

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

**“EFECTO DEL BIOCHAR DEL EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus*)
EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DE SUELO Y LAS
CARACTERÍSTICAS MORFOLOGICAS DEL RABANITO (*Raphanus
sativus*) - HUANUCO 2020”**

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

AUTORA: Solisor Atavillos, Luz Thalia

ASESOR: Camara Llanos, Frank Erick

HUÁNUCO – PERÚ

2021

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

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

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2018-2019)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

DATOS DEL PROGRAMA:

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

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 75001548

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 44287920

Grado/Título: Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria

Código ORCID: 0000-0001-9180-7405

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Salas Vizcarra, Christian Joel	Magister en derecho y ciencias políticas. derecho Procesal	41135525	0000-0003-4745-4889
2	Zacarias Ventura, Héctor Raúl	Magister en ciencias de la educación docencia en educación superior e investigación	22515329	0000-0002-7210-5675
3	Duran Nieva, Alejandro Rolando	Biólogo-microbiólogo	21257549	0000-0001-5596-0445

D

H

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 19:00 horas del día 19 del mes de mayo del año 2021, 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** mediante la plataforma Google Meet integrado por los docentes:

- Mg. Cristian Joel Salas Vizcarra (Presidente)
- Mg. Hector Raul Zacarias Ventura (Secretario)
- Blgo. Alejandro Rolando Duran Nieva (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N°512-2021-D-FI-UDH**, para evaluar la **Tesis** intitulada: “**EFFECTO DEL BIOCHAR DEL EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus*) EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DE SUELO Y LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLOGICAS DEL RABANITO (*Raphanus sativus*) - HUÁNUCO 2020**”, presentado por el (la) **Bach. LUZ THALIA SOLISOR ATAVILLOS**, para optar el Título Profesional de Ingeniero (a) Ambiental.

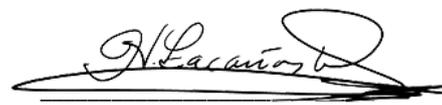
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADO** por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 16 y cualitativo de BUENO (Art. 47).

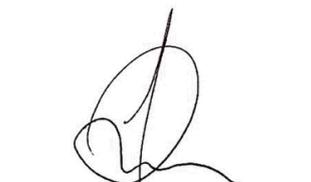
Siendo las 19:51 horas del día 19 del mes de mayo del año 2021, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



Presidente



Secretario



Vocal

DEDICATORIA

Esta investigación va dedicada a Dios padre quien me dio la vida, el saber y conocimiento; a mi madre, el sustento fundamental que con digno ejemplo de trabajo, constancia y su esfuerzo supo sacarme adelante y a mis abuelos quienes siempre me han dado su apoyo y comprensión.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme muchas bendiciones en este camino largo y difícil, quien fue mi fortaleza para superar cada una de las adversidades que se presentaron.

A mi madre, que siempre me ha dado su magnífico apoyo incondicional y a quien siempre agradeceré por mi logro como profesional, por toda su dedicación y duro esfuerzo en aras de brindarme los valores primordiales y sobre todo humanista y espiritual. Ella es parte de este triunfo por lo que se merece todo mi agradecimiento.

Al programa Académico profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Huánuco, de manera especial a todos los docentes que compartieron sus conocimientos laborales durante mi formación profesional.

Al asesor de tesis: Mg. Frank Erick Camara Llanos, por su sentido crítico, por sus valiosas y acertadas sugerencias en el desarrollo de la tesis.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
CAPÍTULO I.....	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2. FORMULACIÓN DE PROBLEMA	17
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	17
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO.....	17
1.3. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.4. OBJETIVO ESPECÍFICO	17
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	18
1.5.1. JUSTIFICACIÓN PRACTICA	18
1.5.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	18
1.5.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	18
1.5.4. JUSTIFICACIÓN PERSONAL.....	18
1.5.5. JUSTIFICACIÓN SOCIAL	19
1.5.6. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL.....	19
1.6. LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACION.....	20

CAPÍTULO II.....	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	21
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	24
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	27
2.2. BASES TEÓRICAS	27
2.2.1. BIOCHAR.....	27
2.2.2. PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL BIOCHAR	29
2.2.3. CARACTERIZACIÓN DEL BIOCHAR.....	30
2.2.4. ANÁLISIS PRÓXIMO DEL BIOCHAR	31
2.2.5. TIPOS DE PROCESOS DE PIRÓLISIS.....	32
2.2.6. MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DE BIOCARBÓN	33
2.2.7. EL EUCALIPTO.....	34
2.2.8. EL RABANITO.....	36
2.2.9. PRUEBA DE BIOENSAYOS	38
2.2.10. ABONOS ORGÁNICOS.....	39
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	42
2.4. SISTEMA DE HIPÓTESIS	44
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	44
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	44
2.5. SISTEMA DE VARIABLES	45
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	45
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	45
2.6. CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.	46
CAPÍTULO III.....	47
MARCO METODOLÓGICO.....	47

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	47
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	47
3.1.2. ENFOQUE	47
3.1.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	47
3.1.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	47
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	48
3.2.1. POBLACIÓN	48
3.2.2. MUESTRA.....	48
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	49
3.4. RECOLECCIÓN DE DATOS	49
CAPITULO IV.....	53
RESULTADOS.....	53
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	53
4.2. CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS	64
CAPÍTULO V.....	65
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	65
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES.....	75
ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1 Georeferenciación del lugar donde se llevará a cabo el experimento (Coordenadas UTM del área)	20
TABLA N° 2 Típicos rendimientos del producto (con base en madera seca) de los sistemas de pirólisis.	33
TABLA N° 3 Porcentajes de germinación permitidos en diferentes países..	39
TABLA N° 4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	49
TABLA N° 5 Relación de elementos constituyentes y metodología aplicada.	51
TABLA N° 6 Características físico-químicas que indican la calidad del suelo antes de la aplicación de biochar, Huánuco, 2021	53
TABLA N° 7 Características de la calidad del suelo en el aspecto físico, químico con el tratamiento al 15% de concentración de biochar, Huánuco, 2021	54
TABLA N° 8 Características de la calidad del suelo en el aspecto físico, químico con el tratamiento al 30% de concentración de biochar, Huánuco, 2021	55
TABLA N° 9 Descripción de la característica morfológica: altura de la planta del rabanito al 0%, 15% y 30% de concentración de Biochar, Huánuco, 2020	56
TABLA N° 10 Descripción de la característica morfológica: número de hojas de la planta del rabanito al 0%, 15% y 30% de concentración de Biochar, Huánuco, 2020.....	57
TABLA N° 11 Descripción de la característica morfológica: peso de la raíz de la planta del rabanito al 0%, 15% y 30% de concentración de biochar, Huánuco, 2020.....	58
TABLA N° 12 Descripción de la característica morfológica: longitud de la raíz de la planta del rabanito al 0%, 15% y 30% de concentración de biochar, Huánuco, 2020.....	59
TABLA N° 13 Características físicas y químicas del Biochar de eucalipto, Huánuco, 2020.....	60
TABLA N° 14 Prueba de normalidad aplicada a para parámetros de la calidad de suelo evaluados.....	63

TABLA N° 15 Prueba de hipótesis de la t de Student para muestras independientes.....	64
TABLA N° 16 Resultados promedio de los parámetros de calidad de suelo según los tratamientos evaluados.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1 Posibles efectos de la aplicación del Biochar como enmienda del suelo en el secuestro de C atmosférico.	28
FIGURA N° 2 Descripción de la característica morfológica: altura de la planta del rabanito al 0%, 15% y 30% de concentración de Biochar, Huánuco, 2020	56
FIGURA N° 3 Descripción de la característica morfológica: número de hojas de la planta del rabanito al 0%, 15% y 30% de concentración de Biochar, Huánuco, 2020.....	57
FIGURA N° 4 Descripción de la característica morfológica: peso de la raíz de la planta del rabanito al 0%, 15% y 30% de concentración de biochar, Huánuco, 2020.....	58
FIGURA N° 5 Descripción de la característica morfológica: longitud de la raíz de la planta del rabanito al 0%, 15% y 30% de concentración de biochar, Huánuco, 2020.....	59
FIGURA N° 6 Características físicas y químicas del Biochar de eucalipto, Huánuco, 2020.....	60
FIGURA N° 7 % de Cenizas	61
FIGURA N° 8 % de Biochar en base seca.....	61
FIGURA N° 9concentración en partes por millón de elementos esenciales del Biochar de Eucalipto	61

RESUMEN

La presente investigación titulada; “*Efecto del biochar del eucalipto (Eucalyptus globulus) en la mejora de la calidad de suelo y las características morfológicas del rabanito (Raphanus sativus) - Huánuco 2020*” tuvo como **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*) - Huánuco 2020. **La metodología** que se empleó para lograr este objetivo propuesto fue la siguiente: para obtener la muestra se utilizó el tipo de muestreo no probabilístico, siendo el muestreo intencionado o por conveniencia. Para el estudio de investigación se usó 15 bandejas; las 5 primeras contuvieron 15 kg de tierra pobre a las cuales se les evaluó las características físicas, químicas y a la vez se sembró el rabanito en este suelo. Las otras 10 bandejas contuvieron 15 kg de sustrato cada una, con una concentración de Biochar al 15% para 5 bandejas y 30% para las otras 5, donde se sembró el rabanito y se evaluó por 45 días al final se tomaron las muestras de suelo por cada bandeja para corroborar si el Biochar tuvo efecto en las propiedades físico y químicas del suelo, teniendo como resultado lo siguiente: los parámetros en el suelo tratado con 15% de Biochar; para el aspecto físico se obtuvo un promedio para arena de 58.9 %; arcilla 22.2% y limo 18%, además se visualiza que el pH aumentó considerablemente en un 8.862; la materia orgánica se mantiene baja con 1.402% según la guía de interpretación de la UNAS; para el aspecto químico se obtuvo en promedio bajo para nitrógeno con 0,07 pero con un nivel intermedio para fósforo con 10,714 promedio y potasio con 229,174 promedio; los parámetros que cumplen los estándares son los elementos intercambiables de Ca con un promedio alto de 17.914 y K con un promedio de 0,714 también alto; sin embargo, para el caso sodio es relativamente bajo con un promedio de 0.482. y para el CIC se obtiene un promedio de 21,388 que es indicativo de una mediana fertilidad del suelo. Los parámetros en el suelo tratado con 30% de Biochar para el aspecto físico el parámetro arena obtuvo un promedio del 63% para arcilla 20.8% y para limo 16.2% los parámetros mejoran en comparación al tratamiento anterior; pues se observa un suelo fuertemente alcalino con un pH de 9,298 en promedio; un nivel intermedio en materia orgánica con un

promedio de 2,522; un nivel intermedio para nitrógeno con un promedio de 0,126 pero con un nivel alto para fósforo con 14,68 promedio y potasio con 325,018 promedio, según la guía de interpretación de la UNAS. Los parámetros que cumplen los estándares son los elementos intercambiables de Ca con un promedio alto de 27,724, Mg con un promedio de 3,528; K con un promedio de 1,046 también alto; sin embargo, para el caso sodio es relativamente bajo con un promedio de 0,738 y para el CIC se obtiene un promedio de 33,032 que es indicativo de una fertilidad alta. Haciendo el análisis inferencial con la t de Student para muestras independientes se demuestra que se cuenta un nivel de significancia de 5% (0.05); el biochar altera la calidad del suelo en ambos tratamientos por obtenerse un p – valor menor a 0.5. **Se concluye** que se logra demostrar que el Biochar de eucalipto tiene un impacto significativo respecto a la calidad del suelo, para todos los parámetros evaluados estadísticamente con excepción del Limo según el análisis mecánico del suelo este no se ve favorecido ni afectado. Ambos tratamientos tienen efectividad en los parámetros de calidad del suelo sin embargo el tratamiento del suelo con 30% de Biochar de *Eucalyptus globulus*; tiene un mayor efecto en las características fisicoquímicas del suelo, ya que los parámetros en evaluación según la calidad de suelo analizada pasan de un promedio bajo a un promedio medio y alto según el análisis constatado.

Palabras clave: *Calidad de suelo, Biochar, Características morfológicas; efecto.*

ABSTRACT

The present investigation titled; "Effect of biochar from *eucalyptus* (*Eucalyptus globulus*) in improving soil quality and morphological characteristics of radish (*Raphanus sativus*) - Huánuco 2020" had as objective; to compare the effect of biochar from *eucalyptus* (*Eucalyptus globulus*) for the improvement of soil quality and morphological characteristics of radish (*Raphanus sativus*) - Huánuco 2020. The methodology used to achieve this proposed objective was the following: to obtain the sample, the non-probabilistic type of sampling was used, being intentional or convenience sampling. For the research study 15 trays were used; The first 5 contained 15 kg of poor soil to which the physical and chemical characteristics were evaluated and at the same time the radish was planted in this soil. The other 10 trays contained 15 kg of substrate each, with a Biochar concentration of 15% for 5 trays and 30% for the other 5, where the radish was planted and evaluated for 45 days at the end, the soil samples were taken for each tray to corroborate if the Biochar had an effect on the physical and chemical properties of the soil, resulting in the following: the parameters in the soil treated with 15% Biochar; for the physical aspect an average was obtained for sand of 58.9%; clay 22.2% and silt 18%, it is also visualized that the pH increased considerably by 8,862; organic matter remains low with 1,402% according to the UNAS interpretation guide; for the chemical aspect, a low average was obtained for nitrogen with 0.07 but with an intermediate level for phosphorus with 10,714 average and potassium with 229,174 average; the parameters that meet the standards are the interchangeable elements of Ca with a high average of 17.914 and K with an average of 0.714 also high; however, in the case of sodium it is relatively low with an average of 0.482. and for the CIC an average of 21,388 is obtained, which is indicative of a medium fertility of the soil. The parameters in the soil treated with 30% Biochar for the physical aspect, the sand parameter obtained an average of 63% for clay 20.8% and for silt 16.2% the parameters improve compared to the previous treatment; since a strongly alkaline soil is observed with a pH of 9.298 on average; an intermediate level in organic matter with an average of 2,522; an intermediate level for nitrogen with an average of 0.126 but with a high level for phosphorus with 14.68 average and potassium with

325.018 average, according to the interpretation guide of the UNAS. The parameters that meet the standards are the interchangeable elements of Ca with a high average of 27,724, Mg with an average of 3,528; K with an average of 1,046 also high; However, in the case of sodium it is relatively low with an average of 0.738 and for the CEC an average of 33.032 is obtained, which is indicative of high fertility. Doing the inferential analysis with Student's t for independent samples it is shown that there is a significance level of 5% (0.05); Biochar alters the quality of the soil in both treatments as a p - value less than 0.5 is obtained. It is concluded that it is possible to demonstrate that the *eucalyptus* Biochar has a significant effect on the quality of the soil, for all the parameters evaluated statistically with the exception of the Silt according to the mechanical analysis of the soil, this is not favored or affected. Both treatments are effective in the soil quality parameters, however the soil treatment with 30% Biochar from *Eucalyptus globulus*; It has a greater effect on the physicochemical characteristics of the soil, since the parameters under evaluation according to the quality of the soil analyzed go from a low average to a medium and high average according to the verified analysis.

Keywords: *Soil quality, Biochar, Morphological characteristics; effect.*

INTRODUCCIÓN

En la investigación que presento a continuación doy a conocer el efecto de elegir un procesado de origen vegetal para mejorar las características de suelos pobres y degradados; el Biochar o como lo conocemos comúnmente el Biocarbón resulta tener efecto en la mejora de características físicas y químicas del suelo; una manera mucho más fácil de tratar suelos altamente degradados que tuvieron múltiples propósitos en algún momento de su vida productiva.

El interés del presente estudio deriva a que muchos de los investigadores que trabajan con este material (Biochar), realizan grandes esfuerzos sobre cómo mejorar su fabricación y se dedican al estudio de sus características para después aplicarlas, el cual ha demostrado su efecto en diferentes campos como la generación de energía o la agricultura. Por ello el interés de mi parte, en contribuir con esta línea de investigación sobre las maneras naturales que tenemos para tratar suelos que han sufrido el efecto del ser humano junto a su degradación. Todo ello servirá de base también para futuras investigaciones en esta misma línea; Huánuco tiene una variabilidad de especies con las que se podría elaborar este Biocarbón; encontrar mejores características que las obtenidas mediante mi investigación sería el objetivo de futuras investigaciones.

Este trabajo es uno de los primeros que más allá de evaluar la calidad del suelo con los tratamientos de Biochar; determina también las características morfológicas de una especie cultivable como es el rabanito. En base a los suelos tratados con el Biochar, dentro de la investigación se da a conocer que concentración de Biochar es la más óptima para tener mejores características en el *Raphanus sativus*; los resultados son muy interesantes debido a que pensábamos que el rabanito iba a mostrar sus mejores características en el suelo que tiene mayor calidad; independientemente a ello; resultado que no fue así, llegando a la conclusión de que la especie del rabanito no se puede considerar como un señalizador de la calidad del suelo; respecto a eso mucha más información se describe a continuación en la tesis.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial los contaminantes que afectan a los suelos, tales como el plomo, cadmio, dioxinas y éter; son de gran importancia, la modalidad para recuperar estos suelos contaminados es el empleo de enmiendas orgánicas con la finalidad de reducir este efecto adverso, sea para la planta o la calidad del producto. Las dificultades generadas por la utilización de esta especie forestal, detalla que la biomasa residual del eucalipto que se encuentra constituido por cortezas (ritidoma), hojas y ramas los cuales al ser desligadas de manera natural de acuerdo a sus propiedades genéticas de la especie, tienden a descomponerse en el mismo lugar en el que se colocan, generando inconvenientes como la acidificación en el suelo y la producción de compuestos bioquímicos que influyen en el crecimiento, supervivencia o reproducción en otros cultivos. Aparte, por la fragilidad que tiene la biomasa residual seca para tener inflamaciones genera alteraciones graves en la estructura del suelo y causa daños en el medio ambiente por la gran cantidad de producción de CO₂ hacia la atmósfera (Arellano y castillo, 2014).

Por lo antes mencionado, es fundamental estudiar nuevas maneras de utilización de la biomasa como por ejemplo al biochar (biocarbón), con el fin de obviar el desperdicio de otras fuentes de fertilización orgánica y producir una mayor circulación de alimentos en el mismo lugar, proporcionadas por posibles opciones para el área ambiental, al mismo tiempo generar mayor productividad de los cultivos andinos y en mejores condiciones, de igual forma permitir la preservación de otras especies forestales relacionadas a ello. Referente a ello, es primordial resaltar lo importante de la retención del carbono como beneficio ecosistémico para las plantaciones de eucalipto ante el problema del calentamiento global en la biomasa arbórea, así como también en los suelos que a su vez se introducen como sumideros más estables (Yaranga y Cano, 2013).

Para ello, es indispensable tener a la mano tecnologías enfocadas en la conservación del suelo. En los últimos años, el Perú viene experimentando un gran crecimiento dentro de la actividad agroindustrial mediante el incremento de los cultivos, pero por la mala distribución de los residuos y a su condición biodegradable se originan olores desagradables causados por la descomposición anaeróbica o aeróbica. Asimismo, como producto de la quema de estas sustancias se originan gases de efecto invernadero y partículas.

En la actualidad, pese a que existen diferentes maneras de aprovechamiento de estos residuos, una parte de ellos se reciclan para alimentar a los animales y producir abonos orgánicos, lo restante es desechado en botaderos ya sean autorizados o no, o también quemados con el fin de generar energía en condiciones descontroladas llegando a producir los efectos ya referidos. En la región de Tumbes los efectos suelen ser evidentes, de manera principal por la magnitud de la producción que se genera en la cascarilla y paja del arroz, que son quemadas en campo abierto causando los efectos ya mencionados. La actividad hidrobiológica es otra de las actividades que generan biomasa residual en grandes cantidades, en donde solamente una parte de los residuos es utilizada estacionalmente como insumo para producir harina para alimentación animal (una fracción de las cabezas), la diferencia es arrojada en botaderos informales inadecuadamente, los cuales ocasionan diferentes impactos ambientales como la contaminación de los suelos originados por el proceso de lixiviación e infiltración al subsuelo, así como la contaminación atmosférica causado por gases de descomposición y olores nefastos que causan malestar en la población circundante, convirtiéndose en un foco generador de vectores.

Una de las opciones alternas para poder reciclar estos materiales es su potencial utilización para elaborar el biocarbón, un material que se puede usar de diferentes maneras en el campo de la agricultura, el área ambiental y la generación de energía (Sohi et al., 2010). En la agricultura la utilización de estos materiales se hace principalmente con el fin de mejorar el nivel de calidad del suelo (aumentando la retención del agua, nutrientes y mejorar la

textura del mismo) para permitir el aumento del rendimiento de los cultivos a nivel comercial (Sun y Lu, 2014).

1.2. FORMULACIÓN DE PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el efecto del biochar de *Eucalyptus globulus* en la mejora de la calidad de suelo y las características morfológicas del rabanito (*Raphanus sativus*) - Huánuco 2020?

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

1. ¿Cuáles son las características físico-químicas que indican la calidad del suelo antes de la aplicación de biochar?
2. ¿Cuál es la calidad del suelo en el aspecto físico, químico utilizando tratamientos al 15% y 30% de concentración de biochar?
3. ¿Cuáles son las características morfológicas del rabanito al 15% y 30% de concentración de biochar?
4. ¿Cuáles son las características físicas y químicas del Biochar de eucalipto?

1.3. OBJETIVO GENERAL

Comparar el efecto del biochar del eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la mejora de la calidad de suelo y las características morfológicas del rabanito (*Raphanus sativus*) - Huánuco 2020.

1.4. OBJETIVO ESPECÍFICO

1. Determinar las características físico-químicas que indican la calidad del suelo antes de la aplicación de biochar.
2. Determinar la calidad del suelo en el aspecto físico, químico con el tratamiento al 15% y 30% de concentración de biochar.
3. Describir las características morfológicas del rabanito al 15% y 30% de concentración de biochar.
4. Determinar las características físico y químicas del Biochar de eucalipto.

1.5. JUSTIFICACIÓN

1.5.1. JUSTIFICACIÓN PRACTICA

El presente trabajo de investigación que se realizó tendrá carácter de mucha importancia porque se tuvo que evaluar el impacto de biochar en el cultivo de rabanito que se realizará en masetas de plástico. Un trabajo práctico que estará en plena supervisión diariamente por mi persona y que al final me arroja datos los cuales creo yo que contribuirán mucho a mi línea de investigación.

1.5.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

En el trabajo de investigación se evaluó la viabilidad del biochar en los cultivos de rabanito a nivel invernadero (masetas), en este caso disponemos de antecedentes que nos demuestran los efectos del biochar de diferentes especies que tiene efecto directo en la calidad del suelo.

1.5.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Esta investigación se apoyó en las metodologías técnico y científicas para obtener resultados reales y garantizados por el laboratorio especializados en suelos utilizando las diferentes materiales, insumos e instrumentos, al ser una investigación de un diseño experimental, someteremos a pruebas a diferentes tratamientos, no sin antes olvidarnos del grupo control, el cual nos servirá para ir midiendo los resultados que vayamos obteniendo.

1.5.4. JUSTIFICACIÓN PERSONAL

Para el desarrollo de la presente investigación se dispuso del tiempo necesario y recursos económicos disponibles requeridos para ejecutar el proyecto, además de ello mi interés por buscar formas muy diferentes para tratar suelos degradados o de mala calidad hacen que esta inquietud que tengo como futura ingeniera ambiental me sirva para llevar a cabo esta investigación que sé que ira por buen camino y con resultados alentadores en cada uno de mis análisis de suelo.

1.5.5. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Luego culminado el proyecto se publicaran los resultados en revistas científicas, seminarios y charlas y dirigidos a la población regional, empresas e instituciones involucrados en proyectos de reforestación o relacionados con él, con ello dejaremos datos que pueden ser utilizados por demás personas o ingenieros ambientales que quieran buscar más medidas de mermar el efecto de la contaminación de suelos y la atmósfera produciendo este biocarbon que ayuda en estos dos aspectos a nivel ambiental.

