



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EFFECTOS DE ENMIENDAS CON BIOCHARD EN EL DESARROLLO
VEGETATIVO DE MUSA SPP. EN UN SUELO FRANCO-ARCILLOSO

SOTAMBA GUAMAN SILVIA ESTEFANIA
INGENIERA AGRÓNOMA

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

EFFECTOS DE ENMIENDAS CON BIOCHARD EN EL
DESARROLLO VEGETATIVO DE MUSA SPP. EN UN SUELO
FRANCO-ARCILLOSO

SOTAMBA GUAMAN SILVIA ESTEFANIA
INGENIERA AGRÓNOMA

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

EFFECTOS DE ENMIENDAS CON BIOCHARD EN EL DESARROLLO VEGETATIVO
DE MUSA SPP. EN UN SUELO FRANCO-ARCILLOSO

SOTAMBA GUAMAN SILVIA ESTEFANIA
INGENIERA AGRÓNOMA

BARREZUETA UNDA SALOMON ALEJANDRO

MACHALA, 23 DE FEBRERO DE 2022

MACHALA
2022

EFFECTOS DE ENMIENDAS EDAFICAS CON BIOCHAR EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE MUSA SPP. EN UN SUELO FRANCO-ARCILLOSO

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	scielo.sld.cu Fuente de Internet	1%
2	scielo.org.mx Fuente de Internet	1%
3	redpav-fpolar.info.ve Fuente de Internet	1%
4	revistas.sena.edu.co Fuente de Internet	1%
5	www.terralatinoamericana.org.mx Fuente de Internet	1%
6	mail.revista-agroproductividad.org Fuente de Internet	1%
7	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, SOTAMBA GUAMAN SILVIA ESTEFANIA, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado "EFECTOS DE ENMIENDAS CON BIOCHAR EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE MUSA SPP. EN UN SUELO FRANCO ARCILLOSO", otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 25 de febrero de 2022



SOTAMBA GUAMAN SILVIA ESTEFANIA
0705578128

DEDICATORIA

Este presente trabajo de titulación lo dedico principalmente a Dios quien ha sido mi fortaleza mi Fe y guía en cada uno de mis pasos en mi carrera universitarios, a mis padres, hermanas y principalmente a mi hijo por ser ese pilar fundamental en mis luchas de perseverancia en seguir adelante mi formación profesional de mis estudios universitario y anhelado en mi vida de haber cumplido mi meta.

A mi Padres María Guaman y Luis Sotamba a mi familia a quienes me han brindado su apoyo, confianza, y quienes me han inculcado desde pequeña los valores el amor y el respeto, desde el inicio de mi carrera universitaria por la motivación constante que me brindan día a día, para lograr unos de mis objetivos anhelados en mi vida, la culminación de mi carrera universitaria.

Silvia Estefanía Sotamba Guamán

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a cada uno de mis docentes que me han aportado con el conocimiento diario para poder desempeñarme en el campo profesional, ayudándome a formar mi carrera con enseñanza y aprendizaje

Agradezco de manera especial a mi tutor de tesis el Ing. Agr. Barrezueta Unda Salomón Mg. Sc. por ser gran parte de mi proyecto de investigativo brindándome su apoyo, experiencia y conocimientos para llevar a cabo mi investigación en este trabajo, dándome día a día su apoyo y confianza en mi proceso de investigación.

Al Ing. Agr. Marcos Antonio Ullauri Espinoza. por haberme impartido sus conocimientos teóricos y éticos como docente en las aulas de clases.

El Dr. Rigoberto García PhD, por el conocimiento a diario en sus horas impartidas de clases, por orientarme y ayudarme a definirme como persona e impulsarme hacia el éxito de nuestra carrera como profesional.

Mi agradecimiento infinito al propietario de la Hacienda "SANTA BÁRBARA" el Ing. Darwin Mejía por haberme permitido realizar mi trabajo de titulación en su plantación de bananera.

A mis grandes amigos Ingeniero Jesús Montaleza, Yaritza Chávez, Mariana Arias, y Javier Montalván por su confianza y el gran apoyo de motivación que me brindaban sin a cambio de ningún valor y a mis compañeros que me han acompañado en el transcurso de mi trayectoria universitaria y por esos grandes momentos compartidos en el aula de clase.

|

EFFECTOS DE ENMIENDAS CON BIOCHAR EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE MUSA SPP. EN UN SUELO FRANCO-ARCILLOSO

RESUMEN

Autora:

Silvia Sotamba Guamán

Tutor:

