biológicas (Zerbino & Altier, 2020). La materia orgánica se considera un indicador eficaz para determinar la calidad del suelo en los sistemas de producción. La materia orgánica se ve afectada por la adición de fertilizantes químicos y materiales orgánicos que promueven la descomposición biológica y la mineralización de la materia orgánica en el suelo. La materia orgánica es esencial porque ayuda a estabilizar los agregados que se forman cuando las partículas minerales se unen (Cartes, 2013).

- Pérdida de materia orgánica
- Masa microbiana

2.2.2.2. IMPORTANCIA DE LOS SUELOS

Los suelos son imprescindibles puesto que brindan diferentes servicios ecosistémicos, tanto para el medio ambiente como para el ser humano. Lo cual se describe a continuación:

- Producen biomasa: alimentos, fibras y energía.
- Reactor de filtración, regulación y transforma la materia que le llega, protege al ambiente, el agua, cadena alimenticia y al hombre.
- Hábitat biológico y reserva genética de la flora y fauna además de microorganismos.

- Medio físico y soporte de estructuras industriales y técnicas, y las actividades socioeconómicas.
- Fuente de materia prima: agua, arcilla, arena grava, minerales, etc.
- Reserva de restos paleontológicos y arqueológicos fundamentales para entender la historia de la tierra y de la humanidad.

2.2.3. BIOCHAR

Tomando el concepto de García et al. (2014) el biochar es un material que se carboniza a una biomasa con contenido alto de carbono, que se pasó por el proceso de pirolisis en ambientes con cero o muy bajo oxígeno y a través de procesos sustentables. La producción de biocarbón es similar a la producción de carbón, un proceso conocido desde la antigüedad. La principal diferencia entre el carbón y el biocarbón es el propósito de su producción. Cuando se aplica carbono al suelo para mejorar las propiedades del suelo, almacenar carbono y/o almacenar agua, ese carbono se denomina biocarbón.

A lo que Cernansky (2015) agrega que el biochar también es llamado biocarbón, lo cual es un aditivo para el suelo que se produce al calentar material biológico, está llamando la atención como un agente para dar mejoras a la calidad del suelo, el desarrollo de los cultivos y limpiar el agua contaminada.

Sin embargo Sik et al. (2016) sostiene que el biochar es un material multifuncional relacionado con la captura de carbono, la inmovilización de contaminantes, la minimización de gases de efecto invernadero, la fertilización del suelo y la filtración de agua. El biochar está compuesto con mayor porcentaje de carbono. La porción orgánica del biocarbón tiene principalmente carbono y la porción inorgánica tiene mayormente minerales como Ca, Mg, K y carbonatos inorgánicos (ion carbonato), según el tipo de materia prima.

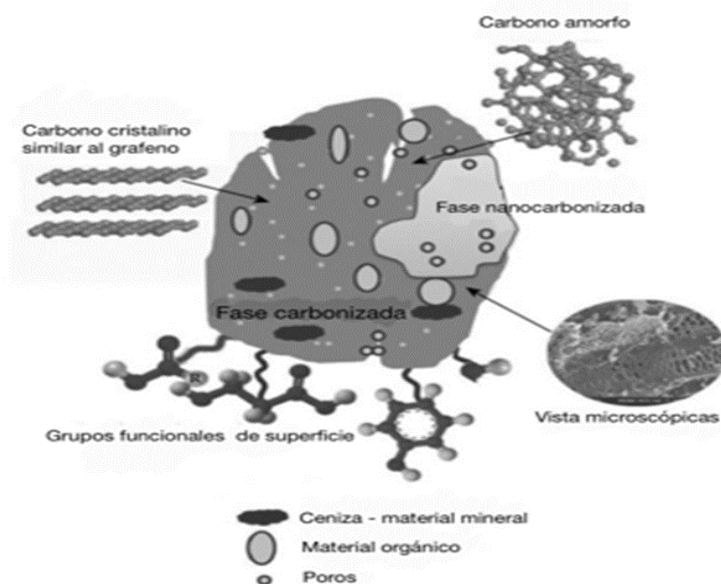
2.2.3.1. PROPIEDADES DEL BIOCHAR

El biochar es un elemento orgánico que se produce por medio de proceso del pirólisis de materias primas con contenido de carbono (biomasa) es también descrito como "mejorador del suelo". Se han propuesto varios tipos de piensos como materias primas para la producción de biocarbón: madera, residuos de cultivos y estiércol (García et al. 2014).

La idoneidad de cada materia prima para tal fin depende de sus características químicas, físicas y ambientales, así como de factores económicos, para:

- Mejorar la calidad de los suelos.
- Incrementar el pH de los suelos ácidos.
- Incrementar la cantidad de nutrientes a las plantas.
- Mejorar la retención de agua.

Figura 1
Esquema y contenido del biochar



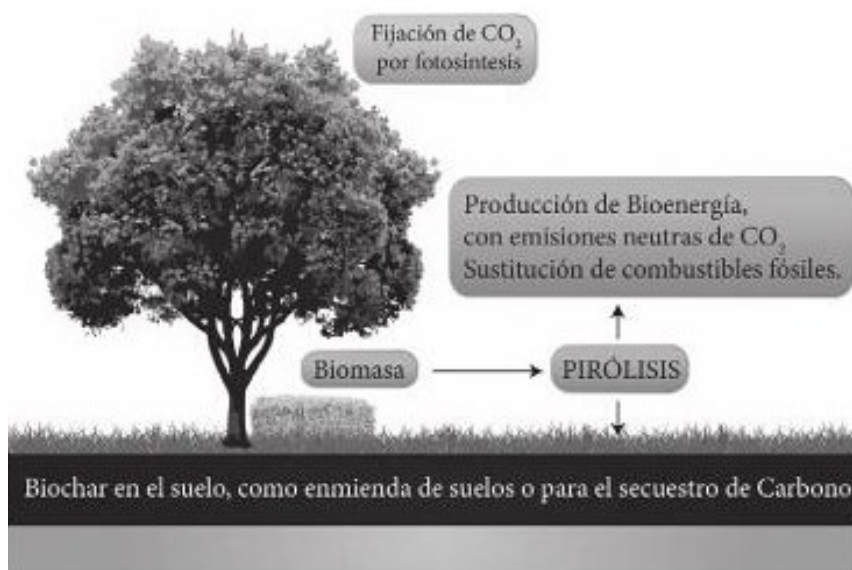
Nota: (Sik et al., 2016)

2.2.3.2. BENEFICIOS AL MEDIO AMBIENTE DEL BIOCHAR

El biochar hecho de residuos de biomasa se agrega al suelo, lo que proporciona un sistema de almacenamiento de carbono estable a largo plazo. De esta forma, se podría eliminar el dióxido de carbono de la atmósfera; porque inicialmente el gas dióxido de carbono es absorbido durante el crecimiento de las plantas y luego el carbono estable del biocarbón se depositaría en el suelo, impidiendo que regrese a la atmósfera producto de su descomposición. También, los subproductos del proceso de pirólisis (gas y aceites/bioaceites) se consideran combustibles renovables que podrían sustituir a los combustibles fósiles en la producción de electricidad o para otros fines (García et al., 2014).

Figura 2

Representación del biochar a favor del suelo



Nota: El biochar es el subproducto principal de este proceso de pirólisis, y tiene notables propiedades ambientales (García et al., 2014).

2.2.3.3. MATERIA PRIMA PARA OBTENER BIOCHAR

La biomasa utilizada como materia prima, es probable que sea una de las más importantes causas que hacen la variación en el proceso (Thapar & Shah, 2022). La composición exacta de un tipo de biomasa depende de muchos factores y pueden variar según el

momento, dónde y cómo se cultiva, cosecha, y almacena. El contenido de carbono en la misma biomasa puede variar hasta en un 10%. La composición de un tipo particular de biomasa procedente de una sola fuente debería ser más coherente (García et al., 2014).

En Huánuco se pueden encontrar diferentes especies como materia prima para producir el biochar si consideramos las especies que son de la región estos pueden ser:

- Tara
- Molle
- Eucalipto
- Ficus

Entre otras especies, por lo cual en esta investigación se tomó en cuenta el uso de la tara como biomasa.

2.2.3.4. TARA

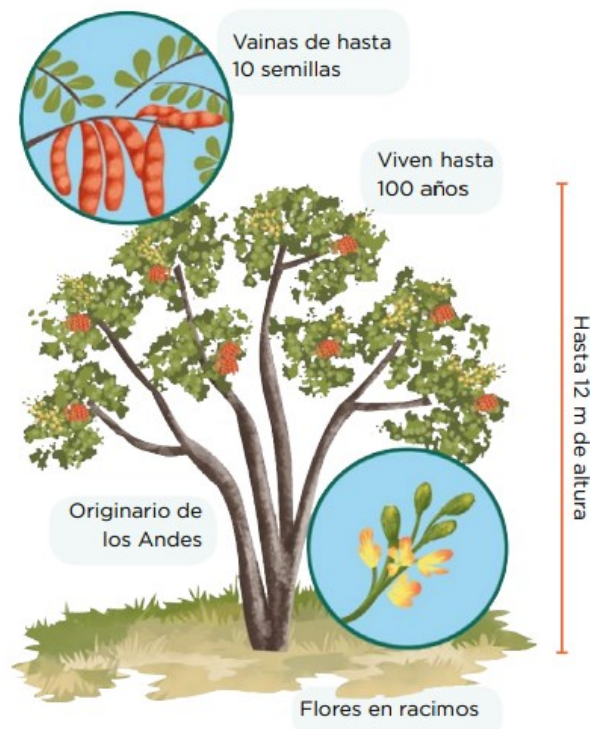
La tara, de nombre científico *Caesalpinia spinosa*, es un árbol perteneciente a la familia de las leguminosas, con una característica pequeña, midiendo de 4 a 8 m de altura y pudiendo alcanzar los 12 m cuando es favorecido por algunas condiciones. Tiene una raíz pivotante erguida y profundamente hundida con muchas raíces laterales. Su copa es irregular, sombreada del sol y poco densa, proporcionando poca sombra. Sus flores están en racimos y sus frutos son vainas planas que cambian de color: verde cuando está maduro, rosado cuando está maduro, granate o marrón rojizo cuando está maduro (De la Torre, 2018).

La tara es originaria de los Andes y se ha extendido desde Venezuela hasta el norte de Chile. En Perú, crece en bosques y en áreas secas y semiáridas de las montañas costeras y valles entre

los Andes. Se extiende por casi toda la costa desde Tacna hacia Piura y algunas zonas montañosas.

Junto con el rápido crecimiento de la población, un número cada vez mayor de amenazas globales, como la seguridad alimentaria debido a la disminución de la producción agrícola, las crisis periódicas de combustible, la escasez de agua y el cambio climático, han motivado las aplicaciones de biocarbón con varias iniciativas de investigación en curso que buscan soluciones para su implementación inmediata. La magnitud y la urgencia dictan esfuerzos multidisciplinarios o interdisciplinarios de numerosas tecnologías y enfoques (Ralebitso & Orr, 2016).

Figura 3
Árbol de tara



Nota. Esta especie es utilizada desde las culturas andinas anteriores. Es conocida con diversos nombres, según el país: Tara, taya, guarango, dividi, etc.