1.5.6. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

Este trabajo se planteó debido a los problemas del aprovechamiento de los suelos y los efectos del calentamiento global, pero van a permitir una mayor interacción de la materia orgánica del suelo, agua y las sustancias orgánicas donde liberan CO₂. y Metano (CH₄), teniendo este ultimo 21 veces más impacto como "gas de efecto invernadero", por ello se plantea el uso de biochar (pirolisis lenta) como enmienda del suelo (tecnosol), por las siguientes propiedades: productor de energía, mitigador del cambio climático, como adaptador para la gestión medioambiental, aumento en la retención del carbono, aumento en el rendimiento del cultivo, aumento en la contención de nutrientes, aumento en la actividad fúngica micorrizal, reductora de la acidez, reductora del requerimiento de irrigación, reduce la pérdida por lixiviación de químicos.

1.6. LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Obstáculos que se presentaron en el desarrollo de la investigación fueron. En la elaboración del biochar, este tuvo que elaborarse de manera artesanal, ya que el equipo de pirolisis no está al alcance del investigador y son pocos los que cuentan con este equipo, por ello el biochar tuvo que elaborarse de manera artesanal, otra limitante fue la presencia de un laboratorio que nos permita hacer los análisis correspondientes del suelo, debido a que la UDH, no cuenta con un laboratorio para análisis de suelo, mis exámenes fueron costeados y realizados en otra universidad que conto con su laboratorio, otra limitación posible será algunos factores externos que provoquen alguna

alteración en el crecimiento de nuestros sembríos de rabanito, ya que lo haremos de manera experimental y en macetas, otras limitantes serán: el desconocimiento sobre las bondades del biochar en los cultivos agrícolas.

Desconocimiento en la elaboración del biochar y dosis aplicación en los cultivos ya que la zona es considerada una zona agrícola.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACION

Esta investigación fue viable porque el trabajo de estudio fue un tema amplio e importante se contó con bastante información y la zona en estudio es accesible donde se llevó a cabo el trabajo de investigación.

Para el tema de investigación principal, se cuenta con acceso a información primaria como el internet, libros, revistas, etc.

Con la ejecución de nuestra investigación es sostenible, mediante el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible.

El presente trabajo de investigación se realizará en un periodo de 5 meses dentro del año 2019 y 2020.

El financiamiento será por medio de recursos monetarios propios del investigador, de manera que, el proyecto de tesis no será financiado por ninguna institución.

TABLA N° 1 Georeferenciación del lugar donde se llevará a cabo el experimento (Coordenadas UTM del área)

	Ubicación de las macetas	18L	UTM	Altura
P1	Patio 1	0363705	8900590	1938 m
P2	Patio 2	0363688	8900604	1937 m

Nota: Propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Aurora, (2015). España. En la investigación “***Fabricación, Caracterización y Utilización de Biochar como Sustituto de la Turba en la Preparación de Sustratos en Cultivos en Madrid 2015***”. Cuyo **objetivo** principal de esta tesis doctoral es estudiar el uso de restos de poda, lodos de depuradora y distintos biochares preparados a partir de estas materias primas como componentes de sustratos de cultivo en sustitución de la turba. **La metodología** usada fue elaborar Biochares a partir de restos de poda: se prepararon dos biochares a partir de RP. En cada ensayo se utilizaron aproximadamente 200 g de RP que se introdujeron en un recipiente cerrado de acero inoxidable de 7 cm de altura y 17 cm de diámetro, biochares a partir de lodos de depuradora: se prepararon dos biochares (BL1 Y BL2) a partir de dos lodos de depuradora, L1 y L2. En cada ensayo se utilizaron aproximadamente 15 g del lodo correspondiente que se introdujeron en cápsulas de cerámica, que a su vez se introdujeron dentro de navecillas de acero inoxidable cubiertas por carbón activado con el objetivo de impedir la entrada de oxígeno continuación se calentó siguiendo una velocidad de calentamiento de 3°C/min hasta alcanzar los 450°C en el horno mufla, la temperatura final se mantuvo constante en ambos casos durante 2 horas. **Los resultados** obtenidos indican que es posible preparar sustratos de cultivo adecuados a partir de algunos de estos materiales, logrando así una forma de recuperación y valorización de los mismos, a la vez que se minimiza el consumo de turba. En general, la adición de biochart de restos de poda a la turba mejora la germinación y aumenta el crecimiento de lactuca sativa resoecto a la utilización de turba sola.

Parra, (2018). Colombia. En la investigación titulada “**Determinación de la eficiencia del biochar a base de cascarilla de maní para la adsorción del cromo presente en el agua que entra al Humedal Jaboque como un aporte para su descontaminación en Bogotá-Colombia**” Cuyo **objetivo** principal es determinar la eficiencia del biochar obtenido a base de la cascarilla de maní para la adsorción de cromo de una muestra de agua proveniente del afluente del río Salitre que entra al Humedal Jaboque, como un aporte para la disminución de la contaminación de este cuerpo de agua. La **metodología** que se utilizó es de tipo cuantitativo, que comenzó con una revisión de la literatura en bases de datos científicas, como *Scopus* y *Science Direct*, para la identificación y comparación de diferentes estudios que utilizaron biocarbones, como alternativa de adsorción de cromo. De igual forma, se encontró que el Humedal Jaboque es uno de los cuerpos de agua más afectados por la contaminación antrópica, especialmente por metales pesados. Para corroborar la información obtenida en la revisión de la literatura, se realizará la caracterización del Humedal Jaboque, por medio de imágenes y cartografía, y una verificación en campo. Por otra parte, se elaborará una tabla comparativa con base en la información obtenida, que visualice los diferentes tipos de biomásas vegetales utilizadas para la producción de biocarbones y su eficiencia en la remoción de cromo. No solo se revisarán las especificaciones técnicas en la producción del biocarbón más eficiente, sino que se considerarán también las características de disponibilidad y costos para proponer la mejor alternativa de remoción de cromo. Posteriormente, una vez se determine el material más óptimo para la realización del biochar, se procederá a identificar las propiedades óptimas en la elaboración de este. Para obtener **resultados** más confiables en esta investigación se decidió escoger el biochar obtenido de la cascarilla de maní, debido a que es una materia prima asequible en el mercado local y por los altos porcentajes de eficiencia lograda en la remoción de cromo mucho más altos que los conseguidos por el biocarbón de B. nivea (ramio). Con una pirolisis de 600 °C se obtuvo un Biochar con propiedades químicas de humedad al 8%;

contenido de cenizas al 3.9%; material volátil 41%; y carbón fijo 55.1%. para los componentes principales carbón al 85.1%; hidrogeno 2.2%; nitrógeno 1.2% y oxígeno 11.5% El maní se produce en casi todos los países de Latinoamérica, específicamente en Colombia se encuentran muchas distribuidoras de este producto que facilitan el acceso a la cascarilla que queda como residuo, lo cual permite que sea un material sostenible de bajo precio. Es así como para procurar un biocarbón de buena calidad, se debe realizar unos análisis próximos del material vegetal que caracterice las propiedades fisicoquímicas, para luego compararlas con los análisis últimos del biocarbón activado obtenido. Para esta investigación se utilizarán los valores próximos de la cascarilla del maní. **Se concluyó que en** la elaboración del biochar se deben considerar ciertos parámetros físicos, como pH y temperatura, encontrando por bibliografía que los mejores valores se encuentran alrededor de los 650 °C. De acuerdo con la literatura, el biochar obtenido de la cascarilla de maní tiene una alta capacidad de adsorción de cromo debido a sus propiedades químicas y físicas, que se logran durante el proceso de pirólisis lenta que se condiciona por la temperatura y el tiempo de combustión, los cuales se convierten en variables esenciales para la elaboración de excelentes carbones activados.

Montenegro, (2014). Colombia en la la investigación “***Evaluación de la aplicación de biochar en un cultivo de physalis peruviana l. (uchuva) bogota-2014***”, cuyo **objetivo** es establecer el efecto del biochar incorporado al suelo, en la etapa temprana de un cultivo de *Physalis peruviana L. (uchuva)*. La metodología empleada para el cultivo de cada planta es de aproximadamente 0.79 m². Éstas tenían una separación entre planta y planta de aprox. 0.9 m y entre hileras de cultivo por aproximadamente 1.6 m. La **metodología** consistió en lo siguiente: se efectuaron cuatro tratamientos (variable independiente) así: 1) Biochar a una concentración de 3.5 ton ha⁻¹ ó 0.27 kg planta⁻¹: con biochar. 2) Biochar (concentración de 8 ton ha⁻¹ ó 0.63 kg planta⁻¹). 3) humus sólido y líquido. 4) Control: este hace referencia al cultivo sin la aplicación de fertilizantes, sólo se aplicarán productos para el control de plagas. A los

tratamientos con biochar (1 y 2) se les adicionó humus (líquido y sólido) en igual cantidad que en el tratamiento 3. El ensayo se realizó con 135 plantas cultivadas asignadas por el propietario del cultivo de la *uchuva*; éstas se distribuyeron en números similares en los cuatro tratamientos planteados. En cada tratamiento se establecieron cuatro repeticiones organizadas al azar en parcelas. La unidad experimental fue cada parcela y cada planta fue la unidad de muestreo. Se midieron variables fisicoquímicas y microbiológicas del suelo y variables de crecimiento de la planta. La materia prima para la obtención del biochar fue madera de pino, madera de eucalipto y capacho y fruto de la *uchuva* (49.5%, 49.5% y 1% aproximadamente). Se realizó la carbonización en un pirolizador artesanal de dos piezas. Cada pirólisis realizado (15.5 Kg de materia prima aprox.) produjo un promedio de 4.5 Kg de biochar. El tiempo promedio de cada pirólisis fue de una hora a una temperatura media entre 750 y 800 °C. En total se produjeron 32 Kg de biochar, 31 Kg fueron utilizados para el ensayo de campo. Los **resultados** obtenidos fue el biochar de naturaleza alcalina (pH 9.6). Teniendo en cuenta que la pirólisis superó los 750 °C no se evidenció contenido de nitrógeno total ni carbono orgánico. Valores como el del Ca (17.6 cmol(+)/Kg) y el del B disponible (4.1 mg/Kg) son claves para tener en cuenta al momento de adicionar el biochar al suelo en el cultivo de la *uchuva*, ya que éstos se encuentran implicados en el buen desarrollo del fruto y su deficiencia ocasiona rajado del fruto (importancia económica del cultivo). **La conclusión** en general fue que el biochar presentó una cantidad significativamente importante de elementos.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Iglesias, (2018). Lima, desarrolló una investigación titulada “**Aplicación de biochar a partir de biomasa residual de eucalipto para evaluar la productividad con maíz en el austro ecuatoriano**”. en donde tuvo como **objetivo** determinar la viabilidad de la utilización de biochar, elaborado a partir de biomasa residual de eucalipto (*Eucalyptus globulus Labill*), mediante los métodos de pirólisis, validándolo en la productividad del cultivo del maíz (*Zea mayz L.*) y la respuesta en el suelo agrícola como

mejorador de condiciones edáficas y fijador de carbono. El estudio tuvo como **metodologías**: los procedimientos para la elaboración del biochar, la determinación a nivel de laboratorio de las características físicas y químicas de los tipos de biochar, además se realizaron pruebas de germinación en semillas de maíz para establecer las dosis de aplicación en el cultivo, en seguida se desarrolló a nivel agronómico la validación del biochar aplicado al suelo en el cultivo de maíz en forma de enmienda, para determinar la relación de sus propiedades potenciales sobre la productividad de los suelos en la Estación Experimental del Austro, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador (INIAP). Los análisis se realizaron en los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria La Molina de Lima-Perú (UNALM). Bajo las condiciones estudiadas se encontraron tendencias de incremento en los rendimientos y proteína del grano del maíz con el uso del biochar de eucalipto, así como otras características fenológicas de crecimiento y se espera que la respuesta de este biocarbón tenga efectos residuales a mediano y largo plazo para posteriores cultivos. Uno de los aspectos **concluyentes** fueron los cambios que se producen a nivel de las características del suelo, determinadas en análisis comparativos de las condiciones antes y después del cultivo, Posteriormente se estableció la viabilidad de aplicación del biochar, fundamentando en el análisis estadístico y económico de los resultados, para establecer una propuesta de gestión en los sistemas integrados de eucalipto y maíz.

(Ramirez), 2018. Chachapoyas, en la investigación “***Eficiencia del biochar obtenido a partir de residuos orgánicos municipales para la remoción de materia orgánica en aguas residuales, chachapoyas, Amazonas, 2018***”, tiene como **objetivo** describir la materia orgánica municipal que se genera en las viviendas del Perú gran parte de estos residuos orgánicos no tienen un tratamiento adecuado, dentro de los residuos sólidos el 60% del total es materia orgánica, por lo que representa un bio recurso potencial para darle otros usos como el biochar. La **metodología** que utilizo en este contexto se investigó la eficiencia del biochar, obtenido a partir de residuos orgánicos, para remover la materia

orgánica del agua residual, para esto se produjo biochar mediante pirólisis a una temperatura 550 a 660 °C en un horno pirolítico de doble tambor. Para el tratamiento del agua residual de la quebrada Santa Lucía de la ciudad de Chachapoyas, se empleó un filtro cuyo componente principal fue el biochar, arena fina, arena gruesa y piedras de río. Se obtuvo como **resultado** la eficiencia máxima del filtro con biochar en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales de la quebrada de Santa Lucía fue de 75 % en remoción de DBO (en el experimento N° 2) y de 71 % de remoción de DQO (en el experimento N° 6), debido a que en dichos experimentos se utilizó un biochar con una composición de tuza de maíz de 90 y 45 % respetivamente. Se **concluye** que los hallazgos de este estudio pueden ser mejorados ya que la eficiencia del biochar depende de la porosidad y de las características de la biomasa empleada para su síntesis.

Guerra, (2015). Lima, desarrollo una investigación titulada ***“Producción y caracterización de biochar a partir de la biomasa residual de sistemas agroforestales y de agricultura convencional en la amazonía peruana”***, esta investigación tiene como **objetivo principal** es el de evaluar y comparar la calidad del biochar, en base a su composición y a sus características y propiedades físicas y químicas para prever sus posibles efectos potenciales sobre la productividad del suelo y evaluar la aptitud del biochar en el secuestro de carbono atmosférico en el suelo. La **metodología** consistió en recolección de primas para la producción de biochar. (cáscara de cacao, hoja de la palma aceitera, peciolo de la palma aceitera, corteza externa del palmito, raquis de la hoja del palmito, corteza interna de palmito, cáscara de Sacha Inchi y cascarilla de Arroz. Las muestras recolectadas fueron dispuestas sobre calaminas y puestas a secar a temperatura ambiente, en un ambiente abierto y con techo para resguardarlas de las lluvias, a la par se hizo un control diario del contenido de humedad debido a que diversos autores recomiendan que las muestras no deben presentar un porcentaje mayor al 10% de contenido de humedad (Bridgewater, Mohan citados por McElligott et al. 2011), caso contrario se requeriría una gran cantidad de energía para

eliminar el contenido de humedad. Finalmente tuvo como **resultado** diferencias estadísticamente significativas para todas las propiedades evaluadas del biochar según la materia prima empleada. Los biochars de cáscara de sachá inchi y de la corteza interna de palmito resultaron los más idóneos para su aplicación en el suelo como enmiendas. Así también, el biochar de cáscara de sachá inchi y del raquis de las hojas del palmito se presentan como los agentes potenciales más efectivos en el secuestro de carbono. Se **concluyó** en que todas las muestras de biochar tuvieron una mejor concentración elemental que sus respectivas materias primas originales, aunque las concentraciones de los nutrientes no resultan lo suficientemente altas como para promover su uso directo desde el punto de vista de aporte de nutrientes. Sin embargo, de acuerdo a sus características y propiedades físicas y químicas observadas: baja densidad aparente, elevado contenido de Materia Orgánica, elevado contenido de Carbono Orgánico Total, alta relación C/N, elevado pH de la solución de biochar y un rango de mediana a baja Conductividad Eléctrica, el biochar sí podría resultar importante como un condicionador del suelo y un promotor de las transformaciones de nutrientes para condiciones de suelo y clima específicos.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

No se encontraron antecedentes respecto al tema de investigación que es el efecto del biochar de *Eucalyptus globulus* en la mejora de la calidad de suelo y las características morfológicas del rabanito (*Raphanus sativus*) - Huánuco 2020, ya que este tema aún no se ha sido desarrollado en el ámbito local y es relativamente nuevo en nuestra región.

2.2. BASES TEÓRICAS

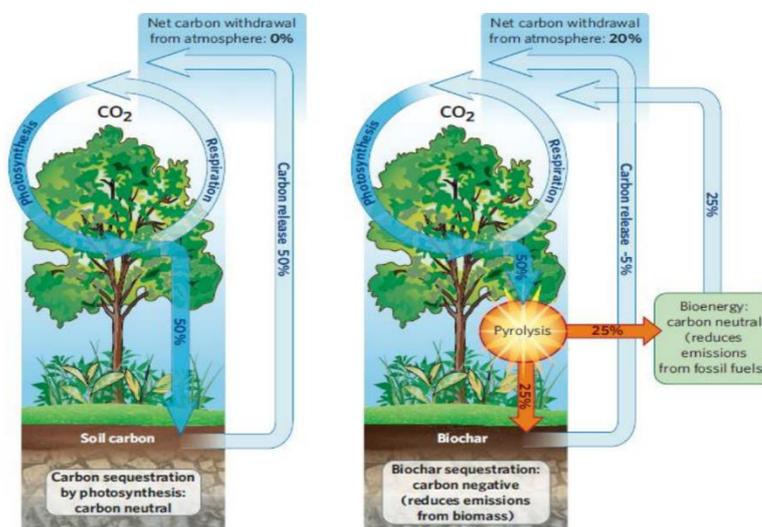
2.2.1. BIOCHAR

Este compuesto (el biochar) es producido por la conversión a través de la combustión parcialmente anaeróbica (pirólisis) o incompleta de la biomasa en temperaturas de entre 350 a 500°C, promoviendo un material con grandes cantidades de carbono y cenizas, los cuales al devolverse al

suelo mejoran su situación. Actualmente el uso de biochar para los cultivos agrícolas es relevante, en principal medida a modo de reciclar los nutrientes y administrar los sistemas agrícolas enfocándose en la pelea ante la pérdida del suelo forestal y agrícola, evitando el empobrecimiento y mejorando su fertilidad (Gilces Reyna, 2014).

Quemar los residuos en la biomasa de la familia vegetal es una de las costumbres antiguas, los cuales se hacen con el fin de reintegrar los nutrientes al suelo para desinfectar los cultivos de las enfermedades y plagas que existen y se propagan. El biochar también conocido como el biocarbón se relaciona con la gestión del suelo, realizada por las diferentes culturas desde previos a la llegada de los europeos a nuestro continente, como por ejemplo la “tierra preta” en Brasil con el uso antiguo de las cenizas aplicados a las chacras de las cocinas que utilizan leña para el cocimiento de los alimentos.

La utilización del biocarbón es una técnica que ha probado brindar beneficios al suelo, incrementando su fertilidad mediante la influencia en sus propiedades químicas, biológicas y físicas (Escalante, 2016).



Nota: Johannes Lehmann -Department of Crop and Soil Sciences, Cornell University, Ithaca, New York, USA.

FIGURA N° 1 Posibles efectos de la aplicación del Biochar como enmienda del suelo en el secuestro de C atmosférico.

2.2.2. PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL BIOCHAR

pH del biochar: Es una característica que se debe considerar muy importante puesto que gracias a ello se reconoce los efectos de la relación suelo - biochar. Existen diversas formas para medir el pH, medir este sobre una muestra fresca a veces no refleja exactamente el impacto de su pH en el suelo, principalmente después de que el biochar se haya igualado con el dióxido de carbono de la atmósfera, que transforma varios de los hidróxidos alcalinos en carbonatos y reduce el pH. Así mismo cuando se crea la solución del biochar, varios de ellos tienen complicaciones para mojarse por lo siguiente: el biochar posee altos niveles de aceites y alquitranes hidrófobos condensados, además hay una gran cantidad de madera asada en el biochar o el biochar contiene varios sitios de microporos que requieren vapor de agua para poder migrar y condensarse en los poros con el fin de humedecerlos. La última condición es muy deseable para poder usar el biochar como enmienda, mientras que las dos primeras no son favorables (Mclaughlin, 2010).

Una técnica para distinguir entre un buen o mal biochar se puede realizar mediante el proceso que conlleva calentar el biochar en suspensión para impulsar el traslado del vapor de agua a los poros. Por medio de esta técnica se proporciona una distribución aproximada de los elementos del biochar para brindar información adicional sobre el impacto probable al ser añadido al suelo y se podría permitir equilibrar con los niveles de humedad del suelo (Mclaughlin, 2010).

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): Establece la adsorción y desorción de nutrientes permitiendo su disponibilidad en el suelo, por lo que un alto CIC en el biochar podría ser por la existencia de grupos funcionales oxidados (grupos carboxil) en la superficie, después de la disminución microbiana. La existencia de estos grupos puede ser causa de una alta tasa de O/C, que con el tiempo y la integración al suelo, las pequeñas partículas del biochar pasan a oxidarse interactuando con otros componentes del suelo, dando como resultado el incremento de los grupos funcionales y una mayor carga de superficie negativa (LIANG et al., 2006). Con la medición de la CIC de un biochar se puede determinar

el nivel actual de la propiedad al momento, pero no señala que capacidad adicional se pueda llegar a presentar.

Conductividad eléctrica o Sólidos Totales Disueltos: Simboliza la dimensión conjunta de la disolución de sales en el contenido del biochar, lo que incluyen los fertilizantes y sales neutras dentro de la solución, esto no siempre es un problema, sin embargo, la excesiva cantidad de sal tiene un efecto contrario en la mayoría de las plantas. En su mayoría los biochar que cuentan con una gran cantidad de ceniza tienen mayor posibilidad de elevar sus sólidos totales disueltos debido a que las sales solubles son como cenizas.

2.2.3. CARACTERIZACIÓN DEL BIOCHAR

Aparte de lo ya mencionado anteriormente para producir un biochar es importante caracterizar, de esta manera nos da la posibilidad de comparar datos a partir de la identificación y delimitación de los análisis básicos o pruebas analíticas con el fin de establecer un conjunto mínimo de datos que caracterizan al biochar y al final comparar resultados. Asimismo, es fundamental evaluar para luego establecer métodos estandarizados, pues hasta ahora no existe ninguno ya que se trata de un “actual” campo de investigación. No obstante, es imprescindible destacar las ideas del IBI (International Biochar Initiative) por plantear unas directrices “Standardized Product Definition and Product Testing Guidelines for Biochar That Is Used in Soil”. (IBI, 2013).

Las principales propiedades del biochar aún no cuentan con una jerarquía establecida ya que habitualmente para poder caracterizarlos se siguen ciertos parámetros de métodos determinados y adelantados para otros materiales, uno de ellos es el procedimiento de las normas ASTM que fue desarrollado para caracterizar los combustibles sólidos, en especial carbones teniendo en cuenta dos pruebas principales, el análisis proximal y último, los cuales, sirven para medir como un carbón específico o una muestra similar se desempeñan al ser expuestas a procesos de combustión de combustibles fósiles. La figura 1 resume el análisis básico

de los análisis próximos y últimos desarrollados para la caracterización de carbones vegetales.

2.2.4. ANÁLISIS PRÓXIMO DEL BIOCHAR

Contenido de humedad: la humedad en el biochar se toma en cuenta a la cantidad resultante de masa de agua perdida en el proceso de secado de la muestra, pudiendo asumir que este sea el único material volátil presente en los 105°C. Pero (Mclaughlin,2010), estima que aparte del vapor de agua también se podría expulsar solventes orgánicos de bajo punto de ebullición (<105°C) como el ácido acético y el metanol, que son detectables por su olor, así también de acuerdo a los estudios el biochar es un material higroscópico al igual que el carbón activado, ya que puede absorber la humedad del medio en el que se encuentra. Asimismo, Mclaughlin menciona que el agua libre del biochar se remueve a 105°C y a 200°C se absorbe, enfocándose en que el biochar se calienta a más de 105°C aunque algunos pueden ser carbonizados aún más, logrando emitir una gran cantidad de sustancias volátiles e incluso humo, siendo como indicador este último de que el biochar aún no está completamente carbonizado con la posibilidad de que se comporte de diferente manera una vez en el suelo a comparación con otros totalmente carbonizados.