Salomón Barrezueta Unda. PhD

El suelo es la descomposición del material roca en el cual está constituido por el 45% de Minerales ,25% Gas ,25% Agua,5% Materia orgánica , para el desarrollo de los cultivos y de su fertilidad o propiedades optimas depende la productividad agrícola y la seguridad alimentaria. La fertilidad del suelo es la capacidad de sostener el crecimiento vegetativo de las plantas y optimizar el rendimiento de los cultivos. Ello puede potenciarse por medio de fertilizantes orgánicos e inorgánicos que aportan los nutrientes necesarios que aporte al suelo, mejoran la fertilidad del suelo y la producción de cultivos, al mismo tiempo reduciendo el impacto medioambiental. La materias prima disponibles del biocarbon puede ser una alternativa importante , la utilización de este material tiene la capacidad de mejorar las características físico-químicas de suelo y aumenta la productividad de los cultivos, contribuyendo además al secuestro de carbono, la reducción del uso de fertilizantes, por lo que lo convierte en una herramienta para la mitigación al cambio climático, teniendo la capacidad de restaurar el equilibrio natural del suelo y mejorar el rendimiento de los cultivos mediante una mejor retención de agua y nutrientes, lo que conlleva una mayor tolerancia a la sequía y un mayor rendimiento en la producción de cultivos por el aumento de la fertilidad del suelo.

Con lo antes mencionado el trabajo de investigación tiene como objetivo analizar la eficacia de los diferentes componentes de biochar + óxido de silicio + yeso agrícola sobre el crecimiento de plantas de banano (Cavendish) en combinación de más biol como fuente fitoregulator, mediante la medición de varios parámetros agronómicos de la planta tanto de la madre como del hijo, en el cual se evaluó los factores químicos del suelo, Textura, pH, materia orgánica y el peso de las raíces. Se realizo un diseño completamente al azar en una finca bananera con variedad de clon Cavendish Av. Panamericana Km. 5.7 Vía Machala - Pasaje en la Provincia de El Oro, delimitando cinco parcelas para el ensayo, estableciendo 4 tratamientos y un control o testigo, cada tratamiento con 10 repeticiones: T1 (25g Biochar Cacao+50g Silicio), T2(50g Biochar de Cacao+50gSilicio),T3(20g Biochar Banano+50gSilicio),T4(30g Biochar Banano+50gSilicio) y el tratamiento testigo (50g Silicio) .las variables a determinase

fueron: Número de hojas de la madre, número de hojas del hijo, grosor del pseudotallo-hijo, altura del hijo, al final se realizó un análisis del suelo para determinar el porcentaje de sus raíces ; también se realizó el porcentaje de Textura ,materia orgánica y pH. Los efectos que presentaron de los diferentes tratamientos insidioso de manera eficiente en la emisión foliar lo cual es positivo por la carga fotosintética de la planta es mayor, en la primera variable de número de hoja de la planta madre hubo un considerado aumento foliar de la cual el T4 presentó la mejor eficiencia; para la siguiente variable número de hojas en la planta hijo obtuvieron buen aumento de la emisión foliar con medias semejantes (11,9hojas) entre los tratamientos T0-T2y los tratamientos T1-T3 (11,hojas). En la variable del pseudotallo-hijo su grosor aumento presentando T4 seguido del T2-T1 o siendo la mayor media, para la altura del hijo disminuyendo en el tratamiento T0. En el peso de raíces el mejor tratamiento fue el T3 y T0 con una biomasa mayor (1159,50g-757,00g) a los demás tratamientos, el mayor porcentaje de Materia Orgánica se obtuvo del T3y T1 a diferencia de los demás; mientras que la medición del pH respondió un gran cambio en los tratamientos teniendo pH ligeramente alcalinos de las cuales los valores mayores fueron en los tratamientos T1 y T2. La combinación de las diferentes dosis respondió de manera positiva y eficiente en el desarrollo de las plantas de banano, interviniendo en todas las variables a medir con resultados muy notorios representados en el estudio de esta investigación obteniendo como mejores resultados en los tratamientos T1 (25g Biochar Cacao + 50g de silicio + Biol) y T4(30g Biochar Banano+50gSilicio+Biol)

Palabras claves: Materia prima, Suelo, Nutrientes, Biochar, Abonos orgánico.