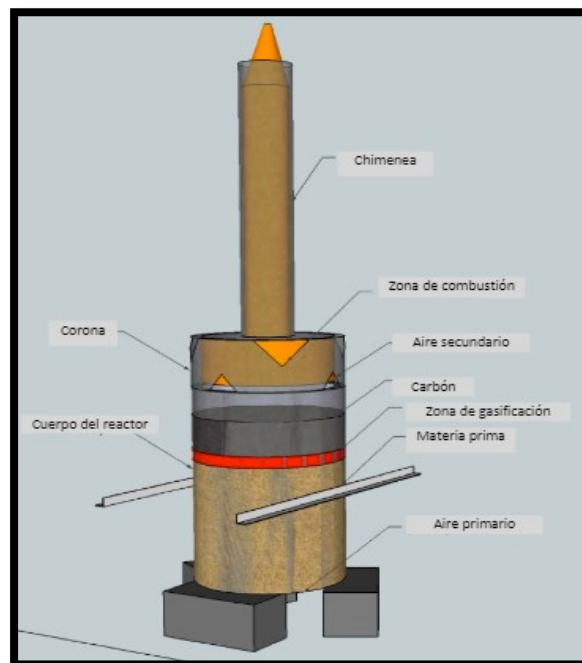
2.2.4. HORNO PIROLÍTICO

En la pirolisis se degrada de manera térmica a la biomasa. Esto se suele hacer con fines de investigación, en una atmósfera inerte, utilizando

gases como nitrógeno, helio o argón. La pirólisis a nivel industrial no siempre se realiza en una atmósfera inerte (García, 2019).

El proceso de pirólisis es fundamental en la conversión termoquímica de la biomasa. Por un lado, es posible obtener combustibles sólidos, líquidos y gaseosos; por otro lado, el pirólisis forma las reacciones iniciales y la sociedad de los procesos de quema y gasificación del carbón. El desarrollo del pirólisis determina en gran medida las características y fracciones de los productos generados en los procesos secundarios (Gómez & Rincón, 2008).

Figura 4
Horno pirolítico casero



Nota. La complejidad y variabilidad de la composición química de los diferentes tipos de biomasa, así como la gran cantidad de variables de proceso, conducen a la formación de un gran número y diferentes componentes en los productos de pirólisis (Gómez & Rincón, 2008).

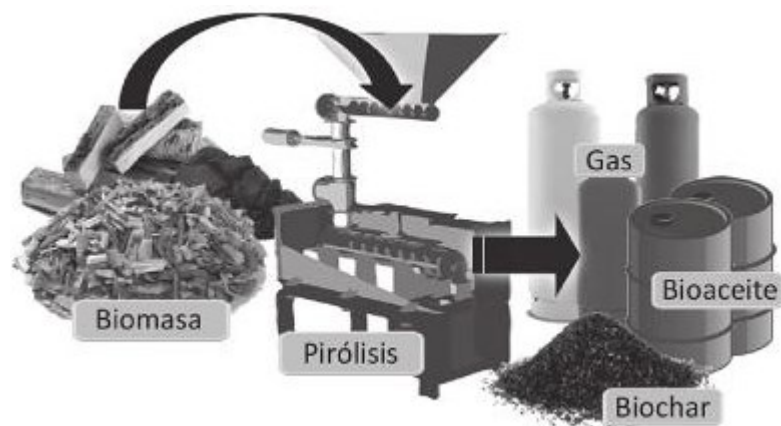
2.2.4.1. CARACTERÍSTICAS DEL HORNO PIROLÍTICO

- Trabaja en altas temperaturas
- En ausencia de oxígeno
- El oxígeno presente es únicamente del contenido en la biomasa.

- Las temperaturas de trabajo son inferiores a las de la gasificación, oscilando entre 300°C y 800°C.

Las temperaturas elevadas utilizadas en el pirólisis suelen inducir la polimerización, creando moléculas más grandes (incluidos compuestos tanto aromáticos como alifáticos) en el proceso, así como la descomposición térmica de algunas materias primas en moléculas más pequeñas. (García et al., 2014).

Figura 5
Proceso del biochar



Nota. En este proceso se transforman las biomásas en compuestos como: gases, líquidos y sólidos carbonizados en diferentes proporciones, va depender de la materia prima y de las condiciones de pirólisis usadas (García et al., 2014).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Char**

“Usado para denotar a los productos sólidos resultantes de la descomposición de materiales orgánicos naturales y sintéticos. El biochar y el carbón vegetal se distinguen al tener en cuenta el uso final; el carbón vegetal, usado como combustibles y energía, y el biochar es usado en la gestión ambiental y captura del carbono” (Sik et al., 2016, p. 11)

- **Degradación**

“Es la transformación o alteración negativa, o de efecto negativo, que sufre cualquier los cuerpos naturales de los suelos” (Espejo, 2016).

- **Leguminosa**

“Una planta de la familia Fabaceae caracterizada por frutos de leguminosas o vainas y hojas compuestas y pinnadas. Las raíces de las leguminosas suelen ser profundas y casi siempre tienen nódulos habitados por bacterias del género *Rhizobium* que absorben nitrógeno de la atmósfera” (De la Torre, 2018, p. 5).

- **Pirolisis**

“Proceso en la que se descomponen en termoquímica de la materia orgánica cuando se calienta en ausencia de oxígeno. El término pirólisis proviene de las palabras griegas "piro" que significa fuego y "lisis" que indica descomposición en sus partes constituyentes.” (García et al., 2014, p. 22).

- **Suelo**

“Es la estructura con muchas cualidades especiales que es formada en la unión de la atmósfera, la hidrosfera y la geosfera, y a veces también la criosfera. Dichos recursos naturales se juntan a la vez en una estrecha capa de pocos metros que se consideran la piel del planeta” (Ibáñez , 2009)

2.4. SISTEMA DE HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

HA: La aplicación del biochar de tara (*Caesalpinia spinosa*), generado en pirolisis lenta tiene efecto de bioestimulación en el suelo degradado.

HO: La aplicación del biochar de tara (*Caesalpinia spinosa*), generado en pirolisis lenta, no tiene efecto de bioestimulación en el suelo degradado.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS

- Las características del biochar de tara (*Caesalpinia spinosa*), generado en pirolisis lenta son óptimas.

- El biochar al 10% tiene efecto sobre características fisicoquímicas del suelo.
- El biochar al 20% tiene efecto sobre características fisicoquímicas del suelo.
- Los cambios en las características productivas del suelo con la aplicación de biochar, son notorios por medio de pruebas con un indicador.

2.5. SISTEMA DE VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Bioestimulación de suelo degradado.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Biochar en pirolisis lenta

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	indicadores	instrumento
Dependente: Bioestimulación de suelo degradado	Es el deterioro de la capacidad del suelo para mantener su productividad constante, la capacidad para restaurar rápidamente los niveles de producción anteriores o restaurar una tendencia de productividad (Cartes, 2013)	Se tomará un suelo con características degradadas, analizadas previamente en el laboratorio que presente degradación y se incorporará biochar	Propiedades edáficas	Indicadores físicos <hr/> Indicadores químicos	Análisis de laboratorio
Independiente: Biochar de tara	También conocido como material orgánico que se produce por medio de proceso del pirólisis de elementos que contienen carbono (biomasas) lo cual ayuda a mejorar la calidad del suelo y preservarlo con el servicio ecosistémico (Ralebitso & Orr, 2016).	Se dará provecho a la biomasa de la Tara, para producir biochar o biocarbón en pirolisis lenta, y con ello dar un tratamiento al suelo degradado.	Tiempo <hr/> Cantidad de biochar	45 días <hr/> 10 % (3kg) de biochar <hr/> 20 % (6kg) de biochar	Días calendarios Kilo

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

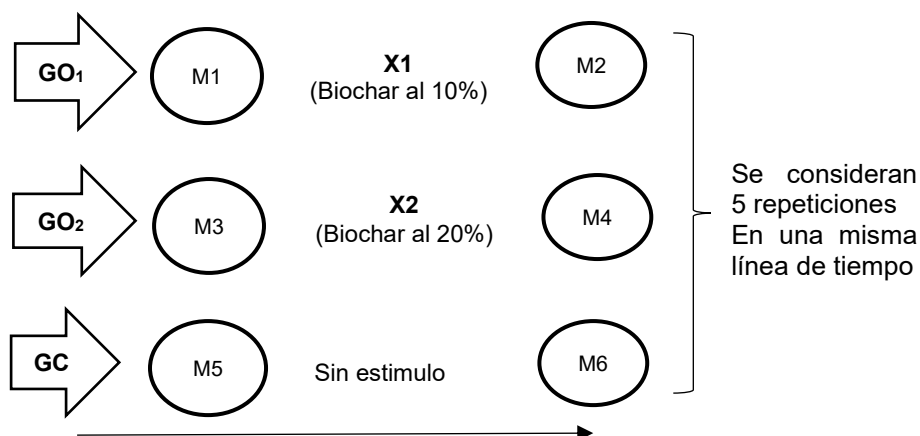
La investigación presentó un enfoque cuantitativo, puesto que se medirán fenómenos, y en el proceso de datos se usará la estadística, con la prueba o contraste de hipótesis, comprobando un análisis de causa y efecto (Hernández et al., 2010).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

La investigación presentó un alcance o nivel explicativo puesto que se van a determinar la causa o causas de los fenómenos que se estudian, generando con ello un sentido del entendimiento, siguiendo una estructura (Hernández et al., 2010).

3.1.3. DISEÑO

El diseño que presentó la investigación es experimental, puesto que se administrará un estímulo (biochar sobre el suelo), es decir existió una manipulación intencional de la variable y la medición de la misma, se realizó un control y validez y se trabajó con dos grupos operacionales y uno de control asignados al azar (Hernández et al., 2010). Como se muestra continuación:



Donde:

GO1: grupo operacional uno con estímulo de biochar al 10 %.

GO2: grupo operacional dos con estímulo de biochar al 20 %.

GC: grupo control, sin estímulo alguno.

M: número de observaciones.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población estuvo compuesta por un terreno agrícola de 600 m² en la localidad de La Esperanza en Amarilis, Huánuco.