Contenido de material móvil y/o volátil: según los lineamientos del ASTM, la capacidad del material móvil se puede definir como la pérdida de masa de un producto gaseoso separando el vapor húmedo en la muestra de carbón. Mclaunhlin sugiere cambiar el término “Volátil” a “Móvil” ya que el contenido del biochar se puede remover no solo como gas sino incluso a través de una lixiviación o degradación microbiana en el suelo, notándose que la palabra “Móvil” refiere a la existente falta de permanencia de algo siendo la materia quien deja a la biomasa seca en su totalidad, sobrando la ceniza y otros constituyentes de la materia residentes del biochar.

Contenido de ceniza: se considera a la parte no orgánica del biochar que se encuentra libre de humedad, la cantidad y composición de la ceniza en el biochar puede influir en algunas propiedades de ella, específicamente en los finales. De acuerdo a las cenizas del biochar se

puede conocer el indicador de la cantidad de agrupación de nutrientes dentro y normalmente los principales minerales son el Ca (Calcio), Si (silicio), Na (sodio), K (potasio), Mg (magnesio) con partes mínimas de S (azufre), P (fósforo), Mn (manganeso), Al (aluminio) y Fe (hierro); encontrándose estos elementos en sus formas de carbonatos, silicatos, sulfatos, óxidos, cloruros y fosfatos en el biochar (Ravedraan et al. 1995).

Contenido de Carbono Fijo: el ASTM define al carbono fijo como el restante después de analizar el contenido de materia móvil, determinado como resultante de la resta a 100 la suma total del material volátil y cenizas en porcentajes, siendo estos en base seca; ante esto Mclaughlin difiere de ello ya que considera a la porción de carbono fijo del estudio del biochar no como carbón puro sino todo lo que no es ceniza y sin volatilizarse a 950°C, utilizando la expresión de materia residente incluyendo al hidrógeno, carbono y oxígeno residentes.

2.2.5. TIPOS DE PROCESOS DE PIRÓLISIS

(Taylor y Mason, 2010) señalan que la existencia de varios desarrollos de pirólisis que se van utilizando en la industria para la fabricación del biocarbón son muchos, por lo que en lo siguiente, se describen de manera breve los principales:

Pirólisis lenta: Se realiza cuando hay carencia de oxígeno con autoclaves y hornos, para el desarrollo, los picos de temperatura a la que se puede llegar son relativamente bajos.

Pirólisis rápida: Para este proceso existe la necesidad de usar una gran parte de compuestos volátiles condensados, que alterarán el rendimiento y los efectos que se desean obtener del biocarbón, ya que se busca obtener el resultado en materia molida en pocos segundos.

Gasificación: Para este proceso es necesario la autoalimentación del sistema de producción de biocarbón con calor, generado por la combustión de gases inflamables siendo la mayoría el H₂ y O₂, para este proceso es necesario utilizar técnicas de gasificación TLUD.

Carbonización: Este proceso se enfoca en el mejoramiento de carbono que tiene el carbón vegetal en la pirólisis, se considera a la carbonización como pirólisis lenta pudiéndose operar entre 400-500°C (Bridgwater) (Tabla 2.1).

TABLA N° 2 Típicos rendimientos del producto (con base en madera seca) de los sistemas de pirólisis.

Sistema	de residencia	Casa de calefacción	Carbón %	Líquidos %	Gases %
Carbonización	<400-600 Muy prolongado Hrs a días	Lenta	5-35		
Pirolisis Lenta	450-650 Muy prolongado Min. a días	1-100°C/min	35	30	35
Pirolisis rápida	400-500 Corto segundos	Muy rápido	12	75	13
Gasificación	>800 Prolongados	Rápido	10	5	85
Gasificador TLUD	500-750 Minutos	Moderado	20	0	80

Nota: Bridgwater

2.2.6. MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DE BIOCARBÓN

El proceso de calentamiento de madera y producción del biocarbón se diferencian de acuerdo a la presencia o carencia del oxígeno en el proceso, (Taylor y Mason), detallan 3 procedimientos diferentes:

Método 1: Combustión directa (pirólisis óxica)

Una fracción de la biomasa en el reactor se quema con una cantidad de aire limitada creando gases calientes que pasan y calientan al sobrante de la biomasa.

Método 2: Calentamiento indirecto (pirólisis anóxica)

Al ser calentado en el exterior el reactor (contenedor o autoclave) no permite el ingreso de aire, por lo que el calor viaja desde las paredes del reactor a la biomasa.

Método 3: Calentamiento con gases de re-circulación.

En este procedimiento una fracción de los gases del pirólisis se queman en una cámara de combustión externa calentando y direccionando los gases al reactor, haciendo contacto directo con la biomasa.

Los subproductos de pirólisis

El procedimiento del pirólisis ocasiona sustancias residuales que genera el humo causado por la combustión, estas a su vez se recuperan por medios de condensación, que conforma un producto denominado ácido piroleñoso o vinagre de madera. Se presume que las diferentes sustancias expuestas en el humo se pueden encontrar también en los espacios y poros del biocarbón. De esta manera, el uso de compuestos como el carbón vegetal en los cultivos sería capaz de inducir mayor resistencia ante enfermedades y plagas, todo esto por haber mejorado el estado fisiológico de las plantas o por su papel como pesticida. Graber señala que existe la posibilidad de que estas sustancias puedan servir también como sustrato en los microorganismos más resistentes, teniendo un efecto bactericida o fungicida ante otros grupos de microorganismos más delicados.

2.2.7. EL EUCALIPTO

Es un árbol que pertenece a la familia Myrtaceae que se encuentra dividido en una gran variedad de ecosistemas volviéndose casi usual en todos los lugares geográficos del planeta, por lo que se considera como una planta muy versátil debido a que casi en todas las regiones donde se cultiva tiene buenas respuestas (Skolmen y Thomas, 2002).

Clasificación Taxonómica del Eucalyptus globulus

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Subclase: Rosidae
- Orden: Myrtales
- Familia: Myrtaceae

- Género: *Eucalyptus*
- Especie: globulus

En nuestro país, en su gran mayoría la parte sierra se encuentra habitada por el eucalipto goma azul o blanco, un grupo procedente de Australia y Tasmania (Moreno et al., 2010). De acuerdo a la historia a finales del siglo XIX fue ingresado en la región austral del Ecuador, integrándose plenamente a los ecosistemas andinos; a su vez Muñoz et al. 2008, menciona que se conoce la existencia de alrededor de 500 especies de *Eucalyptus* en todo el mundo originadas sobre todo en Australia, pocos casos en Nueva Zelanda, Tasmania, Indonesia y Nueva Guinea. De la misma manera para Martínez et al. 2006, varía en el número de especies mencionando que el eucalipto se encuentra conformado por varias especies forestales presentando una gran variedad con más de 600 especies diferentes, en su mayoría originarias de Australia.

Utilidad de la especie

El *Eucalyptus globulus* se ha difundido y promocionado a través de gobiernos y empresas quienes han impulsado la instalación de plantaciones forestales en gran magnitud a fin de promover la industria papelera. El incremento forestal ya existe en otros países como: España, Portugal, México, Brasil, Sudáfrica e India, donde las fábricas que se relacionan con la actividad forestal llegan a constituir un sector importante de la economía nacional (Ceccon y Martínez-Ramos, 1999).

Ecosistema del eucalipto

Esta familia forestal tiene una adecuación extensa a cualquier ambiente, según Skolmen y Thomas (1999) el eucalipto goma azul se puede adaptar de manera exitosa en ambientes que tienen el clima moderado o altas elevaciones incluyendo temperaturas frías en las zonas tropicales alrededor del mundo. Ante esto Mendham et al. (2004) menciona que las plantaciones dan oportunidad a las personas que se dedican al sistema agrícola de poder variar las fuentes de su ingreso, al

mismo tiempo se obtienen diferentes ventajas, dentro de ello disminuir la sobresaturación del suelo agrícola compensando la exigencia de proporcionar productos de madera de los bosques nativos.

2.2.8. EL RABANITO

El rabanito, de nombre científico *Raphanus sativus* forma parte de la familia de las brasicáceae o crucíferas, se caracteriza por tener grandes hojas, flores blancas o amarillentas, tallo de entre ochenta centímetros y una raíz carnosa que puede cambiar según el tipo de planta. Al ser tan importante y gracias a que tiene una gran capacidad de adaptación se cultiva en casi todo el planeta; siendo reconocible por su picor muy peculiar, pudiendo ser de raíces de color blancas, rojas o negras de acuerdo a la variedad, normalmente se come crudo como parte de una ensalada; debido a que contiene bajas calorías le permite ser integrado en muchas recetas de dietas para perder peso (Gardey, 2013).

Características generales

El rabano se caracteriza por tener una raíz comestible, haciendo uso de ella en diferentes tipos de ensaladas en fresco y otras recetas con previa elaboración, tiene dos características básicas de acuerdo a su diversidad: alargado, de 10-15 cm. de longitud; o redondo, con 2-3 cm. de diámetro, su peso puede variar de entre 70 gramos hasta 1 kg o más, gracias a los diferentes colores de la piel (negra, morada, roja o blancas) y la carne del rábano (en su mayoría blancas), las ensaladas comunes siempre se ven coloridos frente a otras verduras y hortalizas de un mismo color. Tiene un sabor que hace a las preparaciones tener un cierto toque picante. (Forza, 2010).

Clasificación Taxonómica del Raphanus sativus

- Nombre Científico: *Raphanus sativus*
- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Subclase: Asteridae

- Orden: Brassicales
- Familia: Brassicaceae
- Género: Raphanus
Especie: R. sativus
- Hábitat: Asia, Europa, América

El cultivo del rabanito

Cultivar el rábano en casa o en la escuela, es una forma divertida de comprender la etapa de desarrollo de las plantas, debido a que es una de los vegetales que crecen más rápido y en espacios pequeños, formando una gran fuente de antioxidantes y vitamina C, con sus cualidades antiinflamatorias, puede controlar la presión arterial, limpiar los riñones y vías urinarias, aparte tiene un sabor picante muy característico y es bueno para incluir en ensaladas, encurtidos, guisados, sopas y decoraciones (Reynoso, 2015).

Siembra del rabanito

Al ser sembrado, el rábano no necesita de un trasplante para poder desarrollarse hasta la cosecha, normalmente crecen en la tierra o contenedores con una mínima profundidad de 10 cm, se suele utilizar un sustrato o suelo que tenga buen drenaje y sea bien nutrido dividido de entre pequeños surcos con 1-1.5 cm de profundidad y con un intervalo de 8-12 cm entre ellos, esto en función del tamaño de la variedad sembrada, a su vez se suele realizar la función del riego justo después de sembrar sin dejar que el suelo pierda su humedad (Reynoso, 2015).

Cuidados

Según Reynoso, 2015 la semilla del rábano emerge en 3 días aproximados después de la siembra, teniendo como característica que las primeras hojas tiene una forma de corazón, cuando la planta crece un poco es necesario en ocasiones cubrirlo con un poco de tierra para lograr un desarrollo adecuado. Es necesario abonar la planta a los 15 días de la siembra para así brindar mayores nutrientes

y fomentar su crecimiento; la importancia del riego se ve reflejada durante el cuidado ya que depende del clima y de cómo se mantenga la humedad del suelo, manteniéndolo en constante observación para evitar que con un exceso de humedad se pudra o rompa la planta y así no perder el sabor del rábano.

2.2.9. PRUEBA DE BIOENSAYOS

Para Sobrero y Ronco, 2004 los bioensayos son considerados importantes al momento de realizar el control de contaminación, ya que está basado en función de valorar los efectos respecto a los organismos vivos, existiendo una relación dosis - respuesta; el cual se puede constatar a través de una prueba de toxicidad aguda (tiempo determinado) en donde se estiman los efectos fitotóxicos de compuestos puros o mezclas engorrosas durante el procedimiento de germinación de semillas y en el crecimiento de las plántulas en el transcurso de sus primeros días, la valoración del resultado en la elongación de la radícula y del hipocotilo de las plántulas permite estimar el efecto tóxico de los compuestos solubles presentes en cantidades tan bajas las cuales no son suficientes para impedir la germinación, más no obstante pueden retardar o incluso impedir por completo el proceso de elongación de la radícula o del hipocotilo, originando una dependencia en el modo y sitio de acción del compuesto. Impedir la elongación de la radícula y el hipocótilo forman indicadores subletales muy sensibles para la evaluación de efectos biológicos en vegetales, los cuales aportan más información a la ya existente estudiando el efecto en la germinación.

Según Acosta, 2002 se considera exitosa la germinación de semillas cuando las longitudes de las raíces alcanzan de 3mm a 20mm. La prueba de germinación al no ser tan sensible a los tóxicos como la extensión de las raíces, tiene como desventaja presentar un valor contable, por lo que no transfiere la magnitud del efecto tóxico. Así mismo Ayuso et al., (1996), estimaron tres diferentes clases de desechos municipales: lodos residuales, la fracción orgánica de un residuo sólido municipal y los compost de cada uno de estos materiales, viendo los efectos fisiológicos

de estos residuos sobre la germinación de las semillas de *Rabanus Sativus* llegaron a concluir que aumentó el porcentaje de germinación en los residuos con la materia orgánica más estabilizada. Por otra parte, Varnero, (2007) indica que las cualidades del índice de germinación (IG) $\geq 80\%$ muestran que las sustancias fitotóxicas se encuentran en muy bajas concentraciones y que estas sustancias no dificultan la germinación de las semillas; IG entre 50% y 80% indican fitotoxicidad moderada, si el IG $\leq 50\%$ muestra un aspecto resistente de sustancias fitotóxicas capaces de impedir el desarrollo y crecimiento de las plantas.

TABLA N° 3 Porcentajes de germinación permitidos en diferentes países

País	Porcentaje límite de germinación
Australia	Germinación mínima 60 % con semilla de rábano con un extracto al 100 %.
Alemania	Germinación de al menos el 90 % de semillas de avena en una mezcla.
Austria	Germinación de al menos el 80 % de semilla de avena 70 % de germinación
Canadá	

Nota: Brinton (2000)

2.2.10. ABONOS ORGÁNICOS

Estos abonos constituyen una de las opciones que trae consigo mejoras para la sostenibilidad, contribuyendo al buen equilibrio del sistema agrícola, que se ve afectado debido a fertilizantes sintéticos y la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales que debido a su lixiviación arriesgan la sostenibilidad de la agricultura moderna, haciendo necesario mayor esfuerzo para optimizar el reciclaje de los nutrientes (Benzing, 2001).

Muchas investigaciones mostraron el aumento del crecimiento y la producción referente a la utilización de abonos orgánicos, en ocasiones con resultados excelentes a diferencia de los obtenidos con fertilización sintética (Atiyeh et al. 2001; Carrera et al. 2007; Demir et al. 2010). La ayuda que proporciona al hacer uso de estos fertilizantes son justificados por distintos elementos tales como: un descenso de la densidad relativa

consecuencias del incremento de la aeración y porosidad del suelo, optimización de la retención del agua, incremento del CIC, mayor mineralización por la alta actividad y biomasa microbiana y una alta actividad enzimática, eliminación de patógenos y producción de sustancias reguladoras de crecimiento por estos mismos microorganismos (Van Bruggen ,1995; Atiyeh et al., 2001; Domínguez et al., 2010).

El uso del compost y excrementos de animales como abonos orgánicos se volvió en una de las estrategias más acreditadas para incrementar la erradicación de enfermedades que existen en el suelo (Alabouvette et al. 2004). Estos abonos orgánicos como la gallinaza, el compost o lombricompost, instituyen uno de los indicadores más fundamentales en la lucha contra una gran variedad de patógenos. Diversas investigaciones demostraron el mayor incremento de enfermedades como *Pythium arrhenomanes*, *Verticillium dahliae*, *Phytophthora cinnamomi*, *Rhizoctonia solani* entre otros, en prácticas comunes con fertilización mineral comparado con prácticas de bajos insumos y orgánicos (Van Bruggen, 1995). Vallad et al., (2003) tuvieron como resultado el efecto parecido de este compost sobre *Pseudomonas syringae* en plantas de tomate y *Arabidopsis thaliana*.

La eficiencia en la erradicación de enfermedades suele tener una larga persistencia gracias al uso de los abonos orgánicos. Saadi et al. (2010) demostraron esta teoría evaluando la supresividad a través del tiempo de un compost de estiércol, tierra y restos de plantas secas de tomate contra *Fusarium oxysporum* en laboratorio, logrando verificar la constante eficiencia de este a lo largo de un año.

Durante el cultivo de tomate, el lombricompost logró dar el acceso para la obtención de plantas grandes, rendimiento, productos de mejor calidad, mayor resistencia y supresividad ante enfermedades y plagas como la *Myzus persicae* (Atiyeh et al. 2001; Gutierrez et al. 2007; Singh et al. 2008; Edwards et al. 2010), la manera en la que se fertiliza el suelo es de suma importancia para así mantener su fertilidad y persistencia por

mucho más tiempo, puesto que existe una alta posibilidad de fijación de nutrientes del biocarbón, y su efecto sobre la comunidad microbiana. La mezcla entre las propiedades de resistencia de los abonos orgánicos y el impacto benéfico del biocarbón sobre el ciclo de nutrientes, crea una ocasión de interés para mejorar la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola.

Normas aplicables al biochar

- ❖ European Commission Agriculture And Rural Development (2010) Biomass Potential ([Http: //Ec.Europa .Eu/Agriculture /Bioenergy/ Potential](http://ec.europa.eu/agriculture/bioenergy/potential))
- ❖ Us Composting Council And Us Department Of Agriculture (2001) Test Methods For The Examination Of Composting And Compost. (Tmecc) Thompson W.H. (Ed.) [Http://Compostingcouncil.Org/Tmecc/](http://compostingcouncil.org/tmecc/) (Accessed January 2012).
- ❖ Norma Técnica: Ley General De Los Residuos Sólidos

Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, DL N° 613

Determina en el Capítulo VI, Art. 26°. El Estado debe promover y fomentar la investigación científica y tecnológica que permita desarrollar nuevos sistemas, métodos, equipos y dispositivos a fin de proteger al ambiente y conservar los recursos naturales.

Ley Orgánica de Municipalidades Ley N° 27972

Determina en el Art. 80. Inciso 1.1. regula y controla el proceso de distribución final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito provincial.

Inciso 2.1 Administra y reglamenta directamente o por concesión de servicios de agua potable o alcantarillado y desagüe, limpieza pública y residuos sólidos.

Inciso 4.1 Administra y reglamenta directamente o por concesión el tratamiento de residuos sólidos cuando esté en capacidad de hacerlo.

Reglamento Técnico para los Productos Orgánicos – CONAPO RM N° 076-2003-AG (31-01-03)

En este reglamento, se brindan los parámetros en los cuales las certificadoras que laboran en el Perú, ajusten sus trabajos a fin de garantizar a los consumidores la adquisición de productos ecológicos.

Ley N° 28245 LEY MARCO DEL SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN AMBIENTAL -2004

Artículo 6.- De los Instrumentos de Gestión y Planificación Ambiental a través de la formulación y ejecución coordinada de planes, prevención de la contaminación ambiental, así como de recuperación de ambientes degradados.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Biochar, es el carbón poroso de grano fino, producido a partir de materia orgánica por medio del pirólisis (es decir, a baja temperatura y condiciones anóxicas), se utiliza a menudo como enmienda del suelo aumentando su fertilidad y el cultivo para capturar carbono. (Tesauro, 2013, p. 224).

Eucalipto, el género *eucalyptus* pertenece a la familia botánica de las *Mistáceae*, comprende de 400 a 600 especies, originarias de Australia, este género lo componen eucaliptos de varios tamaños y formas, prosperando en diversas condiciones climáticas, he ahí la existencia de su variedad en casi todos los países del mundo. En su área de distribución natural se encuentra hasta los 2000 metros sobre el nivel del mar, en el *eucalyptus globulus*, las hojas jóvenes son: opuestas, sésiles, acorazonados, glaucas, sus ramas son cuadrangulares, de 4-16 cm. por 3.5 c., las hojas adultas de color verde oscuro, falcadas, largamente acuminadas, pecioladas con glándulas de aceite, las flores son grandes generalmente solitarios, blancas axilares, subsésiles con pedúnculo corto y grueso (Carrillo, 2001, p. 19).

El eucalipto se introdujo al Perú entre los años 1860 y 1870, originaria de Australia, distribuyendose en su mayoría en los departamentos de Junín, Cajamarca, Huánuco, Ancash, Apurímac, Huancavelica, etc. Adaptándose

notoriamente a la sierra del país. Se encuentra desde los 1800 hasta los 3800 m.s.n.m. (Suárez , 2001).

Rabanito, es una de las hortalizas que crecen más rápido y en espacios pequeños, es excelente para acompañar en ensaladas, encurtidos, sopas, guisados y decoraciones por tener un sabor picante; además es una fuente antioxidante y vitamina C, aparte de eso cuenta con propiedades antiinflamatorios, controla la presión arterial y limpia los riñones (Reynoso, 2015, p. 95).

Calidad del suelo, Se debe interpretar como la utilidad del suelo para un objetivo en específico en una amplia escala de tiempo, y la salud del suelo lo constituyen el estado de las propiedades dinámicas del suelo como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos, o productos microbianos en un tiempo particular; por lo que, la calidad y la salud del suelo son definiciones equivalentes más no son sinónimos (Carter, 1997 p. 145).

Suelo, es una capa delgada formada muy lentamente a través de los siglos con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento, por lo que está compuesto de minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua; los animales y plantas que crecen y mueren dentro y sobre ella se descomponen por los microorganismos, que son transformados en materia orgánica y a su vez mezclados con el suelo (FAO, 1996).

Fertilidad del suelo, es la capacidad que tiene el suelo de sustentar la vida vegetal, al mismo tiempo depende de la disponibilidad de nutrientes, la capacidad de retención del agua, la existencia de un espacio físico para el crecimiento de las raíces y movimiento de gases, la presencia de microorganismos que actúen en los ciclos de los nutrientes y otros que controlen los problemas sanitarios; y de la ausencia de procesos de destrucción. Por eso, al decidir el manejo agronómico a utilizar, es importante considerar que sobre la fertilidad del suelo intervienen en forma interdependiente factores químicos, físicos y biológicos (Céspedes, 2016, p. 125).

Biomasa, concierne únicamente a la masa de materia y energía que constituyen los seres vivos que ocupan un ecotopo (suelo, agua o aire), independientemente de quienes sean sus habitantes. En el momento en que un ser pierde la característica de viviente, de inmediato a su biomasa se pasa a llamar necromasa (Carcedo, 2007 p.78).

Erosión del suelo, es el desprendimiento y arrastre (lavado) de un lugar a otro ocasionado por la lluvia, el viento, o por malas prácticas que realiza el hombre en su chacra; debido a esto poco a poco disminuye la profundidad del suelo perdiendo su fertilidad (MINAGRI, 2014).

2.4. SISTEMA DE HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

HI. El biochar de *Eucalyptus globulus* tiene efecto en la mejora de la calidad de suelo y las características morfológicas del rabanito (*Raphanus sativus*) - Huánuco 2020.

H0. El biochar de *Eucalyptus globulus* no tiene efecto en la mejora de la calidad de suelo y las características morfológicas del rabanito (*Raphanus sativus*) - Huánuco 2020.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

HI.1 El efecto del Biochar al 15% y 30% aumenta las características físicas de calidad del suelo.

HI.2 El efecto del Biochar al 15% y 30% aumenta las características químicas de calidad del suelo.

HI.3 El efecto del biochar al 15% y 30% mejora las características morfológicas del rabanito.

2.5. SISTEMA DE VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

- Calidad de suelo y las características morfológicas del rabanito (*Raphanus sativus*)

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Biochar de *Eucalyptus globulus*

2.6. CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

“EFECTO DEL BIOCHAR DEL EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus*) EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DE SUELO Y LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLOGICAS DEL RABANITO (*Raphanus sativus*) - HUANUCO 2020”.