EFFECTS OF AMENDMENTS WITH BIOCHAR ON THE VEGETATIVE DEVELOPMENT OF MUSA SPP. IN A LOAM-CLAY SOIL

ABSCTRACT

Author:

Silvia Sotamba Guamán

Tutor:

Solomon Barrezueta Unda. PhD

The soil is the decomposition of rock material in which it is composed of 45% minerals, 25% gas, 25% water, 5% organic matter, for the development of crops and their fertility or optimal properties depends on agricultural productivity and food security. Soil fertility is the ability to sustain vegetative plant growth and optimize crop yields. This can be enhanced by organic and inorganic fertilizers that provide the necessary nutrients to the soil, improve soil fertility and crop production, while reducing environmental impact. The available raw material of biochar can be an important alternative, the use of this material has the ability to improve the physical-chemical characteristics of the soil and increases the productivity of crops, also contributing to carbon sequestration, reducing the use of fertilizers, which makes it a tool for mitigating climate change, having the ability to restore the natural balance of the soil and improve crop yields through better retention of water and nutrients, which leads to greater tolerance to drought and higher yields in crop production due to increased soil fertility.

With the aforementioned, the research work aims to analyze the effectiveness of the different components of biochar + silicon oxide + agricultural gypsum on the growth of banana plants (Cavendish) in combination with more biol as a phytohormone source, by measuring several agronomic parameters of the plant of both the mother and the son, in which the chemical factors of the soil, texture, pH, organic matter and the weight of the roots were evaluated. A completely randomized design was carried out on a banana farm with the clone variety Cavendish Av. Panamericana Km. 5.7 Vía Machala - Pasaje in the Province of El Oro, delimiting five plots for the trial, using 4 treatments and a control or witness, each treatment with 10 repetitions: T1 (25g Cocoa Biochar + 50g Silicon), T2 (50g Cocoa Biochar + 50g Silicon), T3 (20g Banana Biochar + 50g Silicon), T4 (30g Banana Biochar + 50g Silicon) and the control treatment (50g Silicon). The variables to be determined were: Number of leaves of the mother, number of leaves of the son, thickness of the pseudostem-son, height of the son, at the end a soil analysis was carried out to determine the percentage of its roots; the percentage of texture, organic matter and pH were also made. The effects that appeared from the different insidio treatments efficiently in foliar emission which is positive due to the photosynthetic load of the plant is greater, in the first variable of leaf number of the mother plant there was a non-

considered foliar increase of the which T4 has the best efficiency; For the following variable number of leaves in the daughter plant, a good increase in foliar emission was obtained with similar means (11.9 leaves) between treatments T0-T2 and treatments T1-T3 (11 leaves). In the pseudostem-son variable, its thickness increased, presenting T4 followed by T2-T1 or being the highest mean, for the height of the son decreasing in the T0 treatment. In root weight, the best treatment was T3 and T0 with a higher biomass (1159.50g-757.00g) than the other treatments, the highest percentage of Organic Matter was obtained from T3 and T1, unlike the others; while the pH measurement responded to a great change in the treatments, having a slightly alkaline pH, of which the highest values were in the treatments T1 and T2. The combination of the different doses responded positively and efficiently in the development of the banana plants, intervening in all the variables to be measured with very noticeable results represented in the study of this research, obtaining better results in the T1 treatments (25g Biochar Cocoa + 50g of silicon + Biol) and T4 (30g Banana Biochar + 50g Silicon + Biol)

Keywords: Raw material, Soil, Nutrients, Biochar, Organic fertilizers.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS	5
INTRODUCCIÓN	10
Objetivo general:	12
Objetivos específicos:	12
REVISIÓN LITERARIA	12
1.1 El Banano (Musa spp)	12
1.2.3. Cormo o bulbo	14
1.2.4. Sistema radicular.	14
1.2.5. Hoja	14
1.2.6. Inflorescencia	15
1.2.7. Fruto	15
1.3 Fases fenológicas del cultivo de banano	15
1.3.1 Fase vegetativa	16
1.3.2 Fase es la reproductiva	16
1.3.3. Fase productiva	16
1.4. Condiciones edafoclimáticas del suelo	16
1.4.1 Altitud	16
1.4.2. Precipitaciones y requerimientos de agua	16
1.4.3. Temperatura	16
1.4.4. Humedad Relativa	16
1.4.5. Luminosidad	16
1.4.6. Suelos	17
1.5. Manejo agronómico del cultivo de banano orgánico.	17
1.5.1. Control de arvenses	17
1.5.2. Fertilización	17
1.5.3. Abonado orgánico	17
1.5.4. Riego	17
1.6. Requerimientos nutricionales del banano	18
1.7. El Biocarbon y la agricultura actual	18
1.7.1 Enmiendas orgánicas con biocarbon	18