3.2.2. MUESTRA

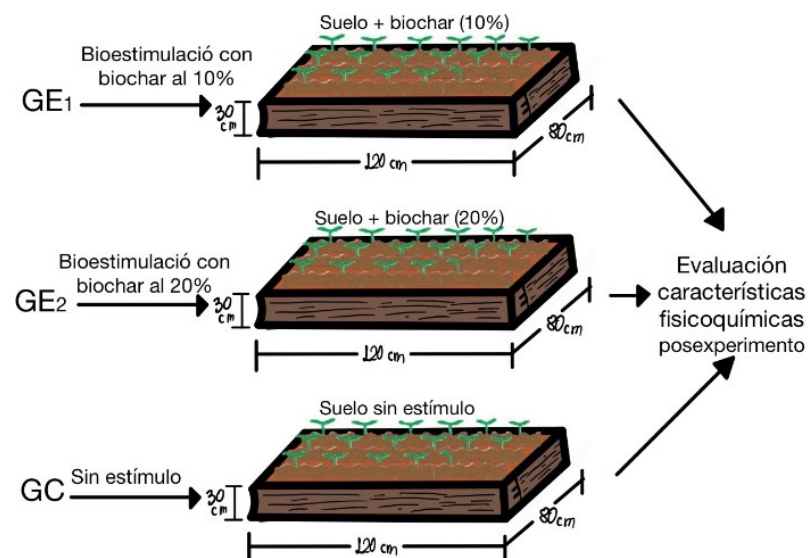
Para la muestra se realizó la técnica de muestreo simple, es decir se tomó la muestra en una sola extracción de suelo. Se realizó muestras homogéneas. Tres puntos de un metro cuadrado (1m²), de la que se extrajeron 30 kilogramos de suelo por cada punto, un total de 90 kilogramos.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- a) Toma de muestras:** Considerando muestreo inicial con la que se determinará una caracterización inicial del estado y calidad del suelo para ser analizadas en el laboratorio. Todo muestreo será contemplado Guía para el Muestreo de Suelos MINAM, 2014.
- b) Experimento:** En los grupos operacionales se tendrá en cuenta estímulos de dosis, de biochar al 10 % y de biochar al 20 % sobre el suelo degradado.
- c) Observación:** Se tuvo un periodo de observación de 45 días calendarios identificando cambios edáficos (físicos y químicos) además del crecimiento del indicador (planta de alfalfa) el cual será sembrado a 15 días de la incorporación del biochar en el suelo.

d) Análisis final: Con el cumplimiento de la fecha establecida se procederá a un nuevo análisis de laboratorio post experimento, y los datos se compararán con los obtenidos inicialmente, lo que evidenciará el efecto del biochar de tara para restaurar el suelo degradado, con ello se podrá identificar en grupo experimental funciona mejor que dosis.

Figura 6
Esquema del experimento



Nota. Se realizó un análisis inicial (pre experimento) se trabajará en una misma línea de tiempo (60 días). La planta (indicador) será la misma para cada grupo y se evaluará al finalizar el experimento.

3.3.1. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Los datos fueron presentados obtenidos usando tablas y gráficos a partir del análisis estadístico, en la que se considerara la redacción científica dando interpretación de los resultados, que serán útiles para la discusión de resultados y conclusiones de la investigación.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Los datos fueron procesados a través del software estadístico SPSS v. 26, utilizando la estadística inferencial, además del contraste y prueba de hipótesis, la información obtenida tendrá un análisis comparativo con la normativa vigente para calidad de suelo (ECA-Suelo).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Tabla 1

Parámetros fisicoquímicos del suelo pre experimento

Código	Parámetros fisicoquímicos (pre)											
	arena (%)	arcilla (%)	limo (%)	Textura	pH	CE (dS/m)	M.O. (%)	N (%)	C	P	K	CIC
M1(A)	42	29	29	Franco Arcilloso	6.40	0.695	1.665	0.083	0.966	7.291	174.523	14.760
M2(A)	40	31	29	Franco Arcilloso	6.30	0.557	1.780	0.089	1.032	7.421	173.324	14.026
M3(A)	42	29	29	Franco Arcilloso	6.30	0.717	1.722	0.086	0.999	7.209	171.925	12.629

Nota. En la tabla 1 se presenta los datos pre experimentales de las condiciones del suelo. De tipo textural franco arcilloso para todas las muestras, y siendo ligeramente ácido.

Tabla 2

Parámetros fisicoquímicos del suelo en Grupo control

Código	Parámetros fisicoquímicos (post) Grupo control											
	arena (%)	arcilla (%)	limo (%)	Textura	pH	CE (dS/m)	M.O. (%)	N (%)	C	P	K	CIC
M1(B)	36	27	37	Franco Arcilloso	7.33	0.570	2.273	0.114	1.319	23.31	246.14	21.072
M2(B)	36	27	37	Franco Arcilloso	7.39	0.552	2.222	0.111	1.289	22.88	222.4	19.672
M3(B)	34	27	39	Franco Arcilloso	7.56	0.547	2.170	0.109	1.259	22.37	219.65	20.031
M4(B)	36	27	37	Franco Arcilloso	7.9	0.569	2.118	0.106	1.229	22.33	256.14	21.176
M5(B)	44	27	29	Franco Arcilloso	7.97	0.571	2.227	0.111	1.292	21.34	259.26	21.676

Nota. En la tabla 2 se presenta los datos post experimentales de las condiciones del suelo. El grupo control no conlleva ningún estímulo.

Tabla 3*Parámetros fisicoquímicos post experimento en Grupo 1*

Código	Parámetros fisicoquímicos (post) Grupo experimental 1											
	arena (%)	arcilla (%)	limo (%)	Textura	pH	CE (dS/m)	M.O. (%)	N (%)	C	P	K	CIC
M1(E1)	44	27	29	Franco Arcilloso	8.01	0.755	2.532	0.127	1.469	38.87	377.83	24.029
M2(E1)	38	27	35	Franco Arcilloso	8.17	0.765	2.428	0.121	1.409	38.45	351.35	29.579
M3(E1)	38	29	33	Franco Arcilloso	8.15	0.712	2.49	0.125	1.445	39.3	352.6	28.051
M4(E1)	38	27	39	Franco Arcilloso	8.14	0.774	2.547	0.127	1.478	38.02	356.59	29.368
M5(E1)	34	27	29	Franco Arcilloso	8.13	0.749	2.304	0.115	1.337	37.68	339.1	27.847

Nota. En la tabla 3 se presenta los datos post experimentales de las condiciones del suelo. El grupo experimental 1 tuvo un estímulo de 10% de biochar de tara.

Tabla 4*Parámetros fisicoquímicos post experimento en Grupo 2*

Código	Parámetros fisicoquímicos (post) Grupo experimental 2											
	arena (%)	arcilla (%)	limo (%)	Textura	pH	CE (dS/m)	M.O. (%)	N (%)	C	P	K	CIC
M1(E2)	44	28	35	Franco Arcilloso	8.31	1.912	3.033	0.152	1.759	75.73	616.48	42.198
M2(E2)	38	27	35	Franco Arcilloso	8.40	1.902	3.012	0.151	1.747	68.98	624.73	41.073
M3(E2)	38	27	35	Franco Arcilloso	8.39	1.915	3.01	0.151	1.746	71.97	634.47	42.528
M4(E2)	38	27	35	Franco Arcilloso	8.45	1.824	3.1	0.155	1.798	68.98	685.2	42.717
M5(E2)	36	29	35	Franco Arcilloso	8.42	1.831	3.002	0.15	1.741	71.37	636.47	42.741

Nota. En la tabla se presenta los datos post experimentales de las condiciones del suelo. El grupo experimental 2 tuvo un estímulo de 20% de biochar de tara.

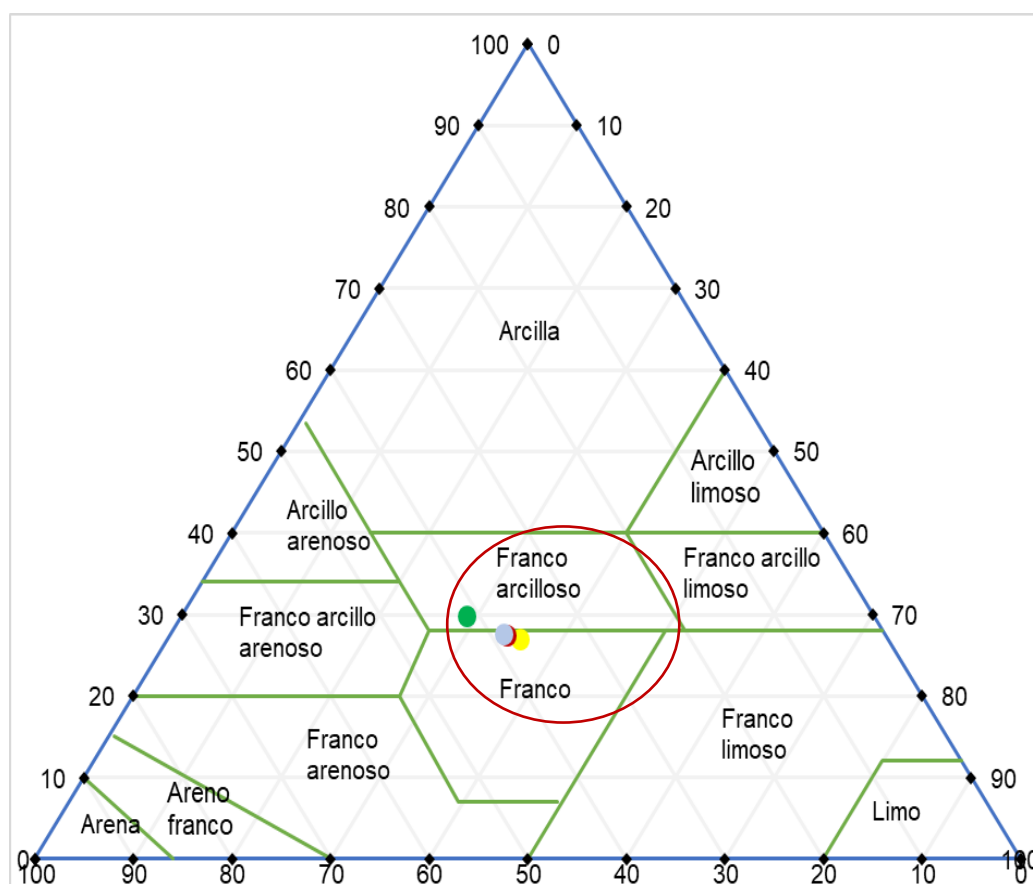
Tabla 5
Caracterizar el biochar de tara (Caesalpinia spinosa)

N°	pH	CE uS/cm	Húmedas Hd (%)	Materia seca	Materia Orgánica	Cenizas	C	N	C/N
Biochar	9.07	1100	15.31	84.69	73.576	11.113	36.788	0.672	54.744

Nota. La tabla 5 muestra, para las características del biochar de tara; un pH 9.07 lo cual es fuertemente alcalino (recomendable para suelos ácidos), la materia orgánica presenta 73.576 lo cual es un rango (%) alto (recomendables para suelos degradados o bajos en materia orgánica, del mismo modo el C es muy alto con 36.788%, el N es alto con 0.672%.