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD	ESCALA	INSTRUMENTO		
Variable Dependiente Calidad de suelo y las características morfológicas del rabanito (<i>Raphanus sativus</i>)	Parámetros físicos	Textura	%	Numérica discreta	Análisis de laboratorio		
		Humedad	%				
		Color	RYGBP				
		Temperatura	°C				
	Parámetros químicos	Densidad aparente	g/cc				
		Nitrógeno	%				
		P, K	ppm				
		Ca, Mg, K, Na	Cmol (+)/kg				
		CIC	%				
		MO	%				
		Ph	1:1				
	Características del <i>Raphanus sativus</i>	Altura de la planta	cm			Numérica continua	Ficha de monitoreo
		Longitud de raíz (Tuberosidad)	cm				
Numero de hojas		N° de hojas					
Peso Raíz		gramos					
Variable Independiente	% de Biochar aplicable	Biochar 15%	%	Numérica continua	Guía de procedimiento		
Biochar de <i>Eucalyptus globulus</i>		Biochar 30%	%				

Tesista: Solisor Atavillos, Luz Thalía. 2020

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

En base al tiempo en que se obtienen los datos y se analizan; nuestro estudio será prospectivo, ya que los datos obtenidos fueron actuales y se sometieron a procesos de contratación para determinar el efecto del Biochar. En base a la intervención del investigador tenemos un estudio con intervención ya que el investigador sometió a las muestras de suelo a un antes y un después y se determinó el efecto del Biochar en la mejora de la calidad del suelo, de acuerdo al tipo de análisis es de carácter exclusivamente cuantitativo. Según las mediciones de las variables de estudio, nuestra investigación es longitudinal debido a que las mediciones se realizarán en diferentes tiempos y según el número de variables analizadas nuestro estudio es analítico.

3.1.2. ENFOQUE

Presenta un enfoque cuantitativo ya que los objetivos de la investigación solo se lograron analizando datos numéricos.

3.1.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación es explicativo ya que la presente investigación busco relaciones de causalidad de como el Biochar de eucalipto tiene efecto en la mejora de la calidad del suelo y cambios en las características morfológicas del rabanito, después de ello se formuló hipótesis racionales y que tuvieron características analíticas multivariadas que describieron el efecto de la aplicación del Biochar tanto en suelo y planta.

3.1.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La siguiente investigación presentó un diseño cuasi experimental ya que intentamos mejorar la calidad de suelo con la concentración al 15% y al 30% de Biochar y también se verificó el antes y después de la aplicación

de Biochar en el suelo empobrecido y las características que otorga a la planta del rabanito.

Diseño con pre prueba / pos prueba sin grupo de control

G1.....O1.....O2

G2.....O3.....X1.....O4

G3.....O5.....X2.....O6

Leyenda:

G1, G2 y G3: Grupos en evaluación

X1: Tratamiento (Concentración de Biochar de Eucalipto al 15%)

X2: Tratamiento (Concentración de Biochar de Eucalipto al 30%)

O1, O3, O5: Observación inicial.

O2, O4, O6: Observación final.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Para la investigación la población de estudio lo constituyó el suelo. En este caso un suelo con características de estar degradado para demostrar el efecto del Biochar como medio de abono natural y que nos permita regenerar un suelo de este tipo y sea amigable para la atmosfera, medio ambiente y agricultura.

3.2.2. MUESTRA

Para la obtención de la muestra se utilizó un muestreo no probabilístico, siendo el tipo de muestreo según criterio.

Para el estudio de investigación se usó 15 bandejas; las 5 primeras contuvieron 15 kg de tierra pobre a las cuales se les evaluó las características físicas, químicas y a la vez se sembró el rabanito en este suelo.

Las otras 10 bandejas contuvieron 15 kg de sustrato con una concentración de Biochar al 15% y 30%, donde se sembró el rabanito y se evaluó por 45 días, y al final se tomaron las muestras de suelo por cada

bandeja para corroborar si el Biochar tuvo efecto en las propiedades físico y químicas del suelo. (Ver anexo N° 7).

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos en este estudio de nivel explicativo se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos descritos a continuación en la siguiente tabla:

TABLA N° 4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Variables	Técnica de recolección de datos	Instrumentos
Calidad de suelo y las características morfológicas del rabanito (<i>Raphanus sativus</i>)	Observación y laboratorio de análisis de suelos	<ul style="list-style-type: none"> ● Guía de observación ● Guía de toma de muestra para suelo
Biochar de <i>Eucalyptus globulus</i>	Elaboración	<ul style="list-style-type: none"> ● Guía de elaboración de biochar de manera artesanal

Elaboración: Propia

En cuanto a las técnicas y recolección de datos se utilizó guías que ya están elaboradas, y la observación para ver cambios en las características morfológicas del rabanito

3.4. RECOLECCIÓN DE DATOS

La metodología que se propuso para determinar el efecto del Biochar sobre la calidad de suelo y las características morfológicas de un cultivo para ello se realizaron 3 tratamientos a diferentes concentraciones de Biochar con 5 repeticiones para lo cual seguimos los siguientes pasos.

Etapa preliminar

Para el desarrollo de esta etapa se realizó alrededor de 1 semana, la cual consistió en la revisión bibliográfica primaria y secundaria, que nos proporcionó los datos y la metodología necesaria para llevar a cabo la fase de monitoreo y toma de nuestros de suelos cultivados, también se indagó sobre la manera de fabricación ideal de Biochar, ya que no tenemos el

aparato de pirólisis como tal así que implementamos un diseño que asemejo a las características funcionales de uno de estos instrumentos para obtener nuestro bochar.

Análisis de datos

Una vez recopilada toda la información teórica de la anterior fase se comenzó a dimensionar las variables a analizar, seleccionar los días de muestreo, para que los datos que obtengamos durante la siguiente fase, sean verídicos y nos permitan hacer un correcto estadístico que nos permitió corroborar las hipótesis de investigación. Se realizó varias mediciones 2 para suelo y para las características morfológicas del rabanito cada 15 días con ello también encontramos algunas variables intervinientes que podrían ser motivos de estudios para más adelante.

Etapa de trabajo de campo

Elaboración de Biochar

- **Diseño y fabricación del Horno Pirolítico**

Una de las limitaciones que tuvimos fue que no se llegó a conseguir un horno adecuado para hacer el proceso de pirolisis lenta, entonces con la aprobación de uno de los jurados de esta investigación se procedió a realizarlo el Biochar de manera artesanal; el quemado del eucalipto se realizó en planchas de calamina que fueron aisladas una sobre otras para este proceso, se inició el procedimiento a las 9:00am y se terminó a las 5:00pm siendo un aproximadamente de 8 horas.

- **Componentes del Horno pirolítico:**

Al ser una adaptación artesanal los componentes del horno fueron planchas de calamina y un pequeño agujero de ventilación por donde se eliminó la mayor parte del humo del proceso.

- **Producción de Biochar:**

Una vez terminado el proceso de pirolisis se llegó obtener ceniza y

el carbón del eucalipto, luego se separó la ceniza aparte en una fuente y el carbón en otra fuente. (Véase anexo 11. Fig. 10)

Caracterización de la materia prima

Para la elaboración del Biochar de eucalipto lo primero que se realizó fue buscar el eucalipto ya seco para luego hacer el leñado, se logró conseguir 180kg de eucalipto en bloques grandes que contenían ramas; hojas y tronco luego se pasó a hacer el leñado para luego someterlo a pirolisis en nuestro horno adaptado en base de calamina del proceso se obtuvo: 22kg de carbón y 13kg de ceniza. Los procedimientos que se realizaron fueron los siguientes:

- **Acondicionamiento de las muestras**

Se colocó las muestras en bandejas para el posterior proceso.

- **Molienda:**

Una vez ya terminado el proceso del quemado se llegó obtener ceniza y el carbón del eucalipto, luego se separó la ceniza aparte en una fuente y el carbón que posteriormente fue sometido al proceso de molienda en una máquina de moler grano

- **Tamizado:**

Se procedió a tamizar tanto la muestra de carbón y ceniza para eliminar impurezas como pequeñas ramas u otras estructuras, finalmente se mezcló la ceniza con el carbón de esta manera obtuvimos nuestro Biochar donde una pequeña proporción fue enviada a laboratorio para sus respectivos análisis.

- **Toma de muestra para análisis de laboratorio**

Se rotulo 1kg de muestra de Biochar y fue enviado al laboratorio de la UNAS para su respectivo análisis.

TABLA N° 5 Relación de elementos constituyentes y metodología aplicada.

Macronutrientes	Método
Nitrógeno (N)	%, Método de Nitrógeno Total de Kjeldahl
Potasio (K)	%, Método de Potasio Total.
Calcio (Ca)	%, Espectrofotometría de absorción atómica

Magnesio (Mg)	%, Espectrofotometría de absorción atómica
Fósforo (P)	%, Método de Potasio Total por colorimetría.
Azufre (S)	%, Método de Azufre Total por colorimetría.
Micronutrientes	Método
Hierro (Fe)	ppm, Espectrofotometría de absorción atómica
Manganeso (Mn)	ppm, Espectrofotometría de absorción atómica
Zinc (Zn)	ppm, Espectrofotometría de absorción atómica
Boro (B)	ppm, Método de la Curcumina.
Cobre (Cu)	ppm, Espectrofotometría de absorción atómica
Sodio (Na)	ppm, Espectrofotometría de absorción atómica
Metal pesado	Método
Cadmio (Cd)	ppm, Espectrofotometría de absorción atómica.

Nota: **Elaboración propia (2019).**

Estos análisis serán llevados a cabo por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Selva-Tingo María

Etapas final

Esta etapa tuvo una duración de 1 mes, en donde se recopiló toda la información procedente de los análisis de los cultivos, la calidad del suelo obtenido y las características morfológicas del, junto con la información, los datos se procesarán en el programa SPSS versión 24, el estadístico será seleccionado de acuerdo al profesional encargado de la tabulación de los datos.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

TABLA N° 6 Características físico-químicas que indican la calidad del suelo antes de la aplicación de biochar, Huánuco, 2021

Ítem	Unidad de medición	Valor
Arena	%	29
Arcilla	%	30
Limo	%	41
pH	1;1	5,58
M.O.	%	0,96%
N	%	0,05
P disponible	ppm	5,60
K disponible	ppm	76,02
CIC	Cmol (+) /kg	7,52
Ca	Cmol (+) /kg	6,20
Mg	Cmol (+) /kg	0,97
K cambiable	Cmol (+) /kg	0,23
Na	Cmol (+) /kg	0,12

Nota: Datos recopilados a partir de resultados de laboratorio antes del tratamiento.

Considerando los estándares de calidad del suelo, se ha encontrado que el suelo enviado a laboratorio cumple con las características de un suelo de mala calidad requerido para el estudio; en la tabla 6 se muestra que la materia orgánica, está por debajo del rango normal, al igual que el pH que muestra un suelo moderadamente ácido y una concentración de N relativamente baja según la guía de interpretación de la UNAS. De igual manera el intercambio catiónico indicativo de la fertilidad es baja y por último los elementos cambiables, muestran niveles bajos con excepción del calcio cuya clase es media, según los parámetros propuestos por Krol; (2000).

TABLA N° 7 Características de la calidad del suelo en el aspecto físico, químico con el tratamiento al 15% de concentración de biochar, Huánuco, 2021.

Ítem	Unidad de medición	Promedio	Error estándar	L.I. 95% N.C.	L.S. 95% N.C.
Arena	%	59,8	1,020	57,801	61,799
Arcilla	%	22,2	0,200	21,808	22,592
Limo	%	18	1,095	15,853	20,147
pH	1;1	8,862	0,020	8,823	8,901
M.O.	%	1,402	0,067	1,270	1,534
N	%	0,07	0,004	0,061	0,079
P disponible	ppm	10,714	0,135	10,450	10,978
K disponible	ppm	229,174	0,560	228,076	230,272
CIC	Cmol (+) /kg	21,388	0,219	20,958	21,818
Ca	Cmol (+) /kg	17,914	0,244	17,435	18,393
Mg	Cmol (+) /kg	2,27	0,029	2,214	2,326
K cambiable	Cmol (+) /kg	0,715	0,062	0,593	0,837
Na	Cmol (+) /kg	0,482	0,004	0,475	0,489

Nota: Datos recopilados a partir de Análisis de laboratorio de la UNAS.

La tabla 7 muestra los resultados en base a los estándares de calidad de un suelo tratado con 15% de biochar; para el análisis mecánico del suelo, los resultados indican que se obtiene un suelo con mayor concentración de arena con un promedio de 59.8%; los parámetros mejoran medianamente pues se observa un suelo fuertemente alcalino con un pH de 8,862 promedio; bajo en materia orgánica con un promedio de 1,402; bajo para nitrógeno con un promedio de 0,07 pero con un nivel intermedio para fosforo con 10,714 promedio y potasio con 229,174 promedio, según la guía de interpretación de la UNAS. Los parámetros que cumplen los estándares son los elementos intercambiables de Ca con un promedio alto de 17.914 y K con un promedio de 0,714 también alto; sin embargo, para el caso sodio es relativamente bajo con un promedio de 0.482. y para el CIC se obtiene un promedio de 21,388 que es indicativo de una mediana fertilidad del suelo según los parámetros propuestos por Krol; (2000).

TABLA N° 8 Características de la calidad del suelo en el aspecto físico, químico con el tratamiento al 30% de concentración de biochar, Huánuco, 2021.

Ítem	Unidad de medición	Promedio	Error estándar	L.I. 95% N.C.	L.S. 95% N.C.
Arena	%	63	0,894	61,247	64,753
Arcilla	%	20,8	0,490	19,840	21,760
Limo	%	16,2	1,020	14,201	18,199
Ph	1;1	9,298	0,038	9,224	9,372
M.O.	%	2,522	0,030	2,463	2,581
N	%	0,126	0,002	0,121	0,131
P disponible	ppm	14,68	0,091	14,501	14,859
K disponible	ppm	325,018	1,110	322,843	327,193
CIC	Cmol (+) /kg	33,032	0,137	32,763	33,301
Ca	Cmol (+) /kg	27, 724	0,111	27,506	27,942
Mg	Cmol (+) /kg	3,528	0,034	3,461	3,595
K cambiabile	Cmol (+) /kg	1,046	0,027	0,992	1,100
Na	Cmol (+) /kg	0,738	0,017	0,704	0,772

Nota: Datos recopilados a partir de Análisis de laboratorio de la UNAS.

La tabla 8 muestra los resultados en base a los estándares de calidad de un suelo tratado con 30% de biochar; para el análisis mecánico del suelo, los resultados indican que se obtiene un suelo con mayor concentración de arena con un promedio de 63%; los parámetros mejoran en comparación al tratamiento anterior; pues se observa un suelo fuertemente alcalino con un pH de 9,298 promedio; un nivel intermedio en materia orgánica con un promedio de 2,522; un nivel intermedio para nitrógeno con un promedio de 0,126 pero con un nivel alto para fósforo con 14,68 promedio y potasio con 325,018 promedio, según la guía de interpretación de la UNAS. Los parámetros que cumplen los estándares son los elementos intercambiables de Ca con un promedio alto de 27,724, Mg con un promedio de 3,528; K con un promedio de 1,046 también alto; sin embargo, para el caso sodio es relativamente bajo con un promedio de 0,738 y para el CIC se obtiene un promedio de 33,032 que es indicativo de una fertilidad alta según los parámetros propuestos por Krol; (2000).

TABLA N° 9 Descripción de la característica morfológica: altura de la planta del rabanito al 0%, 15% y 30% de concentración de Biochar, Huánuco, 2020

Bandeja	0%	15%	30%
1	14,50	10,88	7,50
2	8,38	11,75	5,88
3	13,63	12,13	6,75
4	5,50	12,00	9,13
5	13,75	14,00	6,88
Promedio	11,15	12,15	7,23
Error estándar	1,79	0,51	0,54
L.I. 95% N. C.	7,65	11,15	6,16
L.S. 95% N. C.	14,65	13,15	8,29

Nota: Datos recopilados a partir de ficha de recolección de datos Morfológicos Según tratamiento; donde la tabla 9 muestra que en el tratamiento al 15% obtuvo un mejor promedio de altura siendo este 12,5 cm en el experimento y con un error estándar de 0.51.

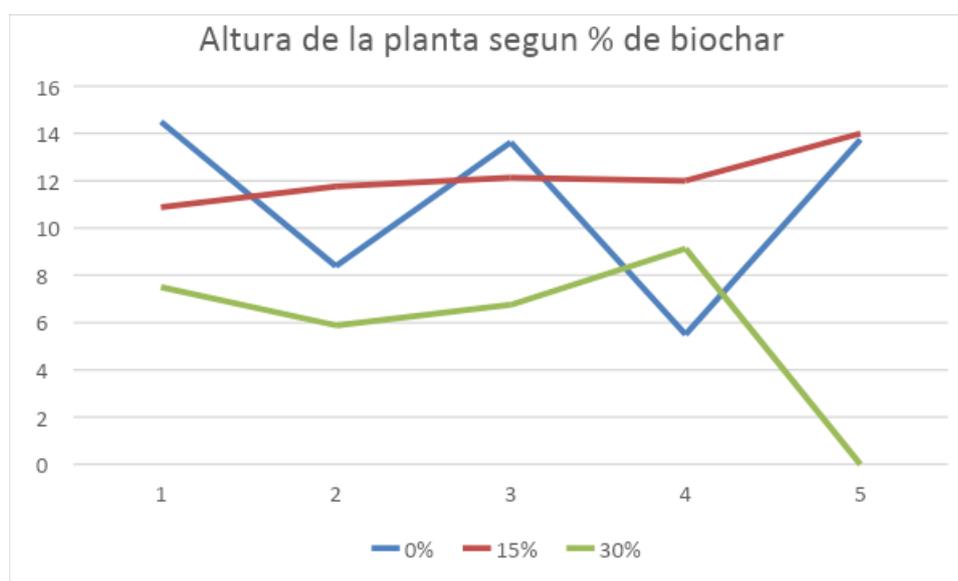


FIGURA N° 2 Descripción de la característica morfológica: altura de la planta del rabanito al 0%, 15% y 30% de concentración de Biochar, Huánuco, 2020

En la figura de líneas se observa el comportamiento de crecimiento del rabanito que tuvo el grupo control al 0%; y los tratamientos al 15% y 30% con Biochar de eucalipto; el tratamiento al 15% se observa una mayor altura promedio de la planta del rabanito en contraste con el otro tratamiento.

TABLA N° 10 Descripción de la característica morfológica: número de hojas de la planta del rabanito al 0%, 15% y 30% de concentración de Biochar, Huánuco, 2020

Bandeja	0%	15%	30%
1	7,00	6,50	3,88
2	5,75	6,00	4,38
3	6,50	6,25	4,38
4	4,50	5,75	4,00
5	6,13	6,75	4,00
Promedio	5,98	6,25	4,13
Error estándar	0,42	0,18	0,10
L.I. 95% N. C.	5,15	5,90	3,92
L.S. 95% N. C.	6,80	6,60	4,33

Nota: Datos recopilados a partir de ficha de recolección de datos Morfológicos Según tratamiento; donde la tabla 10 muestra que en el tratamiento al 15% obtuvo un mayor número de hojas siendo este en promedio 6,25 en el experimento y con un error estándar de 0.18

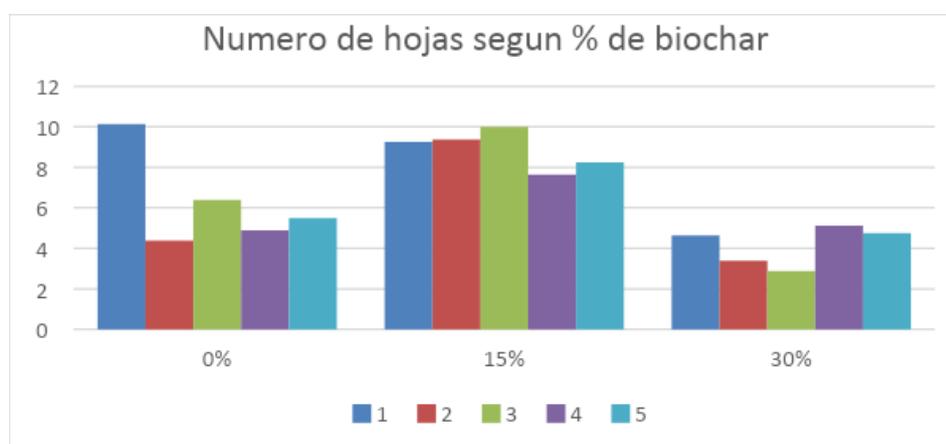


FIGURA N° 3 Descripción de la característica morfológica: número de hojas de la planta del rabanito al 0%, 15% y 30% de concentración de Biochar, Huánuco, 2020.

En la figura de barras se observa el número de hojas del rabanito. El grupo control al 0%; y los tratamientos al 15% y 30% con de eucalipto al cabo de 45 días de evaluación; el tratamiento al 15% se observa una mayor numero de hojas teniendo como promedio 6.25 en contraste con el otro tratamiento al 30% que obtuvo un promedio de 4.13.

TABLA N° 11 Descripción de la característica morfológica: peso de la raíz de la planta del rabanito al 0%, 15% y 30% de concentración de biochar, Huánuco, 2020

Bandeja	0%	15%	30%
1	14,50	8,13	1,63
2	3,00	8,50	1,50
3	3,38	11,88	2,88
4	1,29	8,13	3,14
5	1,63	6,00	3,00
Promedio	4,76	8,53	2,43
Error estándar	2,47	0,95	0,36
L.I. 95% N. C.	-0,08	6,67	1,73
L.S. 95% N. C.	9,59	10,38	3,13

Nota: Datos recopilados a partir de ficha de recolección de datos Morfológicos Según tratamiento; donde la tabla 11 muestra que en el tratamiento al 15% se obtuvo una mayor ganancia de peso en la raíz con un promedio de 8,53g en el experimento y con un error estándar de 0.95.

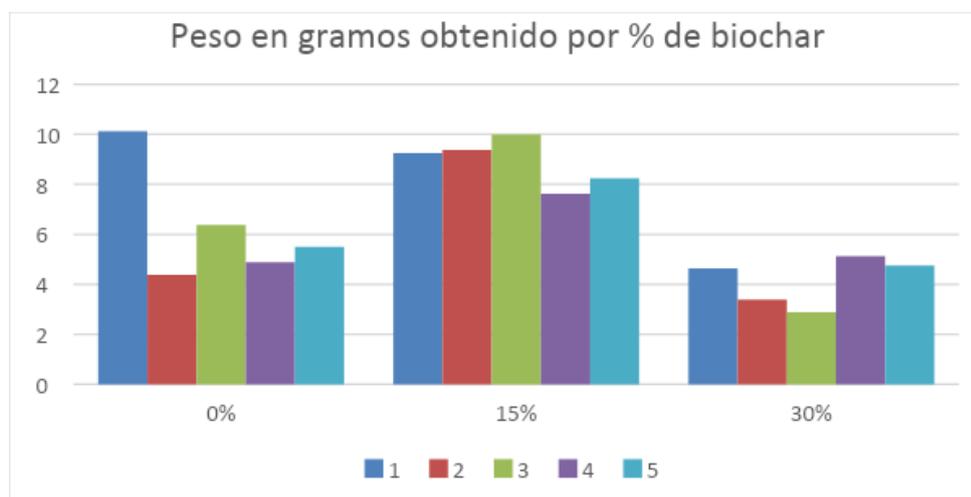


FIGURA N° 4 Descripción de la característica morfológica: peso de la raíz de la planta del rabanito al 0%, 15% y 30% de concentración de biochar, Huánuco, 2020

En la figura de barras se observa el peso de las raíces obtenidos. El día 45 de la evaluación del grupo control al 0%; y los tratamientos al 15% y 30% con Biochar de eucalipto; el tratamiento al 15% se observa una mayor

homogeneidad en ganancia de peso de las raíces con un promedio de 8.53g; seguido del testigo con 4.76g y el tratamiento al 30% con 2.43g.

TABLA N° 12 Descripción de la característica morfológica: longitud de la raíz de la planta del rabanito al 0%, 15% y 30% de concentración de biochar, Huánuco, 2020

Bandeja	0%	15%	30%
1	10,13	9,25	4,63
2	4,38	9,38	3,38
3	6,38	10,00	2,88
4	4,88	7,63	5,13
5	5,50	8,25	4,75
Promedio	6,25	8,90	4,15
Error estándar	1,02	0,42	0,43
L.I. 95% N. C.	4,24	8,07	3,30
L.S. 95% N. C.	8,26	9,73	5,00

Nota: Datos recopilados a partir de ficha de recolección de datos Morfológicos Según tratamiento; donde la tabla 12 muestra que en el tratamiento al 15% se obtuvo una mayor longitud de la raíz con un promedio de 8,90 cm en el experimento y con un error estándar de 0.42.