1.7.2 Biocarbon en el crecimiento y productividad de cultivos	19
1.7.3 Procesos para obtener el biocarbón	19
El pirólisis	20
Combustión.	20
Gasificación	20
1.8. Biol o biofermentos	20
1.9. Fertilización orgánica (SiO ₂)	21
1.10. Fertilización con cal	21
1.11. Enmiendas	21
1.12. Abonos verdes	22
1.13. Compost	22
II. MATERIALES Y MÉTODOS	22
2.1. Localización y descripción del área de estudio.	22
2.2. Ubicación Geográfica	22
2.3. Materiales de campo	22
2.4. Materiales de laboratorio	22
2.5. Diseño del experimento	23
2.5.1 Hipótesis de estudio	23
2.5.2 Parámetros que se estudiaron	24
Medición de la altura de la planta	24
Diámetro del pseudotallo	24
Número de hojas del hijo	24
Número de hojas de la planta madre	24
Porcentaje de biomasa de la raíz.	24
2.6. Elaboración de la materia prima	25
2.6.1. Biomasa de la cáscara de Cacao	25
2.6.2. Biomasa del raquis de banano	25
2.7. Producción de biocarbón	26
2.8. Mezcla del biol	26
2.8.1. Aplicación de los tratamientos de biocarbón	27
2.8.2. Recolección de las muestras de suelo	27
2.8.3. Textura	28
2.8.4. Determinación de materia orgánica	28

2.8.5. pH y conductividad eléctrica (CE)	28
2.8.5. Proceso estadístico	29
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
3.1. Altura de la planta	29
3.2. Número de Hoja	31
3.3 Diámetro de la planta	32
3.4. pH	33
3.5. Conductividad eléctrica	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Pseudotallo de la planta de banano.....	9
Figura 2: cormo de la planta de banano	9
Figura 3: Hoja de la planta de banano.....	10
Figura 4: Inflorescencia del banano.....	10
Figura 5: Racimo del banano	10
Figura 6: Google maps.....	17
Figura 7: peso de raíces fresco	19
Figura 8: Cáscara de cacao en fresco y en seco.....	20
Figura 9: Raquis de banano	20
Figura 10: Diseños de los tanques	21
Figura 11: Mezcla y aplicación	21
Figura 12: Aplicación del Biocarbon.	22
Figura 13: Recolección de muestra de suelo.....	22
Figura 14: Determinación PH y C.	23
Figura 15.- Prueba de Duncan al 5% de significancia estadística entre tratamientos para la variable altura.....	25
Figura 16.- Prueba de Duncan al 5% de significancia estadística entre tratamientos para la variable hoja.....	26
Figura 17.- Prueba de Duncan al 5% de significancia estadística entre tratamientos para el diámetro de variable.	27
Figura 18.- Prueba de Duncan al 5% de significancia estadística para la determinación del Ph del suelo inicial.....	29
Figura 19.- Prueba de Duncan al 5% de significancia estadística para la determinación del Ph del suelo Final.....	29
Figura 20.- Prueba de Duncan al 5% de significancia estadística entre tratamientos para la determinación de la conductividad Inicial.....	30
Figura 21.- Prueba de Duncan al 5% de significancia estadística entre tratamientos para la determinación de la conductividad Final.	31

ÍNDICE DE TABLAS

.....	Error! Bookmark not defined.
Tabla 1: Clasificación taxonómica del banano.....	8
Tabla 2: Análisis de Textura del suelo.....	17
Tabla 3: Diseño de tratamientos con su respectiva dosis para la aplicación en el cultivo de banano.....	18
Tabla 4.- Análisis de varianza de la Altura (m) de plantas por tratamiento, entre el primer registro y el último registro	24
Tabla 5.- Análisis de varianza de la hoja de plantas por tratamiento, entre el primer registro y el último registro	25
Tabla 6.- Análisis de varianza del diámetro de plantas por tratamiento, entre el primer registro y el último registro	27
Tabla 7.- Análisis de varianza de pH, entre el primer registro y el último registro	28
Tabla 8.- Análisis de varianza de CE, entre el primer registro y el último registro.....	30
Tabla 9.- Análisis de varianza de peso raíz fresca y seca.	32
Tabla 10.- Análisis de MOS, entre el primer y último registro	32

INTRODUCCIÓN

El uso intensivo del suelo por la sobreexplotación con fines agrícolas deteriora la calidad de este recurso. Siendo una de las causas de esta sobreexplotación el incrementar la producción por medio de una agricultura dependiente de agroquímicos para satisfacer a una población en constante crecimiento. En este sentido, el uso desmedido de agroquímicos está relacionado al control de malezas, de insectos y de patógenos, que contribuye con la pérdida de la diversidad biológica del suelo (Durango Cabanilla, 2017).