- **Efecto del biochar sobre las características fisicoquímicas del suelo**

Figura 7
Triangulo textural del suelo



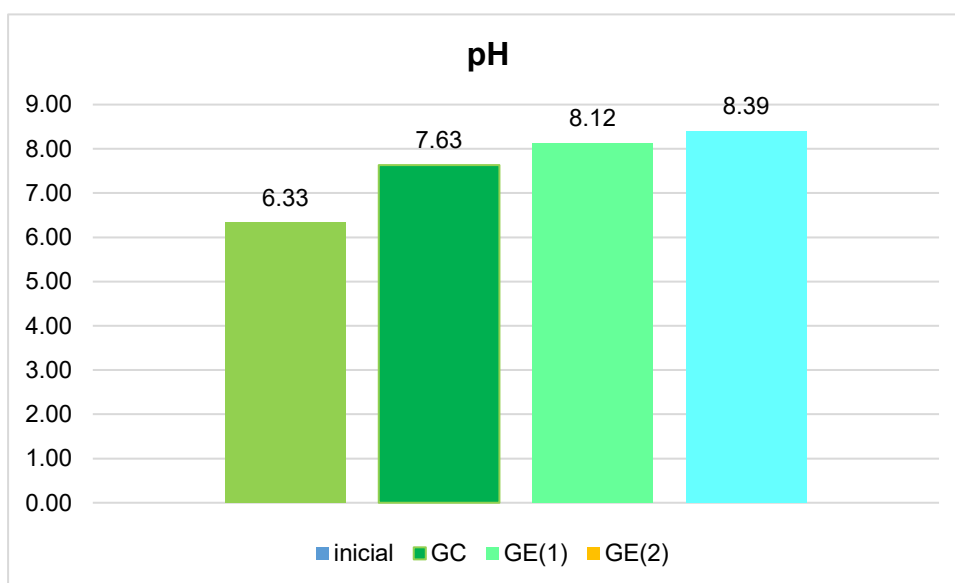
Nota. De la figura se aprecia que inicialmente se tuvo un tipo textural de Franco Arcilloso; arena 41.3 (%); 29.7 arcilla (%) y 29 limo (%). Con el grupo control se tuvo; arena 37.2 (%); 27 arcilla (%) y 35.8 limo (%). Con biochar al 10% se tuvo; arena 38.40 (%); 27.40 arcilla (%) y 34.20 limo (%). Y con el biochar al 20% se tuvo; arena 38.6 (%); 27.6 arcilla (%) y 33.8 limo (%).

Tabla 6
Efectos sobre el pH del suelo

Medición	Grupo	Media	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
				Límite inferior	Límite superior
pH - inicial	GC	6.3330	0,0000	6,3330	6,3330
	10%				
	20%				
pH - final	GC	7.6300	0,13058	7,2675	7,9925
	10%	8.1200	0,02828	8,0415	8,1985
	20%	8.3940	0,02337	8,3291	8,4589
Diferencia	GC	1,2970	0,13058	,9345	1,6595
	10%	1,7870	0,02828	1,7085	1,8655
	20%	2,0610	0,02337	1,9961	2,1259

Nota. De la tabla se muestra, un pH pre intervención de 6.3 lo cual indica ligeramente ácido, post intervención con el grupo control se tuvo 7.63 es decir ligeramente alcalino, del grupo experimental 1 se tuvo 8.12 es decir media de alcalino al igual que el grupo experimental 2 con 8.39.

Figura 8
Comportamiento del pH



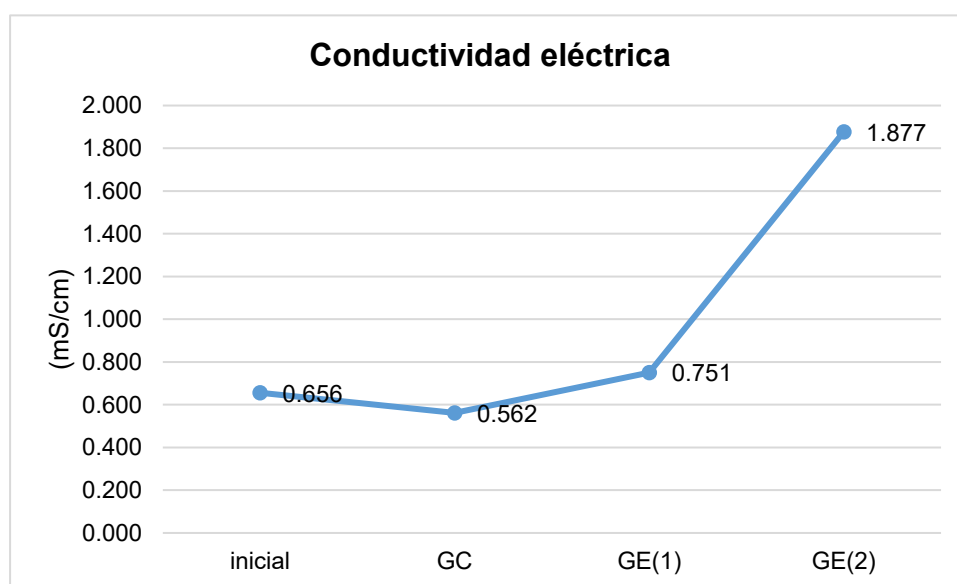
Nota. De la figura se aprecia que, el pH tiene una variación de ligeramente ácido a ligeramente alcalino, esto se debe a la cantidad de biochar (alcalino) usado en cada grupo experimental, en la que se evidencia para del grupo experimental 1 se tuvo 8.12 es decir mediana de alcalino al igual que el grupo experimental 2 con 8.39.

Tabla 7
Efectos sobre la conductividad eléctrica (CE) del suelo

Medición	Grupo	Media	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
				Límite inferior	Límite superior
CE. Inicial	GC	0.65600	0,000000	0,65600	0,65600
	10%				
	20%				
CE. Final	GC	0.56180	0,005093	0,54766	0,57594
	10%	0.75100	0,010644	0,72145	0,78055
	20%	1.87680	0,020272	1,82052	1,93308
Diferencia	GC	-0,0942	0,00509	-0,1083	-0,0801
	10%	0,0950	0,01064	0,0654	0,1246
	20%	1,2208	0,02027	1,1645	1,2771

Nota. De la tabla se muestra que inicialmente se tuvo 0.65600mS/cm (0.656), para el grupo experimental se redujo hasta 0.56180mS/cm, a diferencia de los grupos experimentales en la que para el grupo 1 (10% de biochar) se tuvo 0.75100mS/cm y para el grupo 2 (20% de biochar) 1.87680mS/cm.

Figura 9
Comportamiento de la conductividad eléctrica



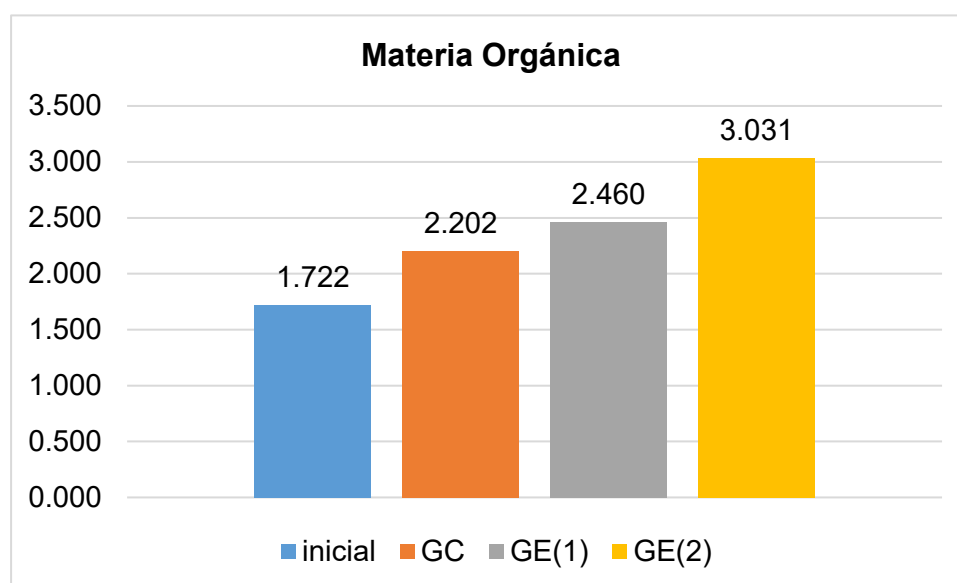
Nota. De la figura se aprecia el comportamiento ascendente de la conductividad eléctrica, en la que de la inicial 0.656mS/cm, solo hay pérdida en el grupo control con 0.562, y los grupos experimentales muestran ascenso estadístico, en la que la mayor cantidad de dosis (20%) tiene 1.877mS/cm

Tabla 8
Efectos sobre la materia orgánica (M.O.) del suelo

Medición	Grupo	Media	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
				L. inferior	L. superior
M.O. inicial	GC	1.72200	0,00000	1,72200	1,72200
	10%				
	20%				
M.O. final	GC	2.20200	0,026595	2,12816	2,27584
	10%	2.46020	0,044166	2,33758	2,58282
	20%	3.03140	0,017899	2,98171	3,08109
Diferencia	GC	0,4800	0,02660	0,4062	0,5538
	10%	0,7382	0,04417	0,6156	0,8608
	20%	1,3094	0,01790	1,2597	1,3591

Nota. De la tabla se muestra, que inicialmente se tuvo el un porcentaje de 1.72% de MO. Y posterior al experimento se tuvo para el grupo control 2.20%, para el grupo experimental (10% de biochar) 2.46% y para el grupo experimental 2 (20% de biochar) se tuvo 3.03%, siendo este último con mayor incremento estadístico.

Figura 10
Comportamiento de la materia orgánica



Nota. De la figura se aprecia, que inicialmente se tuvo el un porcentaje de 1.72% de MO. Y posterior al experimento se tuvo para el grupo control 2.20%, para el grupo experimental (10% de biochar) 2.46 y para el grupo experimental 2 (20% de biochar) se tuvo 3.03%, siendo este último con mayor incremento estadístico.

Tabla 9
Disponibilidad de nutrientes

Medición	Grupo	Media	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
				L. inferior	L. superior
N. Inicial	GC				
	10%	0,08600	0,00000	0,08600	0,08600
	20%				
N. Final	GC	0,11020	0,001319	0,10654	0,11386
	10%	0,12300	0,002280	0,11667	0,12933
	20%	0,15180	0,000860	0,14941	0,15419
Diferencia	GC	0,0242	0,00132	0,0205	0,0279
	10%	0,0370	0,00228	0,0307	0,0433
	20%	0,0658	0,00086	0,0634	0,0682
C Inicial	GC				
	10%	0,9990	0,00000	0,9990	0,9990
	20%				
C Final	GC	1,27760	0,015426	1,23477	1,32043
	10%	1,42760	0,025604	1,35651	1,49869
	20%	1,75820	0,010380	1,72938	1,78702
Diferencia	GC	0,2786	0,01543	0,2358	0,3214
	10%	0,4286	0,02560	0,3575	0,4997
	20%	0,7592	0,01038	0,7304	0,7880
P. Inicial	GC				
	10%	7,30700	0,00000	7,30700	7,30700
	20%				
P. Final	GC	22,44600	0,329948	21,52992	23,36208
	10%	38,46400	0,289458	37,66034	39,26766
	20%	71,40600	1,240712	67,96123	74,85077
Diferencia	GC	15,1390	0,32995	14,2229	16,0551
	10%	31,1570	0,28946	30,3533	31,9607
	20%	64,0990	1,24071	60,6542	67,5438
K Inicial	GC				
	10%	173,25700	0,000000	173,2570	173,2570
	20%				
K Final	GC	240,71800	8,338020	217,56794	263,86806
	10%	355,49400	6,302417	337,99568	372,99232
	20%	639,47000	11,981320	606,20452	672,73548
Diferencia	GC	67,4610	8,33802	44,3109	90,6111
	10%	182,2370	6,30242	164,7387	199,7353
	20%	466,2130	11,98132	432,9475	499,4785