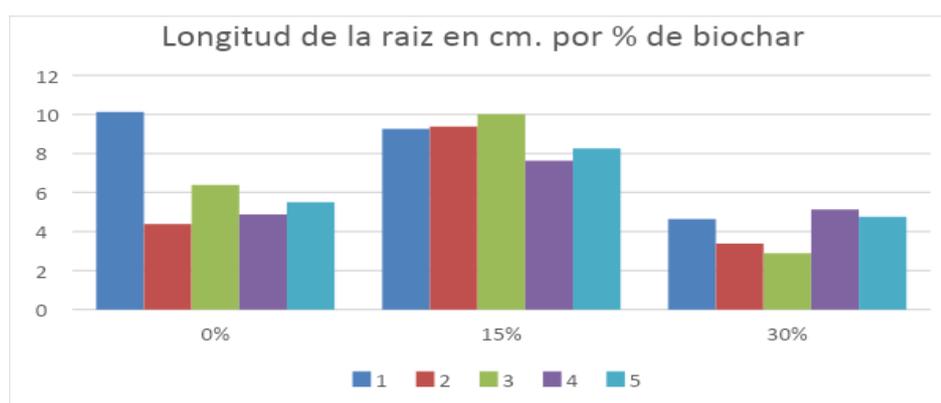


FIGURA N° 5 Descripción de la característica morfológica: longitud de la raíz de la planta del rabanito al 0%, 15% y 30% de concentración de biochar, Huánuco, 2020

En la figura de barras se observa la longitud de las raíces.

Estos obtenidos al día 45 de la evaluación del grupo control al 0%; y los tratamientos al 15% y 30% con Biochar de eucalipto; el tratamiento al 15% se

observa una mayor homogeneidad en la longitud de las raíces con un promedio de 8.90cm; seguido del testigo con 6.25cm y el tratamiento al 30% con 4.15cm.

TABLA N° 13 Características físicas y químicas del Biochar de eucalipto, Huánuco, 2020

Análisis	Indicador	Valor
En base húmeda		
	Humedad (%)	6,5
	Materia orgánica (%)	39,92
	Cenizas (%)	53,58
En base seca		
	Materia orgánica (%)	42,69
	Cenizas (%)	57,31
Porcentaje (%)		
	P2O3 (%)	2,14
	Ca (%)	15,397
	Mg (%)	5,003
	Na (%)	0,672
	K (%)	3,645
Partes por millón (ppm)		
	Cu ppm	252
	Fe ppm	7706
	Zn ppm	1224
	Mn ppm	1767

Nota: Análisis de laboratorio de la UNAS.

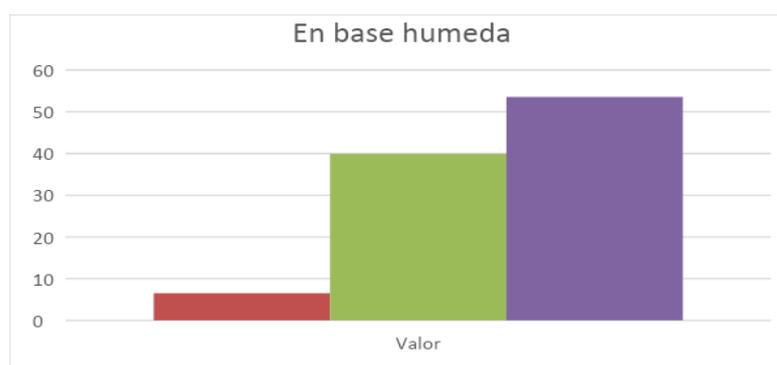


FIGURA N° 6 Características físicas y químicas del Biochar de eucalipto, Huánuco, 2020

En la figura de barras se observa el % de humedad del Biocarbón.

Siendo este de 6.5%; la materia orgánica es elevada siendo el valor de 39.2% y el % de cenizas es 53.58; en comparación al análisis de Iglesias el 2018.

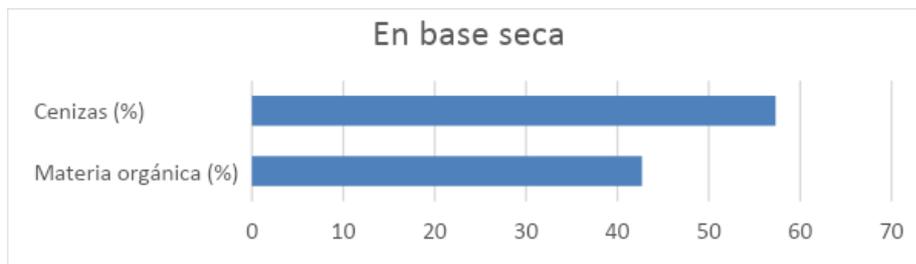


FIGURA N° 7 % de Cenizas

En la figura de barras se observa el % de Cenizas.

Siendo esta de contrastación con la tabla de 57.31% y de materia orgánica 42.59; de igual manera los resultados son mayores a lo obtenido por Iglesias 2018.

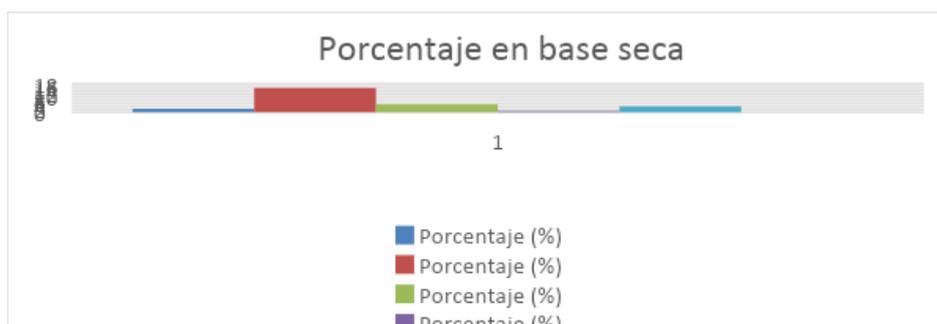


FIGURA N° 8 % de Biochar en base seca

En la gráfica de barras se observa el % de Biochar en base seca.

Para P₂O₃ fue de 2.14; el de Ca 15.39%; el de Mg, 5.003; para sodio 0.672 y potasio 3.64; todos estos parámetros mayores a los obtenidos por Iglesias (2018).

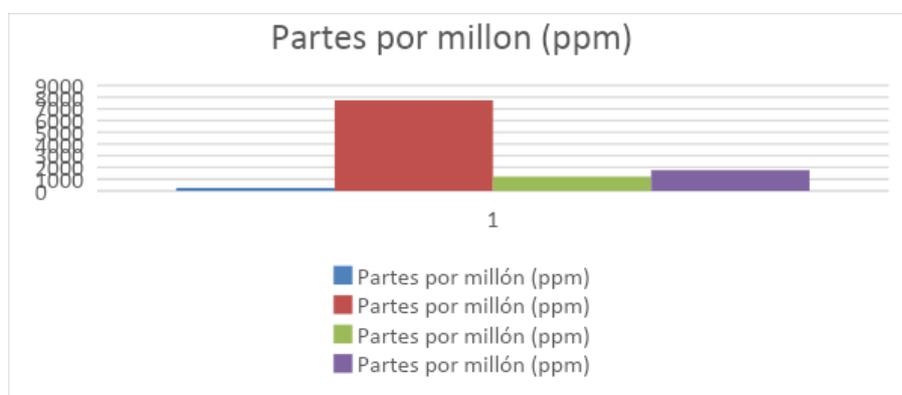


FIGURA N° 9 concentración en partes por millón de elementos esenciales del Biochar de Eucalipto

En la gráfica de barras se observa la concentración en partes por millón de elementos esenciales del Biochar de Eucalipto.

Para manganeso se obtiene un valor de 1767; para zinc 1224; para hierro 7706 y para cobre 252, todos los parámetros son elevados a comparación de los obtenidos por Iglesias (2018).

TABLA N° 14 Prueba de normalidad aplicada a para parámetros de la calidad de suelo evaluados.

N	Parámetros normales ^{a,b}		Máximas diferencias extremas			Estadístico de prueba	Sig. asintótica (bilateral)	
	Media	Desviación estándar	Absoluta	Positivo	Negativo			
I1	5	59.8000	2.28035	0.237	0.237	-0.163	0.237	,200 ^{c,d}
I2	5	22.2000	0.44721	0.473	0.473	-0.327	0.473	,200 ^c
I3	5	18.0000	2.44949	0.258	0.193	-0.258	0.258	,200 ^{c,d}
I4	5	8.8620	0.04438	0.407	0.407	-0.235	0.407	,200 ^c
I5	5	1.4020	0.15090	0.283	0.283	-0.237	0.283	,200 ^{c,d}
I6	5	0.0700	0.01000	0.241	0.241	-0.241	0.241	,200 ^{c,d}
I7	5	10.7140	0.30088	0.268	0.207	-0.268	0.268	,200 ^{c,d}
I8	5	229.1740	1.25265	0.193	0.193	-0.172	0.193	,200 ^{c,d}
I9	5	21.3880	0.49033	0.148	0.148	-0.118	0.148	,200 ^{c,d}
I10	5	17.9140	0.54620	0.218	0.190	-0.218	0.218	,200 ^{c,d}
I11	5	2.2700	0.06442	0.181	0.176	-0.181	0.181	,200 ^{c,d}
I12	5	0.4820	0.00837	0.231	0.194	-0.231	0.231	,200 ^{c,d}
I13	5	63.0000	2.00000	0.241	0.241	-0.241	0.241	,200 ^{c,d}

Nota: En la tabla 4.9 se observa 26 parámetros de la calidad del suelo que se sometieron a la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov; donde todos los parámetros muestran un nivel de significancia bilateral que cumple con la prueba de normalidad

4.2. CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

A continuación, se plantea el desarrollo de la contrastación de hipótesis, teniendo en cuenta un nivel de significancia del 5% y considerando el procedimiento estadístico de la t de Student para muestras independientes para evaluar si existe diferencia entre los grupos en estudio.

H_0 : No existe diferencia en la calidad del suelo debido a la concentración de biochar de eucalipto en los grupos de estudio, Huánuco, 2020.

H_1 : Existe diferencia en la calidad del suelo debido a la concentración de biochar de eucalipto en los grupos de estudio, Huánuco, 2020.

TABLA N° 15 Prueba de hipótesis de la t de Student para muestras independientes

Indicador	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Arena	-2,359	8	0,046	-3,20000	1,35647	-6,32802	-0,07198
Arcilla	2,646	8	0,029	1,40000	0,52915	0,17978	2,62022
Limo	1,203	8	0,263	1,80000	1,49666	-1,65131	5,25131
pH	-10,254	8	0,000	-0,43600	0,04252	-0,53405	-0,33795
M.O.	-15,174	8	0,000	-1,12000	0,07381	-1,29021	-0,94979
N	-10,983	8	0,000	-0,05600	0,00510	-0,06776	-0,04424
P	-24,392	8	0,000	-3,96600	0,16259	-4,34094	-3,59106
K disponible	-77,108	8	0,000	-95,84400	1,24298	-98,71033	-92,97767
CIC	-45,006	8	0,000	-11,64400	0,25872	-12,24062	-11,04738
Ca	-36,564	8	0,000	-9,81000	0,26829	-10,42869	-9,19131
Mg	-28,032	8	0,000	-1,25800	0,04488	-1,36149	-1,15451
K cambiante	-4,831	7	0,002	-0,33100	0,06851	-0,49301	-0,16899
Na	-14,356	8	0,000	-0,25600	0,01783	-0,29712	-0,21488

Nota: Elaboración propia. En base al p-valor obtenido en la tabla 15, teniendo en cuenta un nivel de significancia de 5% (0.05) se ha encontrado diferencias, por tener un p-valor mayor al 0.05, a excepción de un único parámetro que es el limo en el biochar; se altera la calidad del suelo en ambos tratamientos tras el efecto tanto del 15% y 30% de Biochar de eucalipto.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La investigación realizada planteó una relación de causalidad al pertenecer al nivel explicativo, en este caso concluimos aprobando la hipótesis de investigación a través del experimento, la observación y tras someter los resultados a la prueba estadística, a diferencia de los estudios relacionales formulamos una hipótesis racional basada ya en los antecedentes de estudio anteriores y con ello demostramos lo siguiente:

Con respecto a Aurora (2015), en su investigación tuvo el objetivo estudiar el uso de restos de poda, lodos de depuradora y otros biocharres preparados con estas materias primas como componentes de sustratos de cultivo sustituyendo la turba; teniendo como resultado en general que con la adición de biochar de restos de poda se puede mejorar la germinación y aumentar el crecimiento de *Lactuca sativa* con referente al uso de la turba sola. En base a la investigación que desarrolle; se presenta un flujograma, en el cual se elaboró los pasos para la obtención del biochar de eucalipto; no se consideró la elaboración del biochar de una estructura específica, sino que se elaboró el biochar de toda la estructura del eucalipto, considerando hojas, ramas, tronco etc. Se sometió a estas estructuras al proceso de elaboración artesanal de biocarbón (Ver anexo N°12), obteniéndose un biochar de muy buenas características que superan al elaborado por iglesias en el año 2018 en su investigación de aplicación el biochar realizado a partir de la biomasa residual de eucalipto para evaluar la productividad con maíz en el austro ecuatoriano, en cuanto los resultados obtenidos se demuestra que el biochar de eucalipto en una concentración del 15% mejor las características estructurales del rabanito (*Raphanus sativus*) produciendo mayor efecto en el crecimiento de este en un periodo de evaluación de 45 días.

Del mismo modo Parra (2018) realizó una investigación en Colombia cuyo objetivo fue determinar la eficiencia del biochar obtenido en base de la cascarilla de maní para la adsorción de cromo de una muestra de agua proveniente del afluente del río Salitre que entra al Humedal Jaboque, los datos más resaltantes para esta investigación fueron los parámetros

característicos del Biochar obtenido en base a la cascara de maní; siendo estos los siguientes: para una temperatura promedio de pirolisis de 600 °C se obtuvo un Biochar con propiedades químicas de humedad al 8%; contenido de cenizas al 3.9%; material volátil 41%; y carbón fijo 55.1%. para los componentes principales carbón al 85.1%; hidrogeno 2.2%; nitrógeno 1.2% y oxigeno 11.5%. Comparando con la investigación realizada tenemos: humedad de 6.5%; un nivel de ceniza del 53.58% en base húmeda y en base seca 57.31%; estos son los únicos parámetros comparables debido a que la investigación de parra, aparte de elaborar biocarbon su objetivo principal fue el de corroborar el nivel de adsorción del elemento cromo como remediador de agua residual.

Montenegro (2014), en su investigación denominada Evaluación de la Aplicación de Biochar en un cultivo de *Physalis Peruviana* L. (*uchuva*) Bogotá - 2014; tuvo como objetivo establecer el efecto del biochar incorporado al suelo, en la etapa temprana de un cultivo de *Physalis Peruviana* L. (*uchuva*); el Biochar que se utilizó en esta investigación fue la madera de pino, eucalipto, capacho y fruto de la *uchuva*; los **resultados** que se obtuvieron fue que el biochar es de naturaleza alcalina (pH 9.6). Considerando que el pirólisis superó los 750 °C no se evidenció contenido de nitrógeno total ni de carbono orgánico. Valores como el del Ca (17.6 cmol(+)/Kg) y el del B disponible (4.1 mg/Kg); en esta investigación se concluye que el Biochar tuvo efectos significativos sobre el cultivo del aguaymanto; a diferencia del humus sólido y humus líquido empleado para este experimento. Según los resultados obtenidos dentro de mi investigación las características del Biochar de eucalipto también muestran un pH alto alcalino; aunque este no fue analizado en el laboratorio; resulta fácil inferir ya que el suelo del tratamiento control empleado mejoro significativamente y paso de ser un suelo fuertemente ácido a un suelo fuertemente alcalino en los tratamientos al 15% y 30% respectivamente; algo que llama la atención dentro de la investigación es visualizar que los mejores resultados en la condición de la planta de rabanito se obtienen en un suelo con concentración de Biochar al 15%, en el periodo de evaluación que fue de 45 días.

Iglesias (2018), para obtener su grado de doctor en la universidad nacional agraria de la molina en lima realizo la investigación denominada aplicación de biochar a partir de biomasa residual de eucalipto para evaluar la productividad con maíz en el austro ecuatoriano donde obtuvo resultados muy interesantes (Ver tabla 17); siendo este el antecedente base para el desarrollo de mi investigación; dentro de la investigación de iglesias obtuvo el biochar a través de dos procedimientos uno aplicando pirolisis lenta y el otro pirolisis rápida; en el caso de la elaboración de nuestro Biochar fue por pirolisis lenta; sin embargo iglesias fabrica el biochar de diferentes partes del eucalipto siendo esta las hojas (biomasa); ramas y tronco y las analiza por separado el rendimiento de cada forma de biochar; esto difiere de la investigación que realizo ya que en ella utilice todas las estructuras en conjuntos para la elaboración de nuestro Biochar de eucalipto, en cuanto al análisis de componentes principales del suelo Iglesias muestra que las condiciones del mismo referente a los nutrientes, cambian notoriamente con los tratamientos del biochar antes del cultivo. Los tratamientos PI Cor, Pr Ram, y PI Ram son caracterizados por pH, Fe, y, N%. En tanto que PI Cor+Ram y Pr Cor+Ram los caracteriza Cu, Mn. Al tratamiento fertilizado lo caracteriza la CIC y el P. Para el tratamiento del Biochar al 15% con respecto a nuestra investigación se observa que los parámetros mejoran medianamente pues se observa un suelo fuertemente alcalino con un pH de 8,862 promedio; bajo en materia orgánica con un promedio de 1,402; bajo para nitrógeno con un promedio de 0,07 pero con un nivel intermedio para fosforo con 10,714 promedio y potasio con 229,174 promedio, según la guía de interpretación de la UNAS. Los parámetros que cumplen los estándares son los elementos intercambiables de Ca con un promedio alto de 17.914 y K con un promedio de 0,714 también alto; sin embargo, para el caso sodio es relativamente bajo con un promedio de 0.482. y para el CIC se obtiene un promedio de 21,388. Y para el tratamiento con Biochar al 30% se observa un suelo fuertemente alcalino con un pH de 9,298 promedio; un nivel intermedio en materia orgánica con un promedio de 2,522; un nivel intermedio para nitrógeno con un promedio de 0,126 pero con un nivel alto para fosforo con 14,68 promedio y potasio con 325,018 promedio, según la guía de interpretación de la UNAS. Los parámetros que cumplen los

estándares son los elementos intercambiables de Ca con un promedio alto de 27,724, Mg con un promedio de 3,528; K con un promedio de 1,046 también alto; sin embargo, para el caso sodio es relativamente bajo con un promedio de 0,738 y para el CIC se obtiene un promedio de 33,032 que es indicativo de una fertilidad alta según los parámetros propuestos por Krol; (2000).

Para Ramírez (2018), tuvo como objetivo demostrar la eficiencia del Biochar obtenido a partir de residuos orgánicos municipales para la remoción de materia orgánica en aguas residuales, donde se demostró que los parámetros mayormente favorecidos con el Biochar en el tratamiento de aguas residuales fueron el DBO y DQO, esto se diferencia de la investigación que desarrolle ya que Biochar de eucalipto al 30% mejoró con mayor efecto los parámetros alcalinidad con un pH de 9,298 promedio; un nivel alto para fósforo con 14,68 promedio y potasio con 325,018 promedio; para Ca con un promedio alto de 27,724, Mg con un promedio de 3,528; K con un promedio de 1,046 también alto y el CIC se obtiene un promedio de 33,032 que es indicativo de una fertilidad alta para suelos.

Guerra (2015), tuvo como objetivo comparar y evaluar la propiedad del biochar basándose en su constitución, características y propiedades físicas y químicas con el fin de prevenir las probables consecuencias potenciales en el rendimiento del suelo. Por lo que, para hacer el Biochar utilizó la cascarilla de cacao, hoja y peciolo de la palma aceitera, corteza externa e interna del palmito, raqui de hoja de palmito, cáscara de sachá inchi y cascarilla de arroz. Como resultado los biochars realizados a partir de la cáscara de sachá inchi y de la corteza interna de palmito dieron como resultado ser los más adecuados para la aplicación en el suelo como enmiendas, sin embargo, en este estudio no se probó el efecto de este Biochar en la calidad del suelo, tan solo se produjo el Biochar de acuerdo al nivel de pirólisis siendo esta de dos tipos; parcial y ligera; el resultado del análisis que se obtuvo indican que todas los modelos de biochar llegaron a tener mejor concentración de elementos a diferencia de las originales materias primas, aunque la cantidad de nutrientes no es lo bastante alto como para impulsar el uso directo desde el punto de vista de aporte de nutrientes. Más, no obstante, según las propiedades y

características físicas observadas: baja densidad aparente, alto contenido de materia y carbono orgánicos total, alta relación C/N, elevado pH de la solución de biochar y un rango de mediana a baja conductividad eléctrica, el biochar puede ser importante como condicionador del suelo y promover la conversión de los nutrientes para condiciones específicas del clima y suelo. Para el caso del Biochar de eucalipto analizado por mi persona se obtuvo las siguientes características: el % de humedad del biocarbon, siendo este de 6.5%; la materia orgánica es elevada siendo el valor de 39.2% y el % de cenizas es 53.58; el % de Cenizas siendo esta de contrastación con la tabla de 57.31% y de materia orgánica 42.59 el % de P₂O₃ fue de 2.14; el de Ca 15.39%; el de Mg, 5.003; para sodio 0.672 y potasio 3.64 la concentración en partes por millón de elementos esenciales, para manganeso se obtiene un valor de 1767; para zinc 1224; para hierro 7706 y para cobre 252.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio, permiten llegar a las siguientes conclusiones:

Con respecto al objetivo general:

De manera concluyente se logra demostrar que el Biochar de eucalipto tiene un efecto significativo sobre la calidad del suelo, para todos los parámetros evaluados estadísticamente con excepción del Limo según el análisis mecánico del suelo este no se ve favorecido ni afectado. Con respecto al efecto visto parámetro por parámetro y de acuerdo guía de interpretación de la UNAS y Krol; (2000), se visualiza un efecto que mejora todos los parámetros de calidad del suelo en el tratamiento del suelo donde se mezcla el Biochar al 30%. Sin embargo, se concluye que las características morfológicas del rabanito en este estudio son totalmente independientes de la mejor calidad del suelo obtenido. Se esperaba que aquel suelo con mejores parámetros de calidad obtenidos sean los que expresen las mejores características morfológicas del rabanito; esto no ocurrió así. Viéndose que las mejores características morfológicas del rabanito fueron expresadas en el suelo que llevo una concentración del 15% de Biochar; este al no ser el suelo de mayor calidad expreso las mejores características morfológicas del rabanito mostradas, donde podemos deducir que las características morfológicas del rabanito no se comportan como un bioindicador de la mejor calidad del suelo obtenida, ya que características biológicas propias del rabanitos son independientes de la mejor calidad del suelo.

Con respecto al objetivo específico 1:

Para cumplir con este objetivo se llevó a laboratorio 2 muestras de suelo; que según características observables fueron muestras pobres y de mala calidad; al someter al análisis de laboratorio efectivamente las 2 muestras determinaron ser suelos de mala calidad; se trabajó el

experimento con el suelo de menor calidad. Se concluye que el suelo tiene las siguientes características:

Para materia orgánica de 0.96 que está por debajo del rango normal, al igual que el pH que muestra un suelo moderadamente ácido y una concentración de N de 0.05 relativamente baja según la guía de interpretación de la UNAS. De igual manera el intercambio catiónico es de 7.52 indicativo de la fertilidad es baja y por último los elementos cambiables, muestran niveles bajos con excepción del calcio cuya clase es media, según los parámetros propuestos por Krol; (2000).