En este contexto, una de las estrategias para disminuir el deterioro de los suelos, es mediante la aplicación de enmiendas orgánicas para incrementar los niveles de nutrientes y en parte dejar la dependencia de los fertilizantes químicos como la Urea. Pero existen diversos abonos orgánicos que también son utilizados en las explotaciones agrícolas, y se pueden aplicar en forma fresca o luego de un proceso de compostaje.

Por otra parte, el uso de los abonos orgánicos mejora muchas propiedades del suelo como: la estructura, porosidad, retención de agua y regulación de temperatura, es decir la propiedad de regular la acidez o alcalinidad del suelo. También los abonos orgánicos se pueden utilizar en enmiendas orgánicas para mejorar la actividad sobre la microflora nativa de la rizosfera y del tejido radical (Ayuso, 2015).

En este marco, el banano es el principal producto de exportación para el Ecuador. Pero los suelos bananeros están agotados en su capacidad de fertilidad por la constante actividad agrícola, produciéndose efectos negativos como: compactación y acidez de suelo, pérdida de microorganismos que ayudan a la descomposición de la materia orgánica. Por tanto, la aplicación de enmiendas es una alternativa para el productor bananero.

Dentro de las características del biochar, las enmiendas orgánicas en las plantaciones bananera, nos ayudan a mejora la fertilidad del suelo, y la asimilación de nutrientes que absorbe e inmoviliza elementos tóxicos, principalmente metales pesados como cadmio y cobre, permitiendo la capacidad de retención del agua, debido a la estabilización de los macro y microagregados que aportan al suelo; mejorando las propiedades biológicas y fúngicas, permitiéndole a los agricultores aumentar sus rendimientos en los cultivos y el mejoramiento de los suelos degradados por el alto uso de productos químicos que afecta la contaminación ambiental.

El biochar aportar los nutrientes que requiere el suelo de forma directa y aumenta la disponibilidad de los minerales que asimila la planta, dependiendo de la materia prima de origen animal o vegetal como el raquis de banano, cacao, maíz, cascarillas de café, etc. a través el uso de biochar podría ser una alternativa a la cal. Finalmente, se recomienda estudiar a fondo las interacciones del biochar, a través del tiempo y su dinámica con nutrientes, como P, K, Ca, Mg, Fe y Mn, y que es una de las alternativas para reducir los niveles de contaminación ocasionado por el hombre.

Con lo detallado la investigación cumplió con los siguientes objetivos.

Objetivo general:

Evaluar el desarrollo vegetativo de *Musa spp* en diferentes tratamientos de biochar + óxido de silicio + yeso como enmienda edáfica en el desarrollo de la planta hijo en un suelo franco-arcilloso del cantón Machala.

Objetivos específicos:

- Describir el crecimiento vegetativo *Musa spp* de la planta mediante la aplicación de enmiendas de biochar + óxido de silicio + yeso, aplicado en diferentes tratamientos.
- Comparar mediante un diseño experimental el crecimiento vegetativo *Musa spp* de la planta mediante la aplicación de enmiendas de biochar + óxido de silicio + yeso, aplicado en diferentes tratamientos.

REVISIÓN LITERARIA

1.1 El Banano (*Musa spp*)

El banano es una planta herbácea gigante perteneciente a las Musáceas (Tabla 1). Por sus características fisiológicas y fenológicas se adaptan a las zonas húmedas y cálidas, lo que limita su producción a las regiones tropicales y subtropicales, con temperaturas media entre 20–35 °C, alta humedad relativa, alta insolación, suficiente luminosidad y buen aprovisionamiento de agua (Martínez & Rodríguez, 2015).

Tabla 1: Clasificación taxonómica del banano.

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden:	Zingiberales
Familia:	Musáceas
Género:	Musa
Especie:	Paradisiaca

(Suhendra et al., 2020), refiere a la planta de banano con meristemos herbáceo aéreos que pueden llegar a medir entre 4,5 hasta 7,5 dependiendo la variedad cultivada poseen tubérculos carnosos de forma cilíndrica, de los cuales se desarrollan brotes o “hijos laterales” a los costados de la planta madre. El sistema radicular consta de una gran cantidad de raíces que tienen forma de corazón que pueden tener una longitud de 10 m. Las hojas se distribuyen en forma espiral (helicoidal) y la base de las hojas que rodea el tallo (o tubérculo) da lugar al pseudotallo. La inflorescencia se establece desde el centro del pseudotallo hasta alcanzar la superficie.