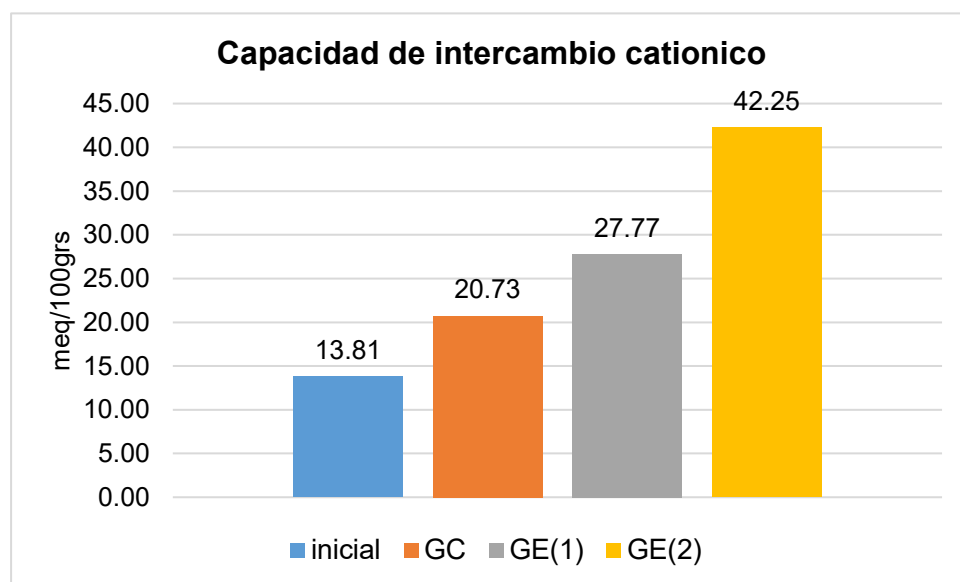
Nota. La disponibilidad de nutrientes (NCPK) se relaciona con la cantidad de la materia orgánica, en la que el grupo experimental con mayor dosis (20% de biochar) evidencia mayores cambios en estos nutrientes y la materia orgánica. Lo que favorece a recuperación del suelo.

Tabla 10
Efectos sobre la Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Medición	Grupo	Media	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
				Límite inferior	Límite superior
CIC. Inicial	GC				
	10%	13,80500	0,00000	13,80500	13,80500
	20%				
CIC. Final	GC	20,72540	0,375410	19,68309	21,76771
	10%	27,77480	0,997646	25,00489	30,54471
	20%	42,25140	0,310200	41,39015	43,11265
Diferencia	GC	6,9204	0,37541	5,8781	7,9627
	10%	13,9698	0,99765	11,1999	16,7397
	20%	28,4464	0,31020	27,5851	29,3077

Nota. En la tabla se muestra estadísticamente, que inicialmente se tuvo una media para CIC 13.80500meq/100grs (13.81), en la que posterior al experimento el grupo control incrementa a 20.7254meq/100grs (20.73), el grupo experimental 1 (10% de biochar de tara) una media de 27,77480 (27.77) y el grupo experimental 2 (20% de biochar) una media 42,25140meq/100grs (42.25) siendo el mayor dato.

Figura 11
Comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico



Nota. De la figura se aprecia que el incremento del CIC 13.81meq/100grs, para el grupo control incrementa 20.73meq/100grs, el grupo experimental 1; 27.77meq/100grs y el grupo experimental 2; 42,25meq/100grs, por lo que este último muestra mayor capacidad para retener cationes, contribuyendo a mejorar el suelo.

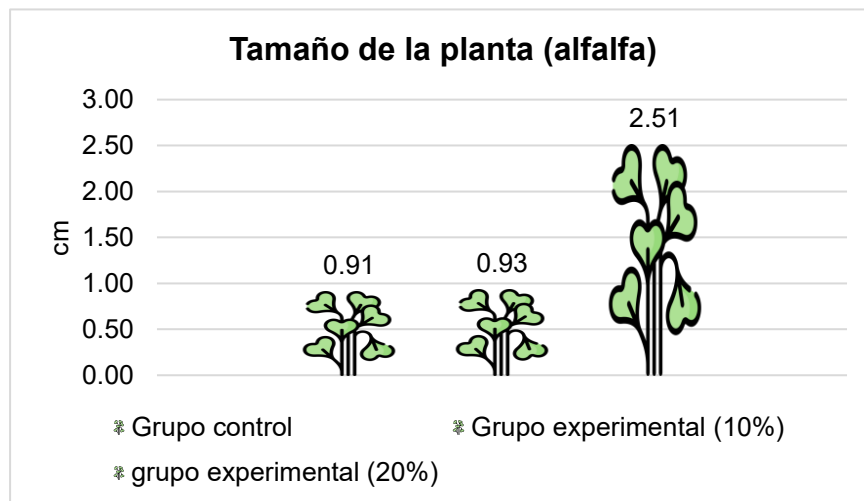
- Características productivas del suelo con la aplicación de biochar, por medio de pruebas con un indicador

Tabla 11
Tamaño de la planta (alfalfa)

N	Tamaño de la planta (alfalfa)		
	Grupo control	Grupo experimental (10%)	Grupo experimental (20%)
1	0.90	0.80	1.20
2	1.00	0.70	2.50
3	0.80	1.10	2.80
4	0.70	1.00	3.10
5	1.00	0.80	3.00
6	0.90	0.90	1.90
7	0.90	1.20	2.30
8	1.00	1.10	2.60
9	1.10	0.90	3.00
10	0.80	0.80	2.70

Nota. En la tabla se muestran datos de 10 plantas de la especie alfalfa (*Medicago sativa*) en la que se tiene una media para el grupo control de 0.91 cm; para el grupo experimental 1 (10% de biochar de tara) una media de 0.93 cm y el grupo experimental 2 (20% de biochar) una media para la altura de 2.51 cm.

Figura 12
Indicador usando alfalfa



Nota. De la figura se aprecia que el indicador evaluado alfalfa (*Medicago sativa*), tuvo un desarrollo similar entre el grupo control con un tamaño de 0.91 cm y el grupo experimental 1 (10% de biochar de tara) tuvo 0.93 cm, a diferencia del grupo experimental 2 (20% de biochar) tuvo una altura de 2.51 cm.

4.2. CONTRASTACIÓN O PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para poder realizar la prueba de hipótesis, los datos se verifican en el supuesto de normalidad, como se muestra a continuación:

Tabla 12
Prueba de normalidad

Parámetros	grupo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cambio_pH	Control	0,222	5	0,200*	0,882	5	0,319
	10%	0,363	5	0,030	0,772	5	0,047
	20%	0,269	5	0,200*	0,921	5	0,537
Cambio_CE	Control	0,336	5	0,066	0,794	5	0,072
	10%	0,267	5	0,200*	0,896	5	0,390
	20%	0,311	5	0,129	0,779	5	0,054
Cambio_MO	Control	0,232	5	0,200*	0,964	5	0,836
	10%	0,219	5	0,200*	0,893	5	0,370
	20%	0,286	5	0,200*	0,780	5	0,055
Cambio_N	Control	0,207	5	0,200*	0,967	5	0,853
	10%	0,253	5	0,200*	0,854	5	0,207
	20%	0,261	5	0,200*	0,859	5	0,223
Cambio_C	Control	0,229	5	0,200*	0,965	5	0,845
	10%	0,219	5	0,200*	0,893	5	0,372
	20%	0,286	5	0,200*	0,781	5	0,056
Cambio_P	Control	0,238	5	0,200*	0,955	5	0,774
	10%	0,154	5	0,200*	0,981	5	0,938
	20%	0,219	5	0,200*	0,881	5	0,314
Cambio_K	Control	0,237	5	0,200*	0,855	5	0,209
	10%	0,269	5	0,200*	0,918	5	0,518
	20%	0,345	5	0,052	0,820	5	0,116
Cambio_CIC	Control	0,260	5	0,200*	0,918	5	0,515
	10%	0,313	5	0,123	0,826	5	0,131
	20%	0,269	5	0,200*	0,791	5	0,068

Nota. *. Esto es un límite inferior de la significación verdadera. a. Corrección de significación de Lilliefors. De la tabla se aprecia que para la **Sig. (p-valor)** en el caso de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, los datos superan el 0.05, en la que se evidencia la normalidad de los mismos, estos datos hacen referencia al uso de una prueba paramétrica, y en este caso fue ANOVA, dado que se comparan tres (3) medias, 1 grupo control y 2 experimentales.

Para la prueba de hipótesis se tiene planteada lo siguiente:

HA: La aplicación del biochar de tara (*Caesalpinia spinosa*), generado en pirolisis lenta, tiene efecto de bioestimulación en el suelo degradado.

Ho: La aplicación del biochar de tara (*Caesalpinia spinosa*), generado en pirolisis lenta, no tiene efecto de bioestimulación en el suelo degradado.

Tabla 13
Prueba ANOVA de un factor

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Cambio_pH	Entre grupos	1,498	2	0,749	24,431	0,000
	Dentro de grupos	0,368	12	0,031		
Cambio_CE	Entre grupos	5,054	2	2,527	2755,868	0,000
	Dentro de grupos	0,011	12	0,001		
Cambio_MO	Entre grupos	1,801	2	0,901	181,453	0,000
	Dentro de grupos	0,060	12	0,005		
Cambio_N	Entre grupos	0,005	2	0,002	177,333	0,000
	Dentro de grupos	0,000	12	0,000		
Cambio_C	Entre grupos	0,605	2	0,302	181,158	0,000
	Dentro de grupos	0,020	12	0,002		
Cambio_P	Entre grupos	6231,389	2	3115,694	1079,329	0,000
	Dentro de grupos	34,640	12	2,887		
Cambio_K	Entre grupos	421365,094	2	210682,547	500,047	0,000
	Dentro de grupos	5055,902	12	421,325		
Cambio_CIC	Entre grupos	1204,391	2	602,196	293,169	0,000
	Dentro de grupos	24,649	12	2,054		

Nota. En la tabla se aprecia que la Sig. de la prueba ANOVA de todos los parámetros evaluados son menores al 0.05, lo que esta prueba indica, que el experimento tuvo efectos en todos los parámetros, y los cambios fueron diferentes en el grupo control y los grupos experimentales, por lo que se aprueba la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula. Por lo que la biorrecuperación con biochar de tara tuvo efectos favorables sobre el suelo.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De la evaluación del efecto de la aplicación del biochar de tara (*Caesalpinia spinosa*) generado en pirólisis lenta, se evidencia la capacidad de bioestimulación sobre suelo degradado, dado que, las dosis usadas muestran mejoras favorables sobre los indicadores analizados en condiciones controlados, lo que es concordante con lo que mencionan Ayala & Peña (2020) declarando que los biochar son capaces de reducir los efectos ambientales negativos tales como: reducción de gases de efecto invernadero, uso excesivo de fertilizantes químicos, olores, amoníaco. Es decir, las mejoras del suelo son evidentes de manera potencial. Además de mejorar los indicadores de los parámetros de calidad del suelo como también lo considera Cervantes (2022) sosteniendo que el biochar tiene efectos positivos en los suelos degradados, aportando materia orgánica, estabiliza el pH y favorece el desarrollo de las plantas. A esto Villanueva & Villanueva (2020) mencionan que respecto a las condiciones del biocarbón, se han identificado varias áreas de cobertura y límites de cultivos, siendo el tipo de suelo, el tipo de materia prima y el proceso de producción las principales limitaciones del biocarbón. Luego se determinaron las propiedades del suelo afectadas por la aplicación de biocarbón.