Se concluye que tenemos un suelo con baja fertilidad, pobre en elementos, con baja Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y ácido.

Con respecto al objetivo específico 2:

Culminada la evaluación el día 45; se mandó 5 muestras de suelo tratado con Biochar al 15% y 5 muestras del suelo tratado con Biochar al 30%, todas estas muestras obtenidas de las 10 bandejas que se sometieron al efecto del Biochar. Los parámetros en el suelo tratado con 15% de Biochar; para el *aspecto físico* se obtuvo un promedio para arena de 58.9 %; arcilla 22.2% y limo 18%, además se visualiza que el pH aumento considerablemente en un 8.862; la materia orgánica se mantiene baja con 1.402% según la guía de interpretación de la UNAS; para el *aspecto químico* se obtuvo en promedio bajo para nitrógeno con 0,07 pero con un nivel intermedio para fósforo con 10,714 promedio y potasio con 229,174 promedio; los parámetros que cumplen los estándares son los elementos intercambiables de Ca con un promedio alto de 17.914 y K con un promedio de 0,714 también alto; sin embargo, para el caso sodio es relativamente bajo con un promedio de 0.482. y para el CIC se obtiene un promedio de 21,388 que es indicativo de una mediana fertilidad del suelo según los parámetros propuestos por Krol; (2000).

Los parámetros en el suelo tratado con 30% de Biochar para el aspecto físico el parámetro arena obtuvo un promedio del 63% para

arcilla 20.8% y para limo 16.2% los parámetros mejoran en comparación al tratamiento anterior; pues se observa un suelo fuertemente alcalino con un pH de 9,298 en promedio; un nivel intermedio en materia orgánica con un promedio de 2,522; un nivel intermedio para nitrógeno con un promedio de 0,126 pero con un nivel alto para fósforo con 14,68 promedio y potasio con 325,018 promedio, según la guía de interpretación de la UNAS. Los parámetros que cumplen los estándares son los elementos intercambiables de Ca con un promedio alto de 27,724, Mg con un promedio de 3,528; K con un promedio de 1,046 también alto; sin embargo, para el caso sodio es relativamente bajo con un promedio de 0,738 y para el CIC se obtiene un promedio de 33,032 que es indicativo de una fertilidad alta según los parámetros propuestos por Krol; (2000). La información descrita para esta conclusión corresponde a la tabla 6.1.

Se concluye que Ambos tratamientos tienen efectividad en los parámetros de calidad del suelo sin embargo el tratamiento del suelo con 30% de Biochar de *Eucalyptus globulus*; tiene un mayor efecto en las características físico químicas del suelo ya que los parámetros en evaluación según la calidad de suelo analizada pasan de un promedio bajo a un promedio medio y alto según el análisis constatado.

TABLA N° 16 Resultados promedio de los parámetros de calidad de suelo según los tratamientos evaluados

Ítem	Arena	Arcilla	Limo	pH	M.O.	N	P disponible	K disponible	CIC	Ca	Mg	K cambiabile	Na
Unidad de medición	%	%	%	1;1	%	%	ppm	ppm	Cmol (+) /kg				
T0 (0%)	29	30	41	5,58	0,96%	0	5,6	76,02	7,52	6,2	0,97	0,23	0,12
T1 (15%)	59,8	22,2	18	8,862	1,402	0,07	10,714	229,174	21,388	17,914	2,27	0,715	0,482
T2 (30%)	63	20,8	16,2	9,298	2,522	0,126	14,68	325,018	33,032	27,724	3,528	1,046	0,738

Nota: En la tabla 16 se muestra que los parámetros de calidad de suelo mejoraron significativamente para el tratamiento 2; que implica el tratamiento del suelo dado con el Biochar a una concentración del 30%, según los resultados de laboratorio mostrados en el anexo 12

Con respecto al objetivo específico 3:

Se concluye que el tratamiento al 15% del suelo con Biochar de *Eucalyptus globulus* obtuvo un mejor promedio de altura de la planta siendo este 12,5 cm en el experimento y con un error estándar de 0.51 medible en el día 45 de la evaluación. De igual manera para la característica morfológicas número de hojas se concluye que el mejor promedio obtenido fue de 6.25 medido en el tratamiento al 15% del suelo con Biochar de *Eucalyptus globulus*. La característica morfológica peso de la raíz al día 45 también fue mayor en el tratamiento al 15% del suelo con Biochar de *Eucalyptus globulus* siendo este de 10.38g promedio y por último la longitud de la raíz fue de 9.73 cm promedio de igual manera en un suelo tratado con Biochar al 15% de concentración.

Con respecto al objetivo específico 4:

Para el análisis de las características físicas y químicas del Biochar; los resultados muestran dos tipos de análisis: en base húmeda y en base seca. Para la parte física; se concluye que el análisis en base húmeda de la materia orgánica fue de 39.92%; es un nivel esperado, pero relativamente más alto que el análisis de Biochar de eucalipto realizado por iglesias (2018) a través de la pirolisis lenta. Otros parámetros de mayor relevancia son la ceniza con un 57.31% a diferencia de iglesias este parámetro es mucho mayor de lo esperado; para el anhídrido fosfórico también los niveles son altos siendo este de 2.141 %. Para el análisis químico resultante en base seca, los elementos en ppm se obtiene un alto nivel para cobre, hierro, zinc y manganeso, demostrando con ello que la elaboración de Biochar de eucalipto para este estudio tiene mejores características que el realizado por Iglesias (2018)

RECOMENDACIONES

Se recomienda para próximas investigaciones con Biochar de eucalipto someter a evaluación por más días; debido a que en esta investigación solo se evaluó la calidad del suelo en un periodo de 45 días, se sugiere hacerlo en 90 días y 120 días y verificar si el efecto en la calidad se mantiene; aumenta o simplemente disminuye conforme pasa el tiempo.

Se recomienda hacer Biochar con residuos de malezas; estas al no ser de mucha importancia y considerarse como especies invasoras serían una buena opción para la elaboración de Biochar; medir el efecto que pueda tener en la calidad del suelo sería una investigación muy interesante en la ciudad de Huánuco.

Si se desea hacer investigaciones similares, sería recomendable agregar plantas bioindicadoras y junto con ello evaluar la calidad de suelo que puede proporcionar el Biochar a una planta; para esta investigación no se logró demostrar que la calidad del suelo mejore las características morfológicas del rabanito; esto posiblemente a factores biológicos de la misma del rabanito; para otras investigaciones se sembraría otras especies que nos ayuden a determinar de manera más eficaz si esas características del suelo obtenidas por el efecto del Biochar son de gran utilidad en la agricultura.

Se recomendaría también analizar el Biochar de manera separada es decir verificar que características de Biochar nos aportan las hojas de eucalipto; las ramas; el tronco y así hacer un análisis más exhaustivo y verificar cuanto se mejora la calidad del suelo según la parte estructural del eucalipto.

Y por último recomendaría hacer un estudio donde se determine la eficacia de diferentes sustratos para Biochar en la calidad del suelo, y también de proponer alguna tecnología que permita el rápido procesamiento para la obtención del Biochar de cualquiera que sea la especie a elaborar.

BIBLIOGRAFIA

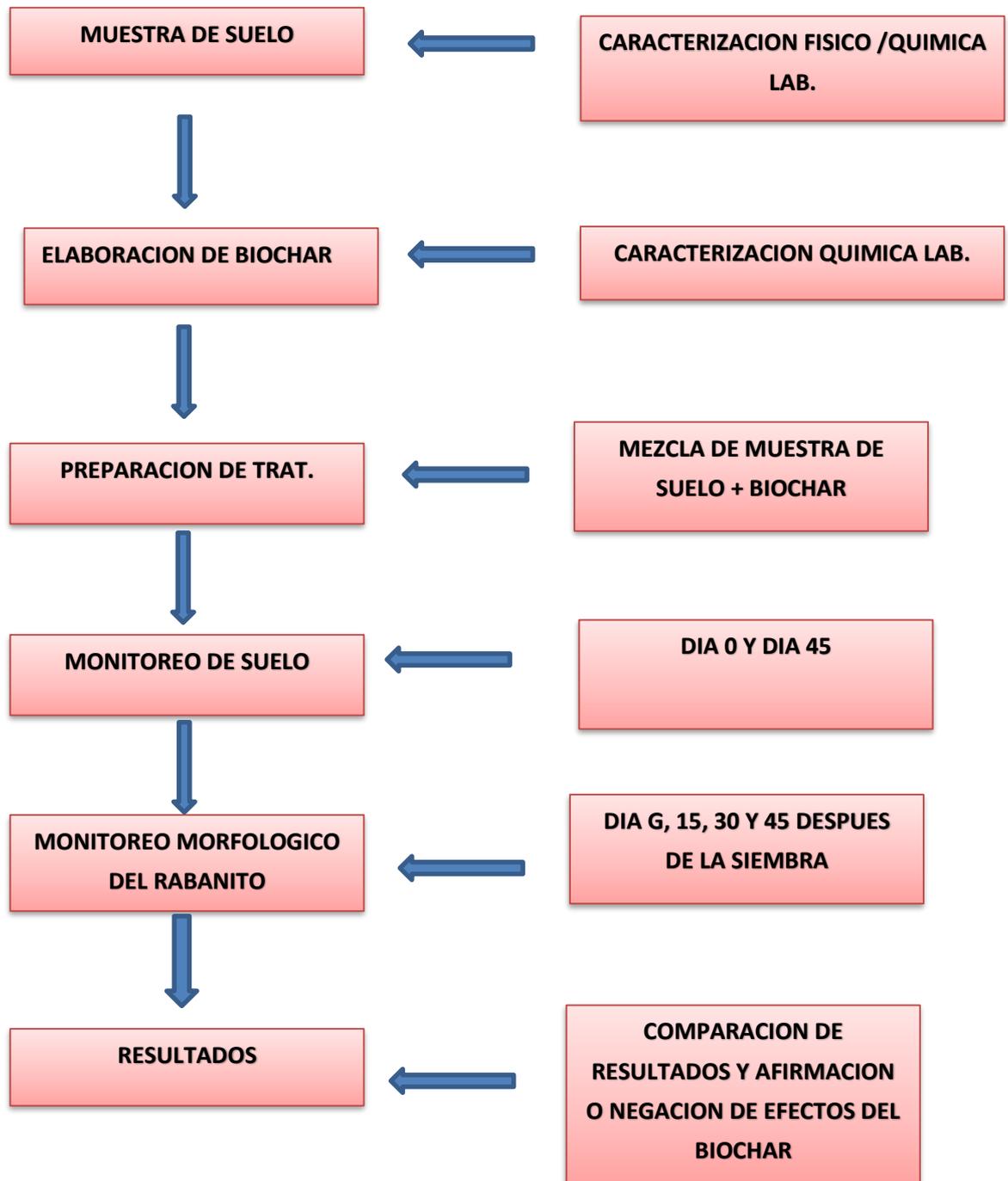
- Abdelmigid, Hm; Morsi, Mm. 2017. Cytotoxic and molecular impacts of allelopathic effects of leaf residues of *Eucalyptus globulus* on soybean (*Glycine max*). Journal of Genetic Engineering and Biotechnology 2017: 4-9.
- Acosta, 2002. Mineralización del Carbono, Actividad Enzimática y Biomasa Microbiana de un Suelo de la Región Semiárida de Venezuela Enmendado con Residuos Orgánicos. Tesis Doctoral. IVIC. Venezuela.
- Alabouvette, C; Backhouse, D; Steinberg, C; Donovan, Nj; Edel-Hermann, V; Burgess, Lw. 2004. Microbial Diversity in Soil – Effects on Crop Health. In Schjøning, P; Elmholt, S; Christensen, BT. eds. 2004. Managing Soil Quality: Challenges in Modern Agriculture. CABI International. 212-138 p.
- Arellano, L; Castillo-Guevara, C. 2014. Efecto de los incendios forestales no controlados en el ensamble de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un bosque templado del centro de México. Revista Mexicana de Biodiversidad 85(3): 854-865.
- ASTM (American Society for Testing and Material, US). D1512-05 (Standard Test Methods for Carbon Black-pH Value).
- Atiyeh, Rm; Edwards, Ca; Subler, S; Metzger, Jd. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. Bioresource Technology 78:11-20.
- Ayuso, M., Pascual, J., García, C., Hernández, T.1996. Evaluation of urban wastes for agricultural use. Soil.Sci. Plant. Nutric. 42: 105-111.
- Benzing, A. 2001. Agricultura orgánica - fundamentos para la Región Andina. Neckar-Verlag. Villingen-Schwenningen . 682 P.

- Binner E., Zach A., Lechner P. 1999. Test Methods Describing the Biological Reactivity of Pretreated Residual Wastes. 7th International Landfill Symposium, Vol. I, Cagliari, Sardinia, Italy.
- Binner E., Zach A., Lechner, P. 1999. Laboratory Tests Describing the Biological Reactivity of Pretreated Residual Wastes. Universität für Bodenkultur, Department Of Waste Management.
- Carmona, R., Cecilia, A. 2006. Actividad Respiratoria en el Horizonte Orgánico de Suelos de Ecosistemas Forestales del Centro y Sur De Chile. Universidad de Chile. Instituto de Ecología y Biodiversidad. Santiago de Chile.
- Aa; Sikora, Lj; Teasdale, Jr. 2007. Effects of cover crops, compost, and manure amendments on soil microbial community structure in tomato production systems. *applied soil ecology* 37:247-255.
- Demir, K; Sahin, O; Kadioglu, Yk; Pilbeam, Dj; Gunes, A. 2010. Essential and non-essential element composition of tomato plants fertilized with poultry manure. *Scientia Horticulturae* 127(1):16-22p.
- Emino, E., Warman ,P. 2004. Biological Assay for Compost Quality. *Compost Scence & Utilization*, , Vol 12, No. 4,342-348.
- Escalante, A; Pérez, G; Hidalgo, C; López, J; Campo, J; Valtierra, E; Etchevers, J. 2016. Biocarbón (Biochar) I Naturaleza, fabricación y uso en el suelo. *Red de revistas científicas de América Latina* 34(3): 367-382. 109
- Gilces Reyna, Ma. 2014. Efectos de la aplicación de biochar y cenizas en las propiedades del suelo. Tesis de Master. Universidad de Valladolid. España. 120 p.
- IBI (International Biochar Initiative). 2013. Standardized Product Definition and Product Testing Guidelines for Biochar That Is Used in Soil. Consultado el 03 de Marzo del 2014.

- Iglesias, S. 2014. Factores que inciden en el rendimiento del *Eucalyptus globulus* y valoración ambiental en la subcuenca del río Burgay, provincia del Cañar. Tesis de Maestría 111
- Lehmann, J. 2009. Terra Preta de Indio. *Encyclopedia of Soil Science* 1(1):1-4.
- Liang, B; Lehmann, J; Solomon, D; Kinyangi, J; Grossman, J; O'Neill, B; Skjemstad, Jo; Thies, J; Luizão, Fj; Petersen, J; Neves, Eg. 2006. Black Carbon Increases Cation Exchange Capacity in Soils. *Soil Science Society of America Journal* 70(5):1719.
- Martinez, Ai; Hdz-García, Hm; Cruz, La; Hernandez-Valdes, A. 2006. Effects of hematite and ferrihydrite nanoparticles on germination and growth of maize seedlings. *Saudi Journal of Biological Sciences* 2016: 1547-1554.
- Saadi, I; Laor, Y; Medina, S; Krassnovsky, A; Raviv, M. 2010. Compost suppressiveness against *Fusarium oxysporum* was not reduced after one-year storage under various moisture and temperature conditions. *Soil Biology and Biochemistry* 42(4):626-634.
- Taylor, P (ed.). *The Biochar Revolution: Transforming Agriculture & Environment*. Global Publishing Group. Australia. 113p.
- Vallad, Ge; Cooperband, Lr; Rotenberg, D; Darby, Hm; James, Rv; Stevenson, Wr; Goodman, Rm. 2003. Effect of Organic Amendments on Soilborne and Foliar Diseases in Field-Grown Snap Bean and Cucumber. *Plant Disease* 87(9):1037-1042.
- Van Bruggen, A. 1995. Plant disease severity in high-input compared to reduced-input and organic farming systems. *Plant disease* 79(10):976-984p.
- Varnero M., Rojas, A., Orellana R., 2007. Índices De Fitotoxicidad En Residuos Orgánicos durante El Compostaje. Chile: Universidad de Chile.

ANEXOS

Anexo 1. Flujograma de la investigación



Anexo 2. Parámetros indicadores de calidad de suelo

Tabla 1

Clasificación del suelo según pH

pH	Carácter
<4,5	Extremadamente Acido
4,5-5,0	Muy Fuertemente Acido
5,0-5,5	Fuertemente Acido
5,5-6,0	Medianamente Acido
6,0-6,5	Ligeramente Acido
6,5-7,3	Neutro
7,3-7,8	Medianamente Básico
7,8-8,4	Básico
8,4-9,0	Ligeramente Alcalino
9,0-10,0	Alcalino
>10,0	Fuertemente Alcalino

Nota: U.S.D.A., 1996.

Tabla 2

Clasificación del suelo según (MO)

Materia orgánica	Clase
<0,9	Muy Bajo
1,0-1,9	Bajo
2,0-2,5	Normal
2,6-3,5	Alto
>3,6	Muy Alto

Nota: Rioja (2007), citado por López y Zamora (2016)

Tabla 3

Clasificación del suelo según capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Textura de suelo	CIC (meq/100g suelo)
Arenas (color claro)	3-5
Arenas (color oscuro)	10-20
Francos	10-15
Franco limoso	15-25
Arcilla y Franco arcilloso	20-50
Suelos orgánicos	50-100

Nota: KROL. (2000),

Tabla 4**Clasificación de la fertilidad de suelos de acuerdo a la CIC (cmol(+)/kg).**

Clase	CIC (cmol(+)/kg)
Muy alta	>40
Alta	25-40
Media	15-25
Baja	5-15
Muy baja	>5

Nota: KROL. (2000),

Tabla 5**Clasificación de la fertilidad de suelos de acuerdo a la CIC (meq/100g).**

CIC (meq/100g)	Clases
<6	Muy bajo
6-12	Bajo
12-25	Medio
25-40	Alto
>40	Muy alto

Nota: KROL. (2000),

Tabla 6**Clasificación de los niveles de calcio, magnesio y potasio en (cmol(+)/kg-1) y kg/ha.**

Cmol(+)/kg-1				
CLASE	Ca	Mg	K	K kg/ha
Muy baja	<2	<0.5	<0.2	
Baja	2-5	0.5-1.3	0.2-0.3	Menos de 300
Media	5-10	1.3-3.0	0.3-0.6	300-600
Alta	>10	>3.0	>0.6b	Más de 600

Nota: KROL. (2000),

Tabla 7**Clasificación de los niveles de calcio (me/100g).**

Clase	Calcio (me/100g)
0-3,5	Muy bajo
3,5-10	Bajo
10-14	Normal
14-20	Alto
>20	Muy alto

Nota: KROL. (2000),

Tabla 8

Clasificación de los niveles de potasio (meq/100g).

Potasio meq/100g	Clase
0,00-0,30	Muy bajo
0,30-0,60	Bajo
0,60-0,90	Normal
0,90-1,50	Alto
1,50-2,40	Muy alto

Nota: KROL. (2000),

Tabla 9

Clasificación de los niveles de magnesio (meq/100g).

Magnesio meq/100gr	Clases
0,0-0,6	Muy bajo
0,6-1,5	Bajo
1,5-2,5	Normal
2,5-4,0	Alto
>4,0	Muy alto

Nota: KROL. (2000),

Tabla 10

Clasificación de los niveles de nitrógeno

Niveles relativos	N Total (%)
Muy bajo	<0,05
Bajo	0,05-0,10
Normal	0,10-0,20
Alto	0,20-0,30
Muy alto	>0.30

Nota: MARAÑES, 1998

Tabla 11

Clasificación de los niveles de fósforo

Fósforo asimilable ppm	Clases
0-6	Muy bajo
6-12	Bajo
12-18	Normal
18-30	Alto

>30

Muy alto

Nota: MARAÑES, 1998

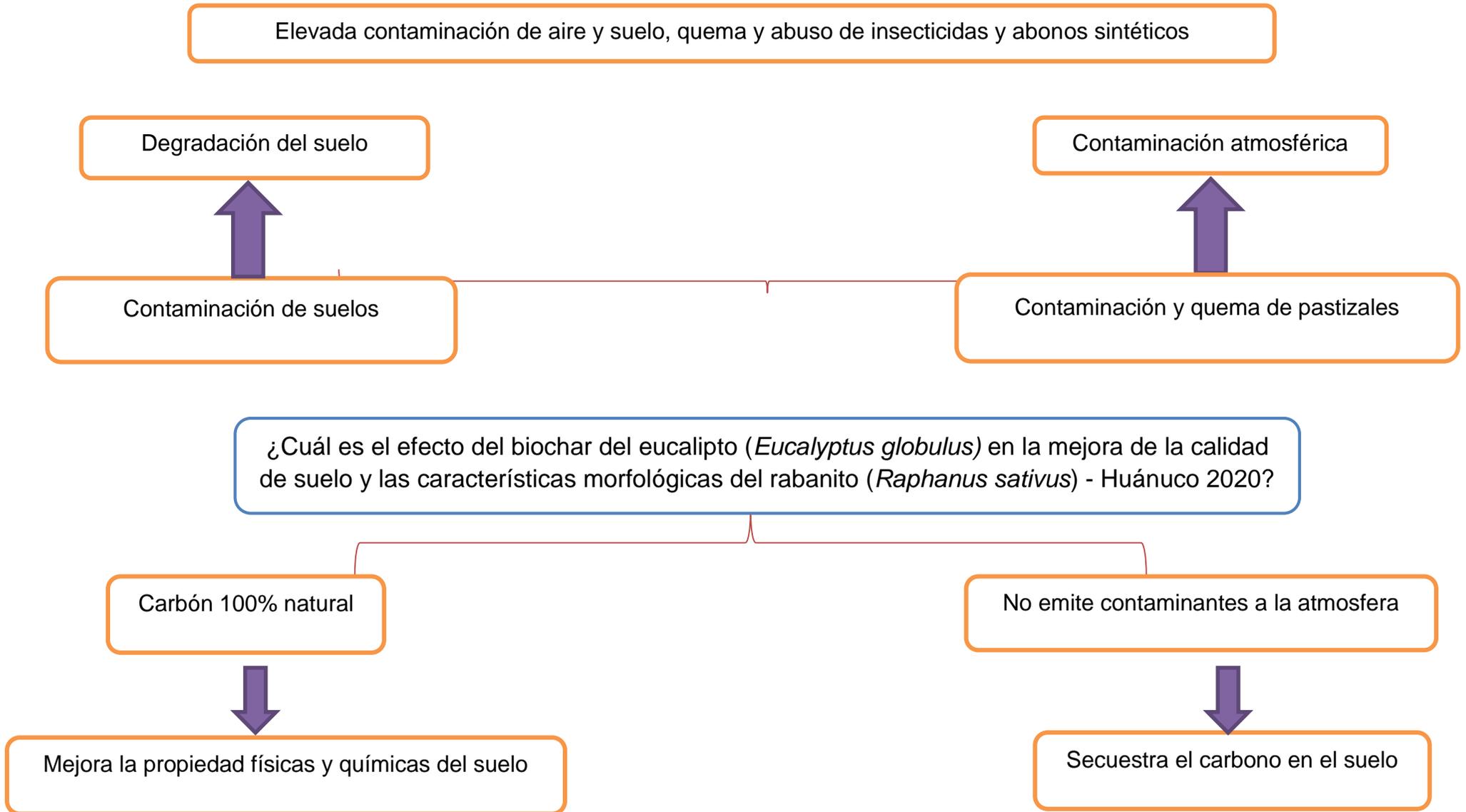
Tabla 12

Caracterización de la biomasa y Biochar de eucalipto.