1.2. Morfología de la planta

1.2.1. Planta: Es una planta herbácea perenne con pseudotallo aéreo que se origina de cormos carnosos, en los lados se desarrollan numerosos "hijos" yemas laterales (Enciso, 2020)

1.2.2. Pseudotallo: El pseudotallo es un falso tallo que está formado por la superposición de las vainas foliares (Figura 1), muy carnoso y lleno de agua; su altura varía de acuerdo a la variedad de banano que se vaya a sembrar, puede llegar a soportar un racimo con un peso aproximado a 50 kg (Domínguez, 2021)



Figura 1: Pseudotallo de la planta de banano

1.2.3. Cormo o bulbo: son yemas vegetativas que darán lugar a una nueva planta (Figura 2), cada hijo crece en la base del cormo y es totalmente dependiente de la planta madre una vez que comienza a producir hojas verdaderas para poder autoabastecer (Tuz, 2018).



Figura 2: cormo de la planta de banano

1.2.4. Sistema radicular: las raíces son blancas y succulentas están ancladas a las superficies del suelo, posee un diámetro entre los 5 y 8 mm, longitud variable y en función de la nutrición y en las mejores condiciones pueden alcanzar entre dos a tres metros (Tuz, 2018).

1.2.5. Hoja: Se forma en el interior del meristemo y emerge enrollada en forma de cigarro dispuesta en forma espiral es la parte más importante de la planta en los procesos fotosintéticos de la planta (Figura 3). La forma de las hojas en su etapa adulta es oblonga ovalada, con el ápice obtuso y con una hoja semicircular ligeramente más grande que el otro. El número de hojas depende de la variedad y edad de la planta (Niola, 2021)



Figura 3: Hoja de la planta de banano

1.2.6. Inflorescencia: La inflorescencia implica en la presencia de dos tipos de flores las femeninas pistiladas que son las primeras en aparecer, que se forma en nódulos a partir de los cuales se desarrollan las manos del fruto (Figura 4). A medida que el fruto se desarrolla, aparecen las flores masculinas unisexuales, que se ubican en la porción distal de la inflorescencia (Niola, 2021).

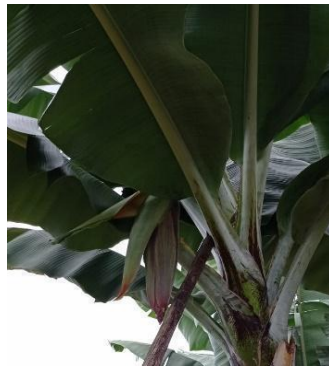


Figura 4: Inflorescencia del banano

1.2.7. Fruto: La fruta es consumida a nivel mundial debido a su característico y agradable sabor y aroma (Figura 5). Con cualidades variables en tamaño (alrededor de 10 cm), color y firmeza; alargado, generalmente curvado y carnoso cubierto con una cáscara, que puede ser verde, amarilla, roja (Larrotta Flórez & Flórez-Méndez, 2021).



Figura 5: Racimo del banano

1.3 Fases fenológicas del cultivo de banano

Fases fenológicas del cultivo de banano se divide en 3 etapas son:

1.3.1 Fase vegetativa: De acuerdo con la primera fase va desde el desarrollo de las raíces del cormo, el desarrollo de los brotes o hijos hasta los seis meses. (Paul et al., 2013).

1.3.2 Fase es la reproductiva: Esta última dura entre 85 y 90 días, desde la aparición del tallo floral a partir del cormo, se eleva a través del pseudotallo y se hace visible hasta que aparece la inflorescencia, a continuación, las brácteas comienzan a abrirse y caerse, exponiendo los dedos.

1.3.3. Fase productiva: se produce el llenado de los frutos que conforman el racimo, finalizando con la cosecha, esta fase dura entre 81 y 90 días (Paul et al., 2013)

1.4. Condiciones edafoclimáticas del suelo

1.4.1 Altitud: La altitud del banano oscila entre los 0 y 300 msnm para el desarrollo del cultivo, el banano se adapta a alturas que alcanzan hasta los 2,200 msnm (Tigasi, 2017).

1.4.2. Precipitaciones y requerimientos de agua: los niveles de precipitación dependen de las condiciones edafoclimáticas entre los 150 a 180 mm por mes es suficiente o a la vez un nivel de 2286 mm por año es adecuado para suplir los requerimientos de la planta. Sin embargo, la proporción de agua requerida por el cultivo se fija entre 1.800 y 2.800 mm al año bien distribuidos (Pereira, 2021).