La caracterización del biochar generado en pirólisis lenta, de tara (*Caesalpinia spinosa*), se muestra con alcalinidad, esto muestra que en el experimento solamente el grupo control mantiene neutro el pH, sin embargo, en los grupos experimentales el pH es ligeramente alcalino, tal como lo mencionan Rivera et al. (2019) sosteniendo que el biochar es altamente alcalino razón por la cual el pH se incrementa en todos los tratamientos a excepción del testigo, y dando una condición para el control del mismo que sería pasados los 30 días de dosificación se registra un ligero decremento de este parámetro. Por la presencia además del carbono favorece al suelo según lo menciona Milesi et al. (2020) de su investigación que hubo un aumento de C y disminución de la densidad aparente de la superficie. Dado que el biochar no es neutro más por el contrario es muy alcalino y presentan nuevos

conocimientos es necesario entender lo que agrega Villanueva & Villanueva (2020) en su investigación, que es necesario realizar una extensa investigación de diferentes procesos de procesamiento de biocarbón, y la evaluación de materias primas y buscar información actualizada sobre biocarbón.

De evaluar el efecto del biochar al 10% sobre las características fisicoquímicas del suelo, no se produjo cambios en el tipo textural del suelo, manteniéndose en franco arcilloso a diferencia del pH que se incrementó a ligeramente alcalino de ligeramente ácido, esta dosis favoreció a los indicadores por lo que autores como Ayala & Peña (2020) mencionan que esas dosis deben ser incorporadas al suelo según lo investigado, dado que esta dosis de biochar han incrementado las propiedades físicas: textura, estructura, Humedad, color y porosidad, químicas. Respecto al pH y su incremento Ruiz (2022) demostró que el aumento en el pH cuando al utilizar biocarbón sobre los suelos arcillosos. Sin embargo, se debe considerar el tiempo de tratamiento dado que existen variaciones en el pH de esto refiere Rivera et al. (2019) cuando menciona que el aumento de pH fue mayor a los 30 días en comparación con el tratamiento de 60 días, donde disminuyó ligeramente, estas variaciones pueden limitar el desarrollo normal de las plantas y generar desestabilización en el suelo.

Evaluar el efecto del biochar al 20% sobre las características fisicoquímicas del suelo, no se produjo cambios en el tipo textural del suelo, manteniéndose en franco arcilloso a diferencia del pH que se incrementó a moderadamente alcalino de ligeramente ácido, produciendo además mejores cambios que dosis menores como el 10%, es decir estos incrementos tienen relación con lo mencionado por Ruiz (2022) en la que observó un incremento en las concentraciones de P, NO₃, K, Ca y Mg en todos los casos de aplicación de biochar favoreciendo al suelo, con ello siendo diferente a lo mencionado por Aróstegui (2019) que la dosis más pequeña (5%) fue la que mejores resultados arrojó, con pH neutro y mayor crecimiento de la planta, se debe considerar además el tipo de especie vegetal del que se hizo el biochar evaluado en los distintos suelos, además del tipo textural del suelo y las

condiciones climáticas. Los cambios y el incremento en las características fisicoquímicas del suelo son evidentes en ambas dosis evaluadas de cantidad de biochar (20%) esto lo recalca Solisor (2021) en su investigación en la que mostró que los parámetros evaluados según la calidad de suelo analizadas pasaron de una media bajo a un promedio medio y alto según las evaluaciones.

Al evaluar los cambios en las características productivas del suelo con la aplicación de biochar, por medio de pruebas con un indicador, se muestra que al usar 10% de biochar tuvo un crecimiento promedio de 0.93 cm, y con el 20% de biochar tuvo una altura de 2.51 cm. Es decir, a mayor cantidad de biochar mejor en desarrollo de la especie a diferencia de lo mencionado por Cervantes (2022) en la que sostiene que un menor grado de biochar (15%) tiene mejor desempeño para el desarrollo indicador usado (maíz), y con lo que menciona Aróstegui (2019) considerando que la aplicación del biochar en dosis altas no han permitido un buen desarrollo se mismo indicador, esto es por el tipo de indicador, y puede considerarse que la alfalfa tolera mejor la cantidad alcalina del biochar.

CONCLUSIONES

Al evaluar el efecto de la aplicación del biochar de tara (*Caesalpinia spinosa*), se muestra que los efectos son favorables, puesto que se mantiene el tipo textural, y se estabiliza el pH, y el mayor porcentaje favorable el 20%, en suelos que presentan ligeramente acidez.

De las características del biochar generado en pirolisis lenta, de tara (*Caesalpinia spinosa*) se muestra un pH alcalino con 9.07, esto es recomendable para suelos ácidos, además la materia orgánica tuvo 73.576 lo cual es un rango (%) alto, del mismo modo el C es muy alto con 36.788%, el N es alto con 0.672%.

De la evaluación del efecto del biochar al 10% sobre las características fisicoquímicas del suelo, se muestra que todos los parámetros tuvieron variaciones favorables mínimas, sin embargo, el suelo queda estable para parámetros como pH 8.12 con y materia orgánica con 2.46%, favorables para el suelo considerando la alcalinidad del biochar.

De la evaluación del efecto del biochar al 20% sobre las características fisicoquímicas del suelo, se muestra que esta cantidad usada en el experimento tuvo mayor efecto y mayores cambios en todos los parámetros, como el pH con 8.39 ligeramente alcalino (por acción del biochar), la materia orgánica 3.03% y el CIC con 42.25meq/100grs. Siendo el más favorable en el suelo y el crecimiento del indicador evaluado.

De la evaluación de los cambios en las características productivas del suelo con la aplicación de biochar, por medio de pruebas del indicador alfalfa, al usar 10% de biochar de tara tuvo un crecimiento promedio de 0.93 cm, y al usar 20% de biochar se tuvo una altura media de 2.51 cm, siendo este último más favorable dado que se obtuvo más del doble que la primera dosis.

RECOMENDACIONES

Se recomienda:

- Realizar un estudio de las propiedades del biochar de tara (*Caesalpinia spinosa*), en activados para el tratamiento de aguas o lixiviados con contaminantes.
- Aprovechar el beneficio del biochar de tara (*Caesalpinia spinosa*), para la recuperación de suelos degradados, que presentan acidez y suelos sobreexplotados.
- Realizar estudios de otras cantidades o dosis del biochar de tara, para descartar los excesos de alcalinidad sobre los suelos.
- Para el uso del horno pirolítico es necesario usar termómetros digitales de distancia, o termómetros de altas temperaturas en los hornos.
- Realizar una molienda del biochar para la dosificación sobre el suelo degradado, para que la asimilación sea más eficiente.
- La siembra del indicador es necesario pregerminarlo, y ponerlo a las muestras del suelo pasado al menos 15 días, evitando tener contacto directo con el biochar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aróstegui, K. (2019). Evaluación del efecto de biochar de residuos de sachu inchi y cacao sobre suelos degradados de Campoverde, Ucayali, usando *Zea mays* con indicador [Universidad Científica del Sur]. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/762>
- Ayala, A., & Peña, H. A. (2020). Uso del biochar como alternativa de mejoramiento de la calidad de los suelos mediante una revisión sistemática [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60813>
- Cartes, G. (2013). Degradación de suelos agrícolas. <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2013/10/SueloAgricola201310.pdf>
- Cernansky, R. (2015). Agriculture: State-of-the-art soil. *Nature*, 517(7534), Article 7534. <https://doi.org/10.1038/517258a>
- Cervantes, J. G. (2022). Efecto del biochar de molle (*Schinus molle* L.) en la recuperación de suelos degradados, usando como indicador el maíz (*Zea mays* L.) [Universidad de Huánuco]. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/3408>
- De la Torre, L. (2018). La Tara; beneficios ambientales y recomendaciones para su manejo sostenible en relictos de bosque y sistemas agroforestales. CONDESAN.
- Encinas, M. D. (2011). Medio Ambiente y Contaminación Principios Básicos (Primera). <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio%20Ambiente%20y%20Contaminaci%C3%B3n.%20Principios%20b%C3%A1sicos.pdf?sequence=6>
- Espejo, R. (2016). La Agricultura de Conservación, herramienta para potenciar el papel del suelo como sumidero de CO₂ atmosférico y defender a los suelos agrícolas de la erosión (Primera edición, Vol. 1). Agricultura de

Conservación.

http://www.conama.org/conama/download/files/conama2016/STs%202016/1998972102_doc_REspejo.pdf

García, C., Rosas, J. G., Sánchez, M. E., Pascual, J., & Hernández, T. (2014). Enmiendas orgánicas de nueva generación: Biochar y otras biomoléculas. Ediciones Paraninfo, S.A.

García, R. (2019). Tratamiento de residuos urbanos o municipales. UF0285. Tutor Formación.

Gómez, A., & Rincón, S. (2008). Pirólisis de biomasa. KASSEL. https://www.google.com/search?q=http%3A%2F%2Fdnb.ddb.de+abru fbar&rlz=1C1CHZN_esPE951PE951&sourceid=chrome&ie=UTF-8

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación (Quinta edición). Mc Graw Hill Education.

Ibáñez, J. J. (2009). Manual de Educación para la Sostenibilidad. Unesco Etxea. UNESCO. https://www.researchgate.net/publication/255685963_El_Suelo_y_su_degradacion

Jiménez, R. (2017). Introducción a la contaminación de suelos. Mundi-Prensa Libros.

López, R. (2002). Degradación del Suelo; causas procesos, evaluación e investigación (Segunda edición). CIDIAT.

Milesi, L. A., Ullé, J. Á., & Andriulo, A. E. (2020). Aplicación de biochar en un suelo degradado bajo producción de batata: Efecto sobre propiedades edáficas. Ciencia del suelo, 38(1), 162-173.

Morales, C., & Parada, S. (2005). Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales. CEPAL.

Moreno, H., Blanquer, J., & Ibáñez, S. (2010). El Color del Suelo. 7.

- Navarro, G. (2003). *Química agrícola: El suelo y los elementos químicos: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. Editorial Paraninfo.
- Porta, J., López, M., & Poch, R. (2014). *Edafología: Uso y protección de suelos* (Tercera Edición). Mundi-Prensa Libros.
- Ralebitso, T. K., & Orr, C. H. (2016). *Biochar Application: Essential Soil Microbial Ecology*. Elsevier.
- Rivera, J. A. C., Guerrero, J. N. Q., & Batista, R. M. G. (2019). Evaluación de la mineralización de biochar sobre parámetros químicos del suelo en dos tiempos de incubación. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(3), Article 3.
- Rodríguez, N., McLaughlin, M., & Pennock, D. (2019). La Contaminación del Suelo una Realidad Oculta (p. 144). <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>
- Ruiz, N. A. (2022). Evaluación del efecto de la aplicación de biochar en suelos agrícolas basado en la migración de nutrientes [Trabajo de grado - Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81468>
- Sik Ok, Y., Uchimiya, S. M., Chang, S. X., & Bolan, N. (2016). *Biochar: Producción, Caracterización y aplicaciones*. CRC Press.
- Solisor, L. T. (2021). Efecto del biochar del eucalipto (*eucalyptus globulus*) en la mejora de la calidad de suelo y las características morfológicas del rabanito (*raphanus sativus*) [Universidad de Huánuco]. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/2870>
- Thapar, R., & Shah, M. (2022). *BioChar: Applications for Bioremediation of Contaminated Systems*. DE GRUYTER.
- Villanueva, N. A., & Villanueva, R. R. (2020). El biochar como enmienda para suelos agrícolas: Propiedades y efectos; Revisión Sistemática

[Universidad César Vallejo].