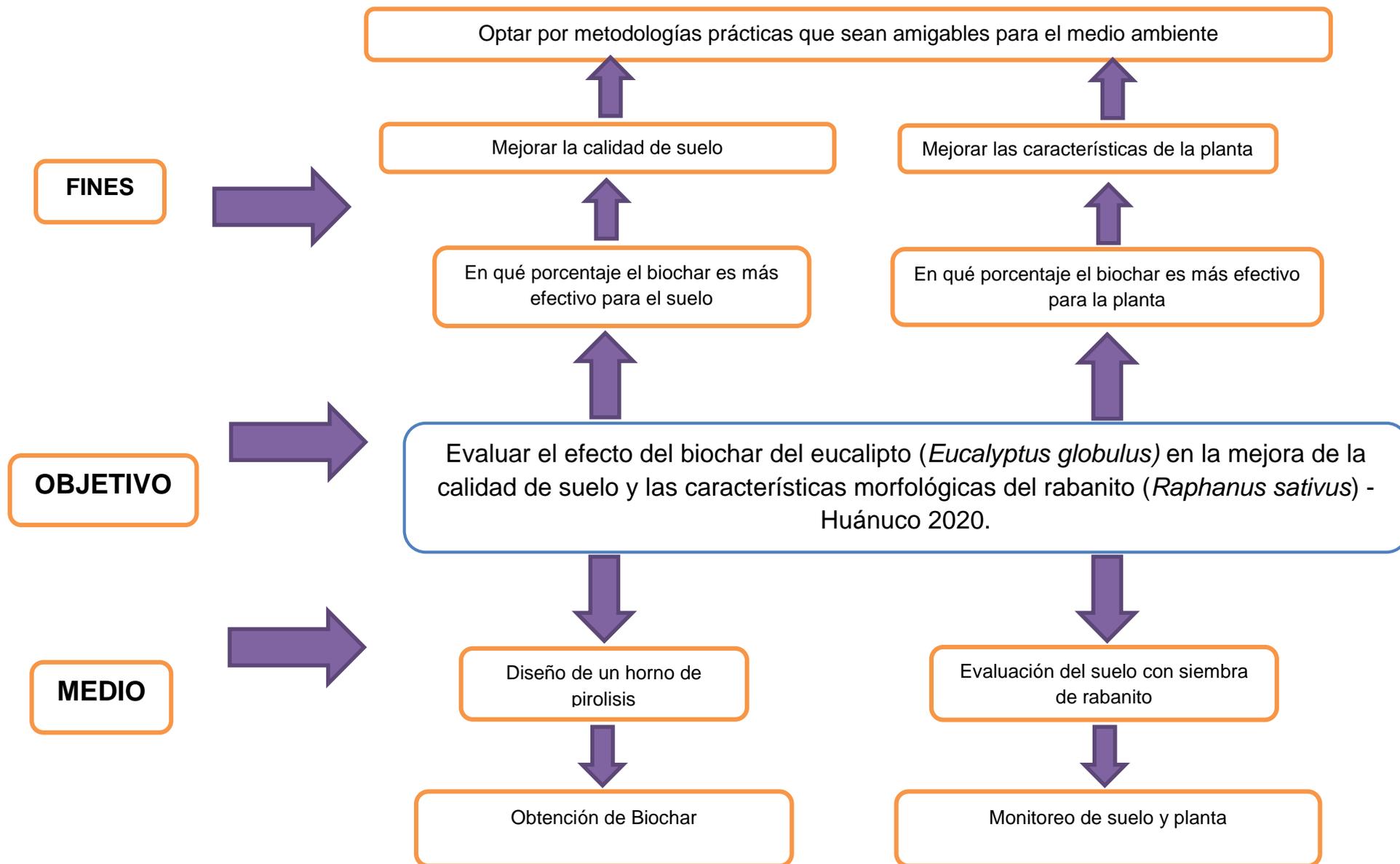
DETERMINACIONES	BIOMASA	BIOMASA	BIOCH. PIR. RAPIDA		BIOCH. PIR. LENTA	
	CORTEZA EUCALIP.	RAMAS EUCALIP.	CORTEZA	RAMAS	CORTEZA	RAMAS
pH	4,61	5,2 4	7,91	11,09	10,36	9,91
C.E. (dS/m)	0,61	0,5 9	5,03	6,09	15,5	3,42
M.O. (%)	95,3	95, 43	23,75	14,12	25,35	7,51
N (%)	0,64	0,5 7	0,84	0,45	0,59	0,31
P ₂ O ₅ (%)	0,05	0,0 6	0,5	0,52	0,54	0,24
K ₂ O (%)	0,08	0,2	1,75	1,84	1,94	0,64
CaO (%)	1,97	1,6 5	8,65	9,77	11,62	2,53
MgO (%)	0,2	0,2 8	1,3	1,04	1,44	0,38
Hd (%)	7,44	11, 14	8,88	5,07	7	7,02
Na (%)	0,05	0,0 6	0,17	0,15	0,14	0,11
Cenizas (%)	2,95	2,6 5	17	18,43	23,18	5,33
S (%)	0,04	0	0,11	0,1	0,22	0,11
Fe (ppm)	349	323	8803	2640	3788	692
Cu (ppm)	9	6	18	23	19	9
Zn (ppm)	16	10	431	553	856	45
Mn (ppm)	675	144	858	1146	903	312
B (ppm)	11	12	64	63	60	38
CIC (meq/100 g)	40	42, 8	33,6	22,8	15,2	12
Carbono Tot. (%)	56,2	56, 51	48,14	47,31	44,56	54,91

Nota: Laboratorio de Análisis de suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes (LASPAF). Datos obtenidos por Iglesias (2018).

Anexo 3. Árbol de Causa y Efecto



Anexo 4. Árbol de medios y fines



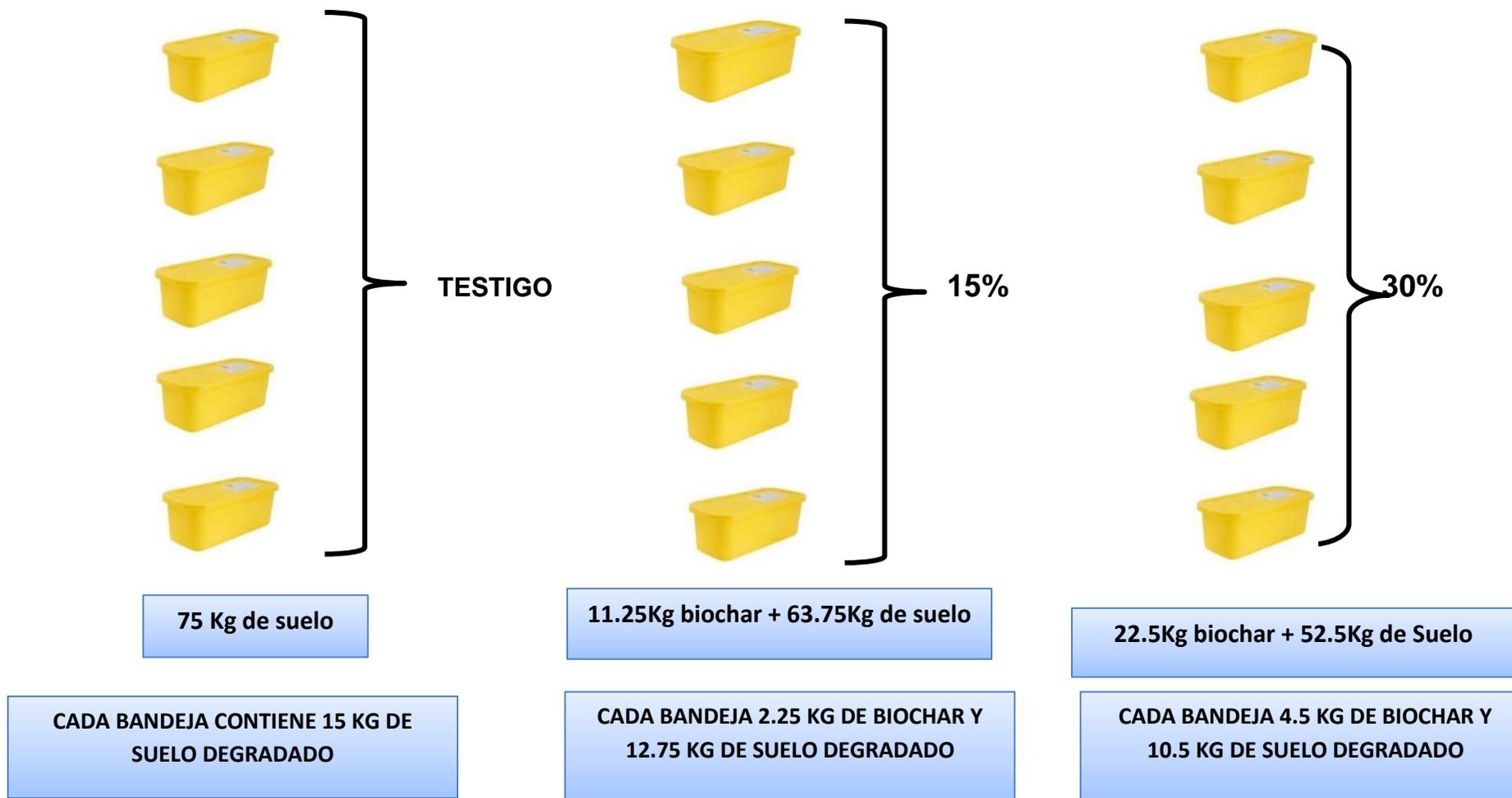
Anexo 5. Tablas De Indicadores Físicos De Suelo

CLASIFICACIÓN USDA DE LOS SUELOS SEGÚN SU TEXTURA					
Textura	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural	
Textura gruesa	86-100	0-14	0-10	Arenoso	Suelo arenoso
	70-86	0-30	0-15	Arenoso franco	
Textura moderadamente gruesa	50-70				
		0-50	0-20	Franco arenoso	
Textura media	23-52	28-50	70- 27	Franco	Suelos francos
	20-50	74-88	0-27	Franco limoso	
	0-20	88-100	0-12	Limoso	
Textura moderadamente fina	20-45	15-52	27-40	Franco arcilloso	Suelos francos
	45-80	0-28	20-35	Franco arenoso arcilloso	
	0-20	40-73	27-40	Franco limoso arcilloso	
Textura Fina	45-65	0-20	35-55	Arcilloso arenoso	Suelos arcillosos
	0-20	40-60	40-60	Arcilloso limoso	
	0-45	0-40	40-100	Arcilloso	

Anexo 6. Rotulo De Las Muestras De Suelo

	ETIQUETA PARA MUESTRA DE SUELO		
	UNIVERSIDAD DE HUANUCO AMBIENTAL	INGENIERIA	
Código de Muestra: Fecha: 25/08/2020 Hora: 8:00am			
Muestra N°01		Numero de Sub Muestras: N°02	
Lugar de Muestreo: ACOMAYO/CHINCHAO/HUÁNUCO			
Muestreo para: MO: F: Q: F-Q:			
Responsable: LUZ THALIA SOLISOR ATAVILLOS			
Solicitante: LUZ THALIA SOLISOR ATAVIILLOS		Teléfono: 921364844	
Dirección:			

Anexo 7. Diseño de investigación



Anexo 8. Ficha de recolección de datos Morfológicos de *Raphanus sativus* según tratamiento DIA 15

BANDEJA N° 01			BANDEJA N° 02			BANDEJA N° 03			BANDEJA N° 04			BANDEJA N° 05		
Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas
P1	2 cm	3	P1	3 cm	3	P1	3 cm	4	P1	2 cm	2	P1	1 cm	2
P2	1 cm	2	P2	3 cm	4	P2	3 cm	4	P2	2 cm	2	P2	1 cm	2
P3	1 cm	4	P3	2 cm	2	P3	3 cm	4	P3	1 cm	4	P3	2 cm	3
P4	3 cm	4	P4	2 cm	3	P4	2 cm	2	P4	4 cm	3	P4	1 cm	2
P5	4 cm	4	P5	1 cm	2	P5	5 cm	3	P5	3 cm	2	P5	3 cm	4
P6	2 cm	3	P6	3 cm	2	P6	4 cm	2	P6	2 cm	3	P6	3 cm	4
P7	3 cm	4	P7	1 cm	4	P7	3 cm	4	P7	2 cm	2	P7	3 cm	3
P8	1 cm	2	P8	3 cm	2	P8	3 cm	4	P8	2 cm	2	P8	1 cm	2
TRATAMIENTO N°00			TRATAMIENTO N°00			TRATAMIENTO N°00			TRATAMIENTO N°00			TRATAMIENTO N°00		

BANDEJA N° 01			BANDEJA N° 02			BANDEJA N° 03			BANDEJA N° 04			BANDEJA N° 05		
Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas
P1	3 cm	4	P1	3 cm	4	P1	3 cm	2	P1	5 cm	4	P1	6 cm	4
P2	4 cm	4	P2	3 cm	4	P2	3 cm	2	P2	4 cm	3	P2	1 cm	2
P3	4 cm	5	P3	3 cm	4	P3	3 cm	3	P3	2 cm	3	P3	3 cm	4
P4	5 cm	4	P4	2 cm	3	P4	3 cm	3	P4	4 cm	3	P4	6 cm	3
P5	4 cm	3	P5	4 cm	4	P5	3 cm	2	P5	4 cm	3	P5	6 cm	4
P6	4 cm	3	P6	3 cm	3	P6	3 cm	2	P6	3 cm	4	P6	3 cm	4
P7	3 cm	5	P7	4 cm	5	P7	3 cm	3	P7	6 cm	4	P7	3 cm	4
P8	3 cm	4	P8	3 cm	3	P8	3 cm	4	P8	4 cm	4	P8	6 cm	4
TRATAMIENTO N°01 15% DE BIOCHAR			TRATAMIENTO N°01 15% DE BIOCHAR			TRATAMIENTO N°01 15% DE BIOCHAR			TRATAMIENTO N°01 15% DE BIOCHAR			TRATAMIENTO N°01 15% DE BIOCHAR		

BANDEJA N° 01			BANDEJA N° 02			BANDEJA N° 03			BANDEJA N° 04			BANDEJA N° 05		
Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas
P1	1 cm	2												
P2	1 cm	2												
P3	1 cm	2												
P4	1 cm	2												
P5	1 cm	2												
P6	1 cm	2												
P7	1 cm	2												
P8	1 cm	2												
TRATAMIENTO N°02 30% DE BIOCHAR			TRATAMIENTO N°02 30% DE BIOCHAR			TRATAMIENTO N°02 30% DE BIOCHAR			TRATAMIENTO N°02 30% DE BIOCHAR			TRATAMIENTO N°02 30% DE BIOCHAR		

Figura 10. Datos recolectados de la ficha de observación para altura de planta y numero de hojas para el grupo control y sus 2 tratamientos al 15% y 30% en el día 15.

Anexo 9. Ficha de recolección de datos Morfológicos de *Raphanus sativus*, según tratamiento DIA 30

BANDEJA N° 01			BANDEJA N° 02			BANDEJA N° 03			BANDEJA N° 04			BANDEJA N° 05		
Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas
P1	2 cm	3	P1	3 cm	3	P1	3 cm	4	P1	2 cm	2	P1	1 cm	2
P2	1 cm	2	P2	3 cm	4	P2	3 cm	4	P2	2 cm	2	P2	1 cm	2
P3	1 cm	4	P3	2 cm	2	P3	3 cm	4	P3	1 cm	4	P3	2 cm	3
P4	3 cm	4	P4	2 cm	3	P4	2 cm	2	P4	4 cm	3	P4	1 cm	2
P5	4 cm	4	P5	1 cm	2	P5	5 cm	3	P5	3 cm	2	P5	3 cm	4
P6	2 cm	3	P6	3 cm	2	P6	4 cm	2	P6	2 cm	3	P6	3 cm	4
P7	3 cm	4	P7	1 cm	4	P7	3 cm	4	P7	2 cm	2	P7	3 cm	3
P8	1 cm	2	P8	3 cm	2	P8	3 cm	4	P8	2 cm	2	P8	1 cm	2
TRATAMIENTO N°00			TRATAMIENTO N°00			TRATAMIENTO N°00			TRATAMIENTO N°00			TRATAMIENTO N°00		

BANDEJA N° 01			BANDEJA N° 02			BANDEJA N° 03			BANDEJA N° 04			BANDEJA N° 05		
Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas
P1	3 cm	4	P1	3 cm	4	P1	3 cm	2	P1	5 cm	4	P1	6 cm	4
P2	4 cm	4	P2	3 cm	4	P2	3 cm	2	P2	4 cm	3	P2	1 cm	2
P3	4 cm	5	P3	3 cm	4	P3	3 cm	3	P3	2 cm	3	P3	3 cm	4
P4	5 cm	4	P4	2 cm	3	P4	3 cm	3	P4	4 cm	3	P4	6 cm	3
P5	4 cm	3	P5	4 cm	4	P5	3 cm	2	P5	4 cm	3	P5	6 cm	4
P6	4 cm	3	P6	3 cm	3	P6	3 cm	2	P6	3 cm	4	P6	3 cm	4
P7	3 cm	5	P7	4 cm	5	P7	3 cm	3	P7	6 cm	4	P7	3 cm	4
P8	3 cm	4	P8	3 cm	3	P8	3 cm	4	P8	4 cm	4	P8	6 cm	4
TRATAMIENTO N°01 15% DE BIOCHAR			TRATAMIENTO N°01 15% DE BIOCHAR			TRATAMIENTO N°01 15% DE BIOCHAR			TRATAMIENTO N°01 15% DE BIOCHAR			TRATAMIENTO N°01 15% DE BIOCHAR		

BANDEJA N° 01			BANDEJA N° 02			BANDEJA N° 03			BANDEJA N° 04			BANDEJA N° 05		
Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas	Día: 15	Altura de la planta	# de Hojas
P1	1 cm	2												
P2	1 cm	2												
P3	1 cm	2												
P4	1 cm	2												
P5	1 cm	2												
P6	1 cm	2												
P7	1 cm	2												
P8	1 cm	2												
TRATAMIENTO N°02 30% DE BIOCHAR			TRATAMIENTO N°02 30% DE BIOCHAR			TRATAMIENTO N°02 30% DE BIOCHAR			TRATAMIENTO N°02 30% DE BIOCHAR			TRATAMIENTO N°02 30% DE BIOCHAR		

Figura 11. Datos recolectados de la ficha de observación para altura de planta y numero de hojas para el grupo control y sus 2 tratamientos al 15% y 30% en el día 30.

Anexo 10. Ficha de recolección de datos Morfológicos de *Raphanus sativus* según tratamiento DIA 45.

BANDEJA N° 01						BANDEJA N° 02						BANDEJA N° 03						BANDEJA N° 04						BANDEJA N° 05					
Día: 45	Altura de la planta	# Hojas	de	Peso de raíz	Longitud de la raíz	Día: 45	Altura de la planta	# Hojas	de	Peso de raíz	Longitud de la raíz	Día: 45	Altura de la planta	# Hojas	de	Peso de raíz	Longitud de la raíz	Día: 45	Altura de la planta	# Hojas	de	Peso de raíz	Longitud de la raíz	Día: 45	Altura de la planta	# Hojas	de	Peso de raíz	Longitud de la raíz
P1	11 cm	7		11 gr	10 cm	P1	11 cm	5		2 gr	3 cm	P1	22 cm	8		9 gr	9 cm	P1	4 cm	5		1 gr	3 cm	P1	20 cm	6		1 gr	10 cm
P2	13 cm	7		16 gr	10 cm	P2	10 cm	6		5 gr	3 cm	P2	17 cm	7		4 gr	7 cm	P2	5 cm	6		1 gr	4 cm	P2	22 cm	6		2 gr	6 cm
P3	13 cm	7		17 gr	9 cm	P3	9 cm	4		2 gr	7 cm	P3	8 cm	5		1 gr	5 cm	P3	7 cm	5		0.5 gr	8 cm	P3	14 cm	5		1 gr	5 cm
P4	12 cm	6		10 gr	9 cm	P4	4 cm	7		1 gr	1 cm	P4	11 cm	3		1 gr	5 cm	P4	8 cm	4		1 gr	3 cm	P5	7 cm	7		2 gr	5 cm
P5	15 cm	7		13 gr	11 cm	P5	4 cm	6		3 gr	5 cm	P5	16 cm	7		3 gr	5 cm	P5	5 cm	4		2 gr	7 cm	P5	10 cm	6		2 gr	5 cm
P6	13 cm	9		11 gr	10 cm	P6	10 cm	5		4 gr	6 cm	P6	10 cm	8		1 gr	8 cm	P6	5 cm	3		1 gr	5 cm	P6	16 cm	7		3 gr	5 cm
P7	16 cm	6		17 gr	10 cm	P7	11 cm	7		4 gr	5 cm	P7	14 cm	6		7 gr	5 cm	P7	6 cm	5		2 gr	5 cm	P7	4 cm	5		1 gr	3 cm
P8	23 cm	7		21 gr	12 cm	P8	8 cm	6		3 gr	5 cm	P8	11 cm	8		1 gr	7 cm	P8	4 cm	4		1 gr	4 cm	P8	17 cm	7		1 gr	5 cm
TRATAMIENTO N°00						TRATAMIENTO N°00						TRATAMIENTO N°00						TRATAMIENTO N°00						TRATAMIENTO N°00					

BANDEJA N° 01						BANDEJA N° 02						BANDEJA N° 03						BANDEJA N° 04						BANDEJA N° 05					
Día: 45	Altura de la planta	# Hojas	de	Peso de raíz	Longitud de la raíz	Día: 45	Altura de la planta	# Hojas	de	Peso de raíz	Longitud de la raíz	Día: 45	Altura de la planta	# Hojas	de	Peso de raíz	Longitud de la raíz	Día: 45	Altura de la planta	# Hojas	de	Peso de raíz	Longitud de la raíz	Día: 45	Altura de la planta	# Hojas	de	Peso de raíz	Longitud de la raíz
P1	15 cm	7		20 gr	15 cm	P1	12 cm	6		8 gr	7 cm	P1	9 cm	7		9 gr	10 cm	P1	12 cm	6		12 gr	11 cm	P1	13 cm	6		11 gr	12 cm
P2	8 cm	4		2 gr	9 cm	P2	14 cm	6		15 gr	13 cm	P2	11 cm	7		13 gr	10 cm	P2	10 cm	5		8 gr	7 cm	P2	12 cm	6		2 gr	5 cm
P3	9 cm	6		12 gr	11 cm	P3	9 cm	5		2 gr	5 cm	P3	15 cm	6		19 gr	18 cm	P3	11 cm	5		3 gr	9 cm	P3	13 cm	6		7 gr	5 cm
P4	6 cm	5		1 gr	5 cm	P4	8 cm	5		3 gr	10 cm	P4	11 cm	6		15 gr	9 cm	P4	10 cm	6		2 gr	5 cm	P4	15 cm	7		4 gr	8 cm
P5	14 cm	9		11 gr	9 cm	P5	15 cm	8		13 gr	15 cm	P5	13 cm	6		8 gr	9 cm	P5	13 cm	5		5 gr	5 cm	P5	16 cm	6		6 gr	11 cm
P6	11 cm	7		10 gr	11 cm	P6	12 cm	5		11 gr	9 cm	P6	11 cm	6		11 gr	8 cm	P6	9 cm	6		3 gr	4 cm	P6	15 cm	9		8 gr	10 cm
P7	12 cm	7		1 gr	4 cm	P7	15 cm	6		14 gr	11 cm	P7	14 cm	6		11 gr	8 cm	P7	17 cm	6		15 gr	10 cm	P7	13 cm	6		5 gr	7 cm
P8	12 cm	7		8 gr	10 cm	P8	9 cm	7		2 gr	5 cm	P8	13 cm	6		9 gr	8 cm	P8	14 cm	7		17 gr	10 cm	P8	15 cm	8		5 gr	8 cm
TRATAMIENTO N°01 15% DE BIOCHAR						TRATAMIENTO N°01 15% DE BIOCHAR						TRATAMIENTO N°01 15% DE BIOCHAR						TRATAMIENTO N°01 15% DE BIOCHAR						TRATAMIENTO N°01 15% DE BIOCHAR					

BANDEJA N° 01						BANDEJA N° 02						BANDEJA N° 03						BANDEJA N° 04						BANDEJA N° 05					
Día: 45	Altura de la planta	# Hojas	de	Peso de raíz	Longitud de la raíz	Día: 45	Altura de la planta	# Hojas	de	Peso de raíz	Longitud de la raíz	Día: 45	Altura de la planta	# Hojas	de	Peso de raíz	Longitud de la raíz	Día: 45	Altura de la planta	# Hojas	de	Peso de raíz	Longitud de la raíz	Día: 45	Altura de la planta	# Hojas	de	Peso de raíz	Longitud de la raíz
P1	9 cm	5		2 gr	5 cm	P1	5 cm	5		2 gr	3 cm	P1	7 cm	3		2 gr	2 cm	P1	7 cm	6		6 gr	9 cm	P1	7 cm	4		3 gr	2 cm
P2	11 cm	4		2 gr	8 cm	P2	4 cm	4		1 gr	2 cm	P2	7 cm	4		2 gr	3 cm	P2	8 cm	3		3 gr	5 cm	P2	7 cm	4		4 gr	5 cm
P3	8 cm	4		1 gr	5 cm	P3	8 cm	6		4 gr	5 cm	P3	10 cm	4		3 gr	2 cm	P3	9 cm	3		2 gr	4 cm	P3	8 cm	2		5 gr	8 cm
P4	7 cm	4		3 gr	7 cm	P4	3 cm	4		1 gr	3 cm	P4	6 cm	4		3 gr	3 cm	P4	8 cm	3		5 gr	7 cm	P4	8 cm	4		1 gr	7 cm
P5	7 cm	3		1 gr	4 cm	P5	7 cm	4		1 gr	3 cm	P5	8 cm	5		4 gr	5 cm	P5	11 cm	5		1 gr	4 cm	P5	6 cm	3		2 gr	5 cm
P6	3 cm	4		1 gr	3 cm	P6	6 cm	4		1 gr	3 cm	P6	5 cm	6		2 gr	2 cm	P6	11 cm	4		4 gr	5 cm	P6	9 cm	5		3 gr	4 cm
P7	10 cm	4		1 gr	3 cm	P7	8 cm	4		1 gr	4 cm	P7	4 cm	6		3 gr	3 cm	P7	9 cm	3		0.5 gr	4 cm	P7	4 cm	5		1 gr	4 cm
P8	5 cm	3		2 gr	2 cm	P8	6 cm	4		1 gr	4 cm	P8	7 cm	3		4 gr	3 cm	P8	10 cm	5		1 gr	3 cm	P8	6 cm	5		5 gr	3 cm
TRATAMIENTO N°02 30% DE BIOCHAR						TRATAMIENTO N°02 30% DE BIOCHAR						TRATAMIENTO N°02 30% DE BIOCHAR						TRATAMIENTO N°02 30% DE BIOCHAR						TRATAMIENTO N°02 30% DE BIOCHAR					

Figura 11. Datos recolectados de la ficha de observación para altura de planta, número de hojas y peso de las raíces para el grupo control y sus 2 tratamientos al 15% y 30% en el día 45.

Anexo 11. Evidencias fotográficas de la investigación

Fotografía 1: Vista fotográfica de las muestras de suelo, que serán enviados a laboratorio de la universidad agraria la selva (UNAS) para posterior análisis físico químico. Fecha: 24/08/2020



Fotografía 2: Según los resultados obtenidos según el análisis físico químico, realizado en el laboratorio. El suelo pobre en microorganismos es la muestra N°02. Fecha de obtención de resultados: 06/09/2020.



Fotografía 3: Proceso de inicio de la elaboración del biochar-biocarbon del eucalipto. Fecha 10/09/2020.



Fotografía 4: Después de haber culminado la quema del eucalipto, se obtuvo el carbón y la ceniza. Fecha 10/09/2020.



Fotografía 5: Vista fotográfica de la mezcla del biochar con la tierra degradado, con la revisión del Biólogo Alejandro, Duran Nieva. Fecha 10/09/2020.



Fotografía 6: Una vez ya obtenido el carbón y la ceniza del eucalipto se procedió a la molienda el carbón para luego realizar la homogenización con el suelo degradado. Fecha 11/09/2020.



Fotografía 7: Después de terminar con la molienda del carbón se obtuvo 22 kg y de ceniza 13 kg. Fecha 11/09/2020.



Fotografía 8: Se muestra la vista fotográfica de la homogenización de la ceniza y el carbón. Fecha 12/09/2020.



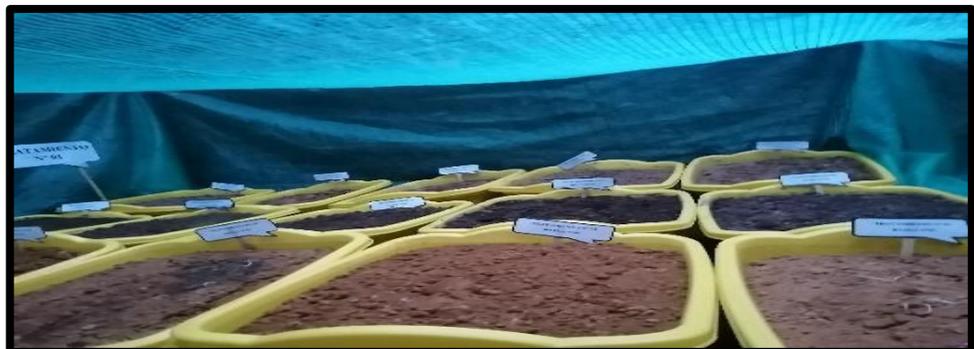
Fotografía 9: Se muestra la vista fotográfica de la homogenización de la ceniza y el carbón. Al final se obtuvo 35 kg de biochar de eucalipto. Fecha 12/09/2020.



Fotografía 10: Se muestra la vista fotográfica del primer tratamiento, el total de la tierra degradado de 63.75 kg y 11.25 kg de biochar, que posteriormente serán mezclados y colocados en 5 bateas, cada batea contendrá 12.75 kg de tierra y 2.25 kg de biochar en total será 15 kg por cada batea. Fecha 12/09/2020



Fotografía 11: Vista fotográfica después de terminar el sembrío del rabanito en los tres tipos de tratamientos. Fecha 11/11/2020.



Fotografía 12: Vista fotográfica después de terminar el sembrío del rabanito en los tres tipos de tratamientos. Fecha 11/11/2020.



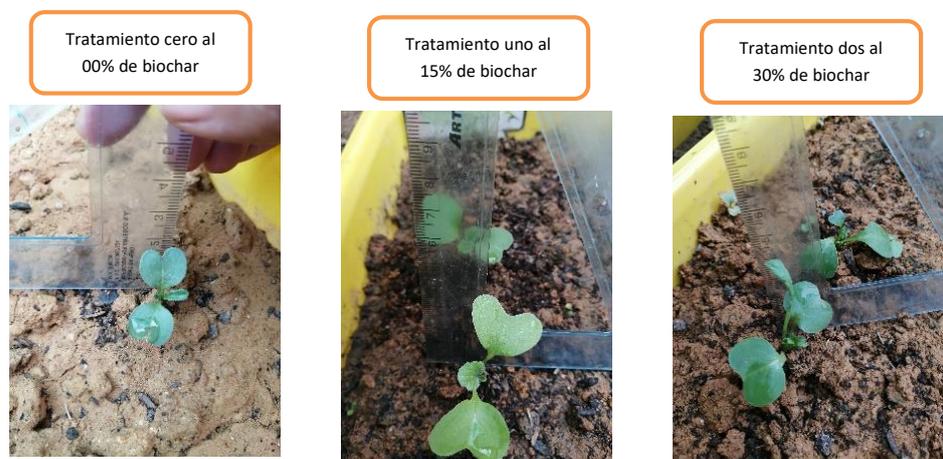
Fotografía

12: Vista

fotográfica después se puede observar la instalación de riego por goteo casero. Fecha 14/11/2020.



Fotografía 12: Vista fotográfica del día 15 después de la plantación del rabanito donde corresponde el monitoreo en medir la altura de la planta y número de hojas. Fecha 26/11/2020.



Fotografía 13: Vista fotográfica del tratamiento cero del día 30 después de la plantación del rabanito donde corresponde el monitoreo en medir la altura de la planta y número de hojas. Fecha 11/12/2020.



Fotografía 14: Vista fotográfica del tratamiento cero del día 45 después de la plantación del rabanito donde corresponde el monitoreo en medir la altura de la planta, número de hojas, peso y longitud de la raíz. Fecha 26/12/2020.



Fotografía 15: Vista fotográfica del tratamiento uno del día 45 después de la plantación del rabanito donde corresponde el monitoreo en medir la altura de la planta, número de hojas, peso y longitud de la raíz. Fecha 26/12/2020.



Fotografía 16: Vista fotográfica del tratamiento dos del día 45 después de la plantación del rabanito donde corresponde el monitoreo en medir la altura de la planta, número de hojas, peso y longitud de la raíz. Fecha 26/12/2020.



Fotografía 17: Vista fotográfica del tratamiento dos del día 45 después de la plantación del rabanito donde corresponde el monitoreo en medir la altura de la planta, número de hojas, peso y longitud de la raíz. Fecha 26/12/2020.



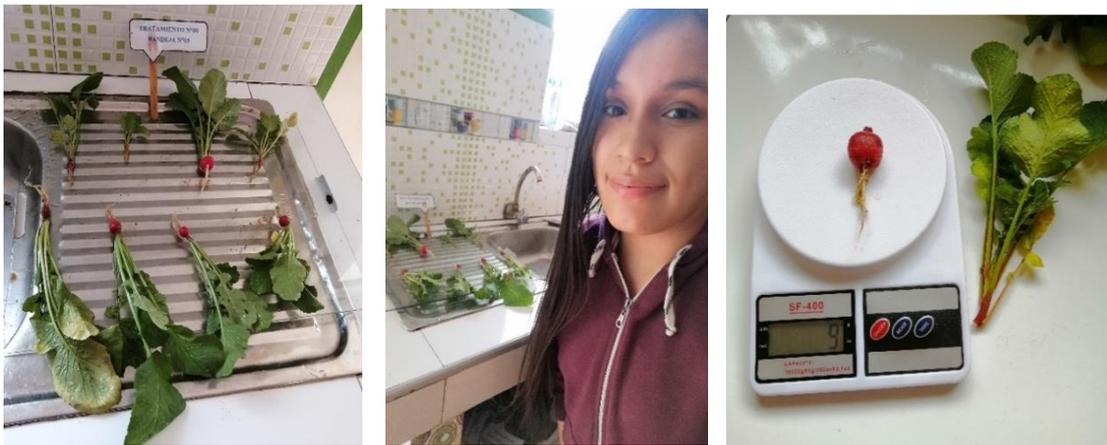
Fotografía 18: Vista fotográfica, se observa el retiro de las plantaciones de los rabanitos del tratamiento cero. Fecha 26/12/2020.



Fotografía 19: Vista fotográfica del tratamiento cero, una vez ya retirado de las bandejas se procede a lavar la raíz para su posterior pesado de la raíz y medición de la longitud. Fecha 26/12/2020.



medición de la longitud. Fecha 26/12/2020.



Fotografía 21: Vista fotográfica, se observa el retiro de las plantaciones de los rabanitos del tratamiento uno. Fecha 26/12/2020.



Fotografía 22: Vista fotográfica del tratamiento uno, una vez ya retirado las plantaciones de los rabanitos se procedió a sacar 1kg de tierra de cada bandeja para enviar al laboratorio de la UNAS para su posterior análisis. Fecha 26/12/2020.



Fotografía 23: Vista fotográfica del tratamiento dos, una vez ya retirado las plantaciones de los rabanitos se procedió a sacar 1kg de tierra de cada bandeja para mandar al laboratorio de la UNAS para su posterior análisis. Fecha 26/12/2020.



Fotografía 24: Vista fotográfica del tratamiento uno y dos, una vez ya retirado las plantaciones de los rabanitos se procedió a sacar 1kg de tierra



de cada bandeja para mandar al laboratorio de la UNAS para su posterior análisis. Fecha 26/12/2020.

Fotografía 25: Imágenes de las muestras de suelo a su llegada al laboratorio de la UNAS. Fecha 28/12/2020.



Anexo 12. Resultados de laboratorio del suelo de la muestra del suelo testigo.



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: LUZ THALIA SOLISOR ATAVILLOS										PROCEDENCIA: ACOMAYO - CHINCHAO - HUANUCO												
N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+) /kg						CICe	%	%	%	
	COD LAB	MUESTRA	Arena %	Arilla %	Limo %	Textura	1:1	%	%	ppm		ppm	Ca	Mg	K	Na	Al		H	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sol. Al
1	80788	1	65	26	19	Franco Arcillo Arenoso	5.62	3.03	0.15	6.08	96.68	10.88	9.08	1.43	0.27	0.13	-	-	-	100	0	0
2	80789	2	29	30	41	Franco Arcillo Limoso	5.58	0.96	0.06	5.60	76.02	7.52	6.20	0.97	0.23	0.12	-	-	-	100	0	0

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
 RECIBO 001 N° 0614563
 TINGO MARIA, 05 DE OCTUBRE 2020


 Ing. Juan C. Manzanilla Miranda
 JEFE



Anexo 13. Resultados de laboratorio de muestras tratadas con Biochar al 15%



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - WhatsApp 941531359
 Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología
analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: LUZ THALIA SOLISOR ATAVILLOS										PROCEDENCIA: ACOMAYO - CHINCHAO - HUANUCO												
N°	DATOS		ANALISIS MECANICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%	
			Arena	Arcilla	Limo							Textura	1:1	%	%	disponible						Ca
	COD LAB	REF	%	%	%	ppm	ppm	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al												
1	S1382-1	1 M1	59	22	19	Franco Arcillo Arenoso	8.83	1.28	0.06	10.22	227.65	20.77	17.27	2.25	0.76	0.48	--	--	--	100	0	0
2	S1382-2	1 M2	63	22	15	Franco Arcillo Arenoso	8.84	1.27	0.06	10.75	229.65	21.41	17.79	2.32	0.82	0.49	--	--	--	100	0	0
3	S1382-3	1 M3	61	23	16	Franco Arcillo Arenoso	8.85	1.33	0.07	10.96	228.15	22.07	18.54	2.28	0.77	0.48	--	--	--	100	0	0
4	S1382-4	1 M4	57	22	21	Franco Arcillo Arenoso	8.85	1.55	0.08	10.65	229.40	21.58	18.41	2.17	0.51	0.49	--	--	--	100	0	0
5	S1382-5	1 M5	59	22	19	Franco Arcillo Arenoso	8.94	1.58	0.08	10.69	230.90	21.11	17.56	2.33	0.76	0.47	--	--	--	100	0	0

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
 RECIBO N° 001-0614653

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 LABORATORIO DE SUELOS

[Firma]
 Ing. José G. Mercedes Miranda
 JEFE



Anexo 14. Resultados de laboratorio de muestras tratadas con Biochar al 30%



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - WhatsApp 941531359
 Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología
analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: LUZ THALIA SOLISOR ATAVILLOS										PROCEDENCIA: ACOMAYO - CHINCHAO - HUANUCO												
N°	DATOS		ANALISIS MECANICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	% Bas. Camb.	% Ac. Camb.	% Sat. Al	
			Arena	Arcilla	Limo							Textura	disponible	Ca	Mg	K	Na					Al
	COD LAB	REF	%	%	%	ppm	ppm															
6	S1382-6	2 M1	61	22	17	Franco Arcillo Arenoso	9.16	2.49	0.12	14.66	324.86	33.19	27.83	3.58	1.08	0.70	--	--	--	100	0	0
7	S1382-7	2 M2	65	22	13	Franco Arcillo Arenoso	9.37	2.60	0.13	14.98	322.91	32.99	27.65	3.50	1.13	0.71	--	--	--	100	0	0
8	S1382-8	2 M3	63	20	17	Franco Arcillo Arenoso	9.33	2.57	0.13	14.55	322.86	33.30	28.02	3.52	1.03	0.74	--	--	--	100	0	0
9	S1382-9	2 M4	61	20	19	Franco Arcillo Arenoso	9.35	2.52	0.13	14.45	325.54	33.16	27.77	3.62	0.97	0.80	--	--	--	100	0	0
10	S1382-10	2 M5	65	20	15	Franco Arcillo Arenoso	9.28	2.43	0.12	14.76	328.92	32.52	27.35	3.42	1.02	0.74	--	--	--	100	0	0

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
 RECIBO N° 001-0614653

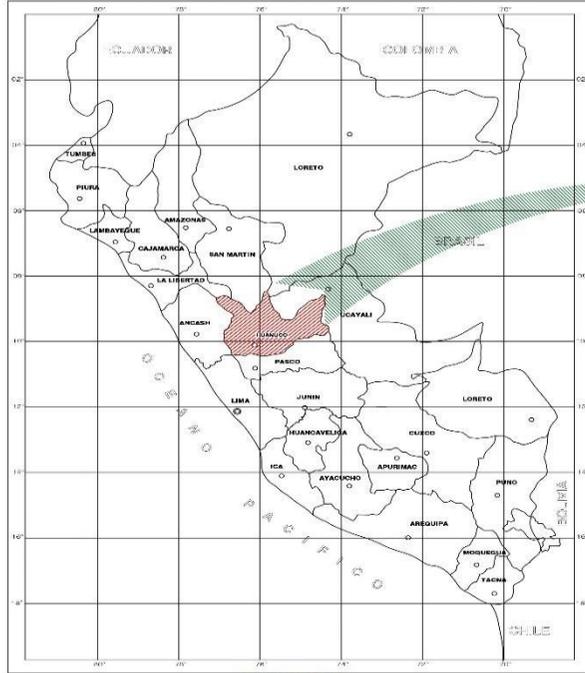
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 LAB. ANALISIS DE SUELOS

[Firma]
 Ing. J. G. Mercedes Miranda
 JEFE



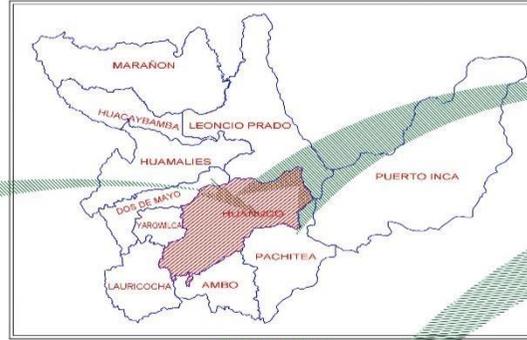
Anexo 15. Mapa de ubicación del lugar donde se ejecutó la tesis.

MAPA DE UBICACION NACIONAL DE HUANUCO EN EL PERU



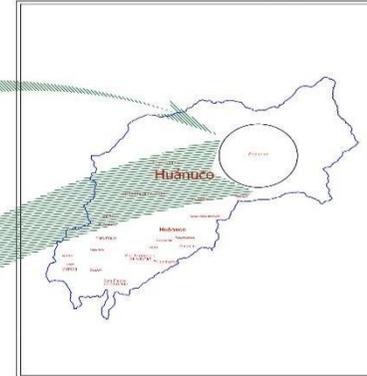
PLANO NACIONAL

MAPA DE UBICACION DE LA PROVINCIA DE HUANUCO EN EL DEPARTAMENTO DE HUANUCO



PLANO REGIONAL

MAPA DE UBICACION DEL DISTRITO DE CHINCHAO EN LA PROVINCIA DE HUANUCO



PLANO DISTRITAL



UBICACION DEL PROYECTO

PLANO DE UBICACION Y LOCALIZACION

TRAMO	TIPO	ESTADO	MOVILIDAD	DISTANCIA (km)	TIEMPO (min)
PLAZA HUAMUCO - PLAZA ACOMAYO	CARRETERA ASFALTADA	BUENA	AUTO	28.8 km	45 min
PLAZA ACOMAYO - UBICACION DEL PROYECTO	CARRETERA ASFALTADA	BUENA	AUTO	0.2 km	5 min
TOTAL				29 km	50 min



UNIVERSIDAD DE HUANUCO

ALUMNA: BACH. SOLISOR ATAVILLO, LUZ THALIA

UBICACION: DEPARTAMENTO: HUANUCO, PROVINCIA: HUANUCO, DISTRITO: CHINCHAO, CANTONAMIENTO: ACOMAYO



PROYECTO:
"EFECTO DEL INCHAMBE (*Glomus intrinis*) EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DE SUELO Y LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL KAHAMBU (*Propitium sativus*) HUANUCO 2019"

FECHA: ACOBIO - 2019

LAMINA: 01
UL - 01

PLANO: PLANO DE UBICACION Y LOCALIZACION

Anexo 16. Flujograma de la elaboración de Biochar de *Eucalyptus globulus* aplicado en la investigación.

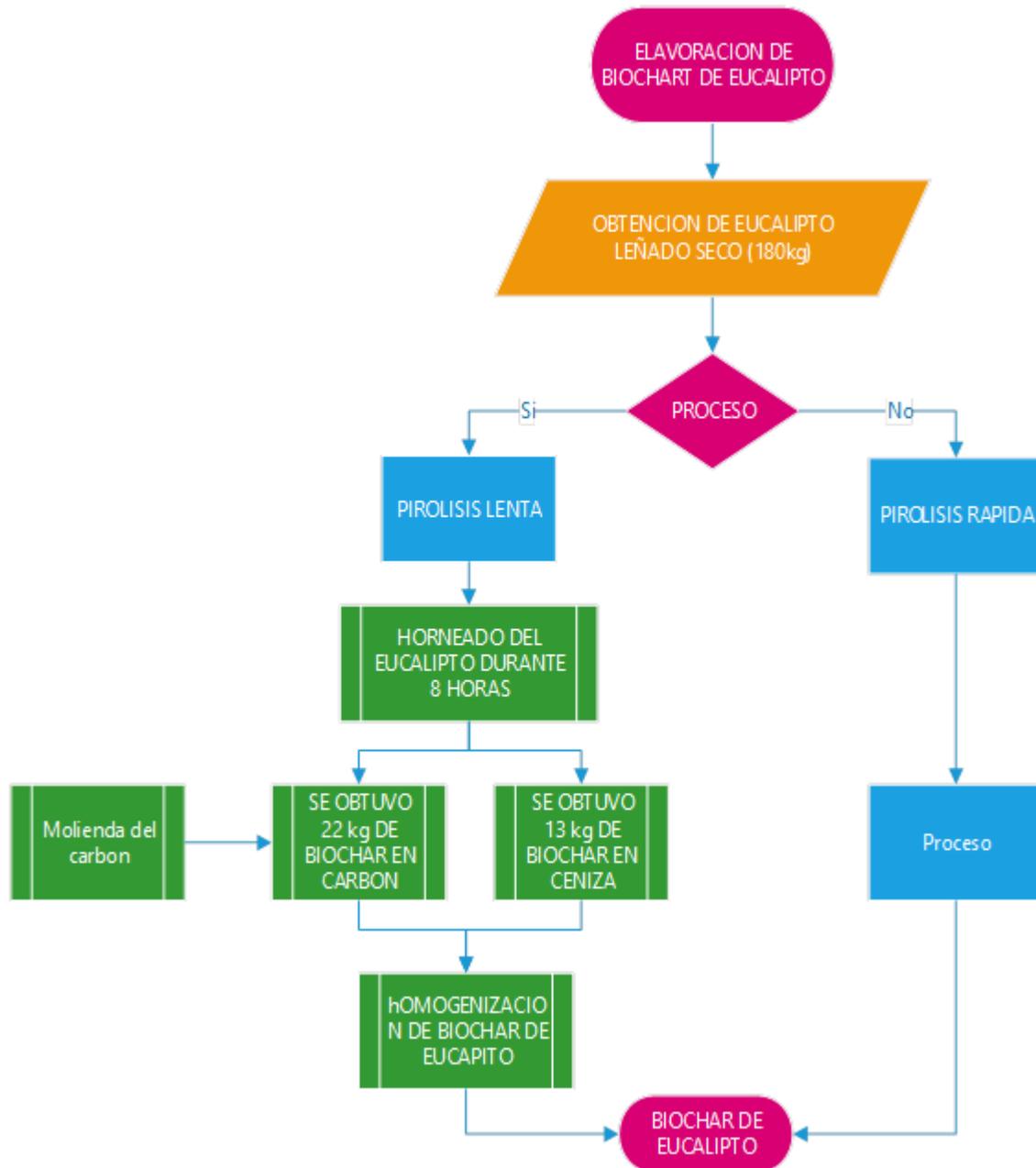


Figura 12. Flujograma elaborado de los pasos que se siguió para la elaboración del Biochar de eucalipto