1.4.3. Temperatura: una temperatura media que es óptima para el cultivo es de 25°C. Temperaturas entre 25 y 30°C le favorecen la evapotranspiración, con lluvias prolongadas y regularmente distribuidas. Estas condiciones se cumplen en la latitud 30 a 31° norte o sur y de los 1 a los 2 m de altitud. Son preferibles las llanuras húmedas próximas al mar, resguardadas de las condiciones edafoclimáticas. El desarrollo del cultivo se detiene a temperaturas inferiores a 18°C, causando daños a temperaturas menores de 13°C y mayores de 45°C. (Carrión Torres et al., 2021)

1.4.4. Humedad Relativa: debe de ser adecuada (75-80 %), aunque afecta al cultivo en forma indirecta, porque favorece la incidencia de enfermedades foliares en especial las de origen fungoso (Pereira, 2021).

1.4.5. Luminosidad: A mayor cantidad de horas despejadas habrá mayor heliofanía y mayor llenado de fruto (mejor producción), son necesarias aproximadamente de 3 a 5 horas de sol brillante por día y a la vez cerca de 1200 horas al año (Pereira, 2021).

1.4.6. Suelos: El cultivo de banano requiere suelos con buena textura, materia orgánica (5%) y un perfil mayor a 1,20 m de profundidad, básicamente del tipo de suelo; franco arenoso, franco arcilloso o franco limoso con menos del 40% de arcilla. Los suelos, a más de tener una buena retención de agua, tienen que ser porosos y permitir aireación. Preferible con una profundidad efectiva de 30 cm, pH de 6,5 (Pereira, 2021).

1.5. Manejo agronómico del cultivo de banano orgánico.

1.5.1. Control de arvenses -: Es la interferencia de luz- agua, la maleza en los bananos se han reportado lo siguiente: reducción de altura, grosor del pseudotallo y peso de racimo crecimiento lento con pocos hijos, retraso de la floración con el consecuente alargamiento del ciclo del cultivo, disminución del rendimiento. Además, se dificultan labores como la aplicación de fertilizantes, el desmache, el deshoje, la cosecha (Quintero-Pértuz & Carbonó-DelaHoz, 2016).

Para controlar malezas en banano se aplican las siguientes labores culturales:

- Control Manual.
- Control Mecánico.
- Control Químico.

1.5.2. Fertilización: La fertilización del banano suministra los nutrientes necesarios para la adecuada nutrición de las plantas. Estos pueden ser complementados por el suelo y por residuos de cosechas, pero resulta indispensable, para obtener cosechas económicamente rentables, agregar fertilizantes en una proporción equivalente a la extracción. El uso correcto de los fertilizantes ha contribuido al incremento de los rendimientos de los cultivos y como consecuencia, se han logrado mejoras en la rentabilidad del sistema productivo para ello es importante que la fertilización sea acorde a los requerimientos de la planta en su fase vegetativa, cuando desarrolla sus raíces y el pseudotallo. Debe considerarse, además, las condiciones edáficas en la localidad en que se cultiva, debido a que las necesidades del suelo y los rendimientos del cultivo difieren espacialmente y la eficiencia del nutriente varía considerablemente (Vivas-Cedeño et al., 2018).

1.5.3. Abonado orgánico: la utilización de los abonos orgánicos aporta algunos elementos esenciales permitiéndole al productor, mejorar algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Iveth et al., 2009).

1.5.4. Riego: El banano está constituido de agua en un 80-85% del total de su peso, tiene un alto requerimiento mensual hídrico debido a que su pseudotallo es herbáceo y su gran superficie foliar expuesta a la evapotranspiración (Pereira, 2021).

1.6. Requerimientos nutricionales del banano

Los nutrientes en el suelo deben estar disponibles para ser absorbidos por las plantas de manera inmediata después de la aplicación. Para permitir tener un mayor control sobre la disponibilidad de los nutrientes en el cultivo deben ser aplicados en base a un análisis de suelo o foliar, para determinar su cantidad y frecuencia de aplicación que puede ser diario, semanal, mensualmente u ocasional (Cobeña loor et al., 2020).

La aplicación de micro y macro nutrientes junto con microorganismos eficientes en el pseudotallo, mejora el tiempo y vigor de crecimiento del retorno, haciendo que este aproveche en su totalidad el aporte del pseudotallo de la planta madre, el desdoblamiento de los nutrientes realizado por los microorganismos eficientes, brindando una alternativa de nutrición más eficiente que la nutrición edáfica, preservando las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Tuz, 2018).

Los fertilizantes aportan al suelo y a los cultivos los elementos nutritivos asimilables son el: nitrógeno (N), fósforo (F), potasio(P) y en menor proporción, magnesio (Mg), sodio (Na) y azufre (S) en otros (Tabla 2) (Vargas Lozano Holger Joel., 2016).