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74266>

Zerbino, S., & Altier, N. (2020). La Biodiversidad del suelo su Importancia para el Funcionamiento de los Ecosistemas. 2.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Andrea Estefany, M. (2024). *Aplicación del biochar de tara (Caesalpinia spinosa) generado en pirólisis lenta para la bioestimulación de suelo degradado, Huánuco; 2022 - 2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

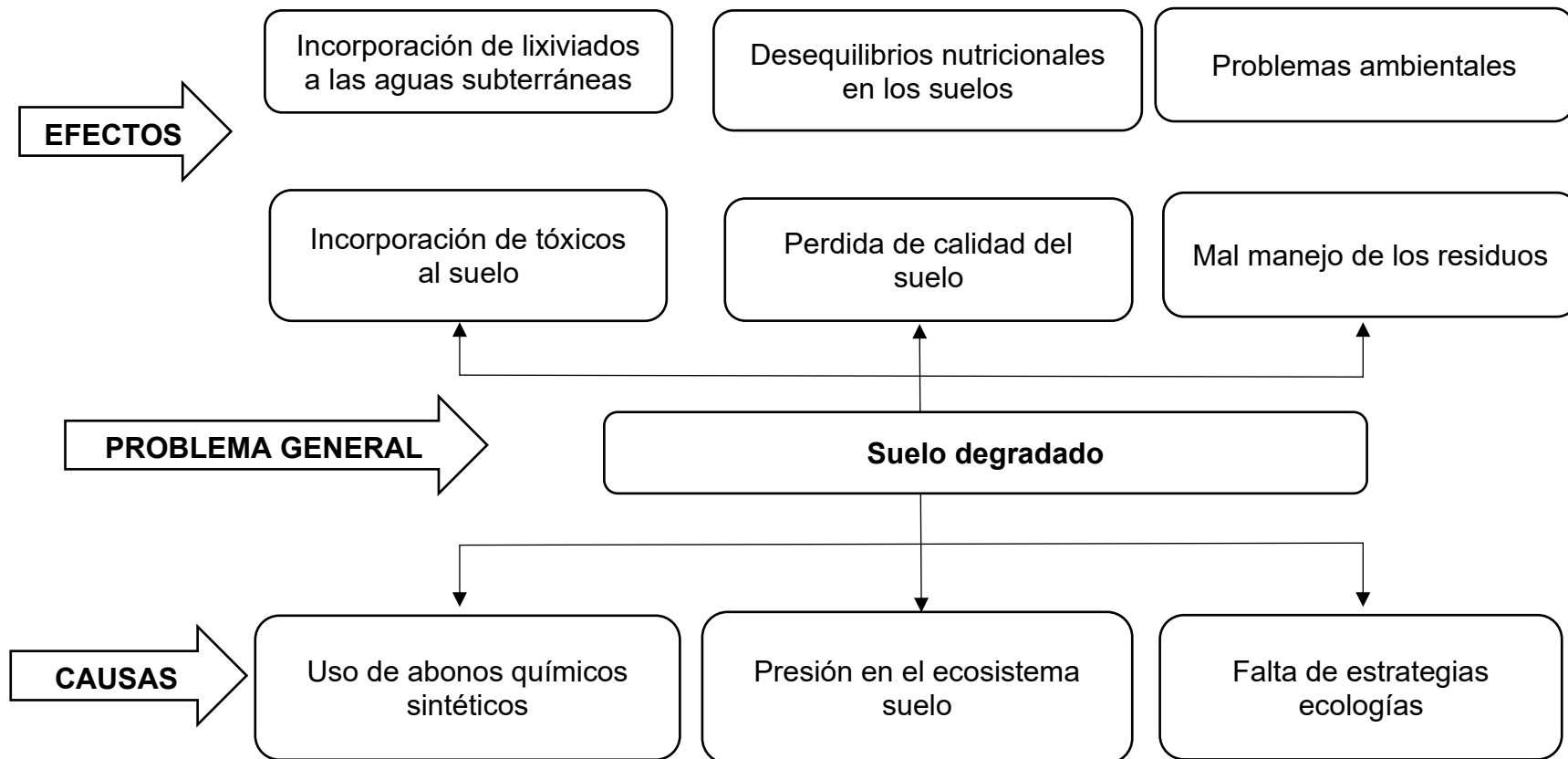
MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Aplicación del biochar de tara (*Caesalpinia spinosa*) generado en pirólisis lenta para la bioestimulación de suelo degradado, Huánuco, 2022”

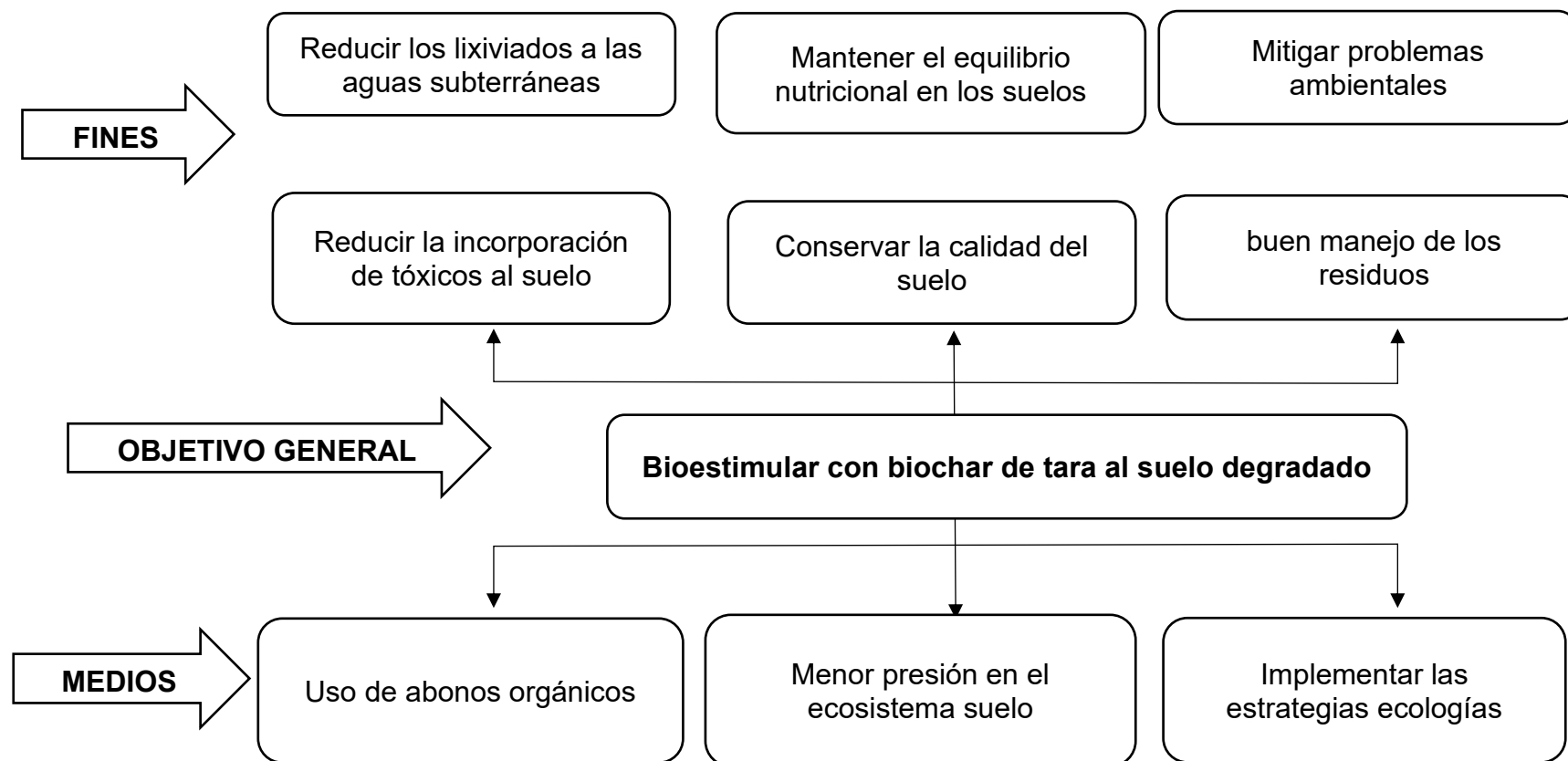
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<ul style="list-style-type: none"> ¿Qué efecto producirá la aplicación del biochar tara (<i>Caesalpinia spinosa</i>) generado en pirólisis lenta para la bioestimulación de suelo degradado en La Esperanza, Amarilis Huánuco? 	<ul style="list-style-type: none"> Evaluar el efecto de la aplicación del biochar tara (<i>Caesalpinia spinosa</i>) generado en pirólisis lenta, para la bioestimulación de suelo degradado, La Esperanza, Amarilis Huánuco 	<ul style="list-style-type: none"> La aplicación del biochar tara (<i>Caesalpinia spinosa</i>) generado en pirólisis lenta, tiene efecto de bioestimulación en el suelo degradado. La aplicación del biochar tara (<i>Caesalpinia spinosa</i>) generado en pirólisis lenta, no tiene efecto de bioestimulación en el suelo degradado. 	<p>V. Dependiente</p> <p>Bioestimulación de Suelo degradado</p> <ul style="list-style-type: none"> Propiedades edáficas Crecimiento de indicador (planta) <p>V. independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> Biochar de tara Tiempo cantidad 	<p>Tipo: Experimental por la manipulación de variables</p> <p>Enfoque: Cuantitativo, se medirán fenómenos</p> <p>Nivel: explicativo se van a determinar las causas de los fenómenos</p> <p>Diseño: se trabajará con 2 grupos operacionales y 1 de control</p> <p>Población: Compuesta por un terreno agrícola de 600 m² en la localidad de La Esperanza en Amarilis, Huánuco.</p> <p>Muestra: Tres puntos de un metro cuadrado (1m²), de la</p>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS			
<ul style="list-style-type: none"> ¿Qué características presentará el biochar generado en pirólisis lenta, de tara (<i>Caesalpinia spinosa</i>)? ¿Cuáles es el efecto del biochar al 10% sobre las características fisicoquímicas suelo? ¿Cuáles es el efecto del biochar al 20% sobre las características fisicoquímicas suelo? ¿Cuáles son los cambios en las características productivas del suelo con la aplicación de 	<ul style="list-style-type: none"> Caracterizar el biochar generado en pirólisis lenta, de tara (<i>Caesalpinia spinosa</i>) Evaluar el efecto del biochar al 10% sobre las características fisicoquímicas del suelo. Evaluar el efecto del biochar al 20% sobre las características fisicoquímicas del suelo. Evaluar los cambios en las características productivas 			

biochar, por medio de pruebas con un indicador?	del suelo con la aplicación de biochar, por medio de pruebas con un indicador.	que se extraerán 30 kilogramo de suelo cada por cada punto, un total de 190 kilogramos.
---	--	---