La fertilización en el banano es directamente al suelo; teniendo como desventaja, la pérdida de nutrientes y minerales por lixiviación y por la volatilización, causando subdosificaciones en la fertilización que conllevan a obtener producciones bajas por efecto de la deficiencia de nutrientes, que no cubre las demandas nutricionales de la cosecha, es por eso que cada hijuelo o retorno se desarrolla con problemas de crecimiento afectando el vigor genético de los hijos de sucesión los mismos que producen racimos defectuosos y en tiempos más prolongados (Guerrero Quevedo et al., 2019).

1.7. El Biocarbon y la agricultura actual

La Organización de la Agricultura y la Alimentación de Naciones Unidas (FAO), casi mil millones de personas en el mundo sufren por la destrucción de los suelos agrícolas debido al manejo inadecuado de las principales razones agrícolas con el objetivo de alimentar 9 mil millones de personas que establecen el planeta en la segunda mitad de este siglo, puedan ser alimentados sólo a través de la intensificación de la agricultura con fertilizantes sintéticos, pesticidas, semillas modificadas genéticamente.

Científicamente, está claro que debemos de contribuir con nuevas alternativas para mejorar nuestro planeta tierra, el humus en el suelo ayudaría a la degradación de los suelos agrícolas a una correcta producción de alimentos para los agricultores, aumentando los niveles de materia orgánica de los suelos, mientras que el CO₂ que se extrae de la atmósfera, ayudaría a estabilizar el clima (Présiga-López et al., 2020).

1.7.1 Enmiendas orgánicas con biocarbon

El biocarbón es generado por el calentamiento de la biomasa, principalmente vegetal y que posea un alto contenido de humedad. Debido a las altas temperaturas del proceso del pirólisis o de carbonización hidrotérmica, se efectúa una evaporación selectiva de

algunas partículas contenidas en esa biomasa. El residuo final es un material sólido y duro, con una gran concentración de carbón, conocido generalmente como biocarbón (Mathias et al., 2018).

No todos los tipos de biocarbón son iguales; sus propiedades y el rendimiento dependen principalmente del tipo de biomasa empleada, el tiempo de descomposición, la temperatura, la velocidad de calentamiento, la presión y la humedad inicial de la biomasa. Por lo tanto, cada tecnología de producción y cada tipo de biomasa pueden producir biocarbón con propiedades distintas (Lefebvre et al., 2018).

Pérez- Cabrera et al. (2021), la producción de biocarbón tiene cuatro objetivos principales: 1) mejoramiento del suelo; 2) aprovechamiento de residuos; 3) mitigación del cambio climático; y 4) producción de energía. El mejoramiento se produce al adicionar el biocarbón al suelo, lo que favorece la retención de agua y nutrientes, además, aumenta la actividad microbiana, el segundo objetivo se cumple, al reducir los desechos en la agricultura dando valor agregado, con el objetivo de mitigar el cambio climático mediante el secuestro del carbono en la biomasa y reducción de gases de efecto invernadero (GEI), al almacenarlas en forma de carbono estable en el suelo y por último, se puede producir energía renovable.

1.7.2 Biocarbon en el crecimiento y productividad de cultivos En este sentido, señala que para maximizar los beneficios de aplicar el biocarbón como mejorador de suelos y vigorizar el crecimiento y rendimiento de cultivos, es importante considerar tres aspectos: el origen o material orgánico del que se obtiene o se produjo el biocarbón, la dosis de aplicación y el tipo de suelo donde se va aplicar (Lefebvre et al., 2018).

1.7.3 Procesos para obtener el biocarbón

El biocarbón se produce mediante el proceso de pirólisis, combustión, gasificación y carbonización hidrotérmica (Ramón, 2019).

El pirólisis: Es un proceso térmico de descomposición de restos de material vegetativo para la producir el biocarbón, posee un rango de temperatura de 400 a 600 °C y con disminución de oxígeno o con poca estequiometría (Tripathi, Sahu, & Ganesan, 2016).

Combustión: Es posible quemar cualquier tipo de biomasa con contenido de humedad menor a 50%; en caso contrario, es necesario un pretratamiento de secado. La combustión es usada desde la antigüedad en la cocina doméstica y como medio de calefacción, sin embargo, este tipo de combustión directa es considerada ineficiente debido a que se pierde entre 30% y 90% de transferencia de calor durante el proceso. La combustión de biomasa se realiza en estufas, hornos, calderas, turbinas de vapor y turbogeneradores, en los cuales la transferencia de calor es mucho más eficiente, y se las realiza a grandes escalas (Ayala-Mendivil & Sandoval, 2018).

Gasificación: Es el producto obtenido del pirólisis de la biomasa está influenciado por las condiciones del proceso, tales como la temperatura y el tiempo de residencia, muestran que el biocarbón obtenido presenta contenidos