ANEXO 2
DIAGRAMA DE CAUSAS Y EFECTOS



ANEXO 3
DIAGRAMA DE MEDIOS Y FINES



ANEXO 4
INSTRUMENTO DE CAMPO

REGISTRO DE CAMPO	
Cantidad de biochar (kg):	Fecha:
Indicador evaluado:	Descripción de la evaluación:
Parámetro edáfico físicos	Textura
	Color
	Permeabilidad
Parámetro edáfico químico	pH
	Materia Orgánica
	CIC
	N; P; K
	otros

ANEXO 5

DATOS DE CAMPO

Tesis: APLICACIÓN DEL BIOCHAR DE TARA (<i>Caesalpinia spinosa</i>) GENERADO EN PIRÓLISIS LENTA PARA LA BIOESTIMULACIÓN DEL SUELO DEGRADADO, HUANUCO 2022-2023				
Evaluador: Andrea Martel				
Evaluación del crecimiento de la semilla (cm)				
N° DE PLANTAS	Cultivo: Grupo Control	Cultivo: Sustrato al 10%	Cultivo: Sustrato al 20%	COMENTARIOS
	cm	cm	cm	
Planta 1	0.9 cm	0.8 cm	1.2 cm	Resultado final al día 45
Planta 2	1.0 cm	0.7 cm	2.5 cm	Resultado final al día 45
Planta 3	0.8 cm	1.1 cm	2.8 cm	Resultado final al día 45
Planta 4	0.7 cm	1.0 cm	3.1 cm	Resultado final al día 45
Planta 5	1.0 cm	0.8 cm	3.0 cm	Resultado final al día 45
Planta 6	0.9 cm	0.9 cm	1.9 cm	Resultado final al día 45
Planta 7	0.9 cm	1.2 cm	2.3 cm	Resultado final al día 45
Planta 8	1.0 cm	1.1 cm	2.6 cm	Resultado final al día 45
Planta 9	1.1 cm	0.9 cm	3.0 cm	Resultado final al día 45.
Planta 10	0.8 cm	0.8 cm	2.7 cm	Resultado final al día 45.

ANEXO 6

MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO



	UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO FACULTAD DE INGENIERÍA P. A. P. DE INGENIERÍA AMBIENTAL	
"APLICACIÓN DEL BIOCHAR DE TARA (<i>Caesalpinia spinosa</i>) GENERADO EN PIRÓLISIS LENTA PARA LA BIOESTIMULACIÓN DE SUELO DEGRADADO, HUÁNUCO - 2022"		
MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO		
ESCALA:	1:2000	LÁMINA
FUENTE:	MINAM - ESRI	01
ESTE	NORTE	ALTITUD
365579.44	8906167.15	1970



ANEXO 7

PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 13
Identificación y evaluación del terreno



Figura 14
Calicata para la toma de muestra inicial



Figura 15
Recolección de materia prima (leña de tara)



Figura 16
Horno pirolítico para obtención del biochar



Figura 17
Obtención del carbón vegetal (Biochar de tara)



Figura 18
Habilitación de camas experimentales (suelo degradado)



Figura 19
Presentación del proyecto al asesor, Mg. Calixto Simeón



Figura 20
Presentación del proyecto al jurado, Blgo. Rolando Durán



Figura 21
Incorporación del sustrato (biochar de tara) a las camas de cultivo



Figura 22
Adición de sustrato al 10% y 20% y sin sustrato



Figura 23

Incorporación de 10gr semillas de alfalfa, en las camas de cultivo



Figura 24

Semillas de alfalfa (Medicago sativa)



Figura 25
Recolección de muestras post experimento



Figura 26
Envío de muestras finales al laboratorio para el análisis post experimento



ANEXO 8

RESULTADOS DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



ANALISIS DE SUELOS



1. DATOS

SOLICITANTE:	ANDREA ESTEFANY MARTEL ANDRADE	MUESTREADO POR:	ANDREA ESTEFANY MARTEL ANDRADE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	11/03/2023
PROVINCIA:	HUANUCO	FECHA DE INCICIO DE ENSAYO:	12/03/2023
DISTRITO:	AMARILIS	FECHA DE REPORTE:	16/03/2023
SECTOR:	CENTRO POBLADO LA ESPERANZA	RECIBO O FACTURA:	23007527
NOMBRE DE LA PARCELA:	--	OBSERVACIÓN:	--

2. RESULTADOS DEL ANALISIS SOLICITADO

N°	DATOS		ANALISIS MECANICO				pH	CE dS/cm	M.O. %	N %	C %	P		K	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiabiles %	Acidos Cambiabiles %	Saturación de Aluminio %
			Arena %	Arcilla %	Limo %	Clase Textural						disponible													
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA DEL SOLICITANTE					1:1	1:1				ppm	ppm		CANGIABLES				Cmol(+)/kg						
1	S0367-1	M1	42	29	29	Franco Arcilloso	6.40	0.695	1.665	0.083	0.966	7.291	174.623	14.760	12.572	1.759	0.318	0.112	0.000	0.000	--	100.000	0.000	0.000	
2	S0367-2	M2	40	31	29	Franco Arcilloso	6.30	0.567	1.780	0.089	1.032	7.421	173.324	14.026	11.886	1.694	0.361	0.105	0.000	0.000	--	100.000	0.000	0.000	
3	S0367-3	M3	42	29	29	Franco Arcilloso	6.30	0.717	1.722	0.086	0.999	7.209	171.925	12.629	10.403	1.755	0.359	0.112	0.000	0.000	--	100.000	0.000	0.000	

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Ing. PALMER 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 Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

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



ANALISIS ESPECIAL



1. DATOS

SOLICITANTE:	ANDREA ESTEFANY MARTEL ANDRADE	MUESTREADO POR:	ANDREA ESTEFANY MARTEL ANDRADE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	13/04/2023
PROVINCIA:	HUANUCO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	14/04/2023
DISTRITO:	AMARILIS	FECHA DE REPORTE:	30/04/2023
LOCALIDAD:	CENTRO POBLADO LA ESPERANZA	RECIBO O FACTURA:	23007527
MUESTRA:	BIOCHAR (CARBON DE TARA)	OBSERVACION:	---

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

DATOS DE LA MUESTRA				RESULTADOS EN BASE HUMEDA							RESULTADOS EN BASE SECA										
Código	Referencia	PH	CE uS/cm	Humedad Hd (%)	Materia Seca (%)	Materia Organica (%)	Cenizas (%)	C (%)	N (%)	C/N	Materia Organica (%)	Cenizas (%)	P ₂ O ₅ (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	K (%)	Zn ppm	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm
E0051	BIOCHART	9.07	1100	15.310	84.690	73.576	11.113	36.788	0.672	54.744	86.878	13.122	0.032	0.718	0.113	0.054	1.774	40.278	250.073	8.172	30.705

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 DE SUELOS



1. DATOS

SOLICITANTE:	ANDREA ESTEFANY MARTEL ANDRADE	MUESTREADO POR:	ANDREA ESTEFANY MARTEL ANDRADE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	4/06/2023
PROVINCIA:	HUANUCO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	4/06/2023
DISTRITO:	AMARILIS	FECHA DE REPORTE:	12/06/2023
LOCALIDAD:	CENTRO POBLADO LA ESPERANZA	RECIBO O FACTURA:	23014704
CULTIVO:	----	OBSERVACIÓN:	MUESTREADO EL 03/06/2023

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO			pH	CE dS/m	M.O.	N	C	P disponible	K	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables %	Ácidos Cambiables %	Saturación de Aluminio %	
	COD LAB	COD SOL	Arena	Arcilla	Limo																			
	%	%	%	%	%																			
1	S0849-1	SUO - 001	36	27	37	Franco Arcilloso	7.33	0.570	2.273	0.114	1.319	23.31	246.14	21.072	18.331	2.213	0.333	0.194	0.000	0.000	--	100	0	0
2	S0849-2	SUO - 002	36	27	37	Franco Arcilloso	7.39	0.552	2.222	0.111	1.289	22.88	222.40	19.672	16.904	2.250	0.331	0.187	0.000	0.000	--	100	0	0
3	S0849-3	SUO - 003	34	27	39	Franco Arcilloso	7.56	0.547	2.170	0.109	1.259	22.37	219.65	20.031	17.313	2.207	0.323	0.189	0.000	0.000	--	100	0	0
4	S0849-4	SUO - 004	36	27	37	Franco Arcilloso	7.90	0.569	2.118	0.106	1.229	22.33	256.14	21.176	18.500	2.163	0.327	0.185	0.000	0.000	--	100	0	0
5	S0849-5	SUO - 005	44	27	29	Franco Arcilloso	7.97	0.571	2.227	0.111	1.292	21.34	259.26	21.676	18.950	2.230	0.313	0.183	0.000	0.000	--	100	0	0
6	S0849-6	SU1 - 001	44	27	29	Franco Arcilloso	8.01	0.755	2.532	0.127	1.469	38.87	377.83	24.029	20.987	2.318	0.515	0.208	0.000	0.000	--	100	0	0
7	S0849-7	SU1 - 002	38	27	35	Franco Arcilloso	8.17	0.765	2.428	0.121	1.409	38.45	351.35	29.579	26.500	2.323	0.549	0.207	0.000	0.000	--	100	0	0
8	S0849-8	SU1 - 003	38	29	33	Franco Arcilloso	8.15	0.712	2.490	0.125	1.445	39.30	352.60	28.051	25.004	2.313	0.523	0.210	0.000	0.000	--	100	0	0
9	S0849-9	SU1 - 004	38	27	35	Franco Arcilloso	8.14	0.774	2.547	0.127	1.478	38.02	356.59	29.368	26.296	2.317	0.544	0.211	0.000	0.000	--	100	0	0
10	S0849-10	SU1 - 005	34	27	39	Franco Arcilloso	8.13	0.749	2.304	0.115	1.337	37.68	339.10	27.847	24.816	2.307	0.515	0.209	0.000	0.000	--	100	0	0
11	S0849-11	SU2 - 001	44	28	29	Franco Arcilloso	8.31	1.912	3.033	0.152	1.759	75.73	616.48	42.198	36.484	3.653	1.541	0.520	0.000	0.000	--	100	0	0
12	S0849-12	SU2 - 002	38	27	35	Franco Arcilloso	8.40	1.902	3.012	0.151	1.747	68.98	624.73	41.073	35.096	3.723	1.726	0.528	0.000	0.000	--	100	0	0
13	S0849-13	SU2 - 003	38	27	35	Franco Arcilloso	8.39	1.915	3.010	0.151	1.746	71.97	634.47	42.528	36.456	3.860	1.708	0.504	0.000	0.000	--	100	0	0
14	S0849-14	SU2 - 004	38	27	35	Franco Arcilloso	8.45	1.824	3.100	0.155	1.798	68.98	685.20	42.717	36.751	3.797	1.651	0.518	0.000	0.000	--	100	0	0
15	S0849-15	SU2 - 005	36	29	35	Franco Arcilloso	8.42	1.831	3.002	0.150	1.741	71.37	636.47	42.741	36.587	3.860	1.723	0.571	0.000	0.000	--	100	0	0

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 NÚÑEZ TORRES
 Profesor del Laboratorio de Suelos, Agua y Ecotoxicología



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Tingo María

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

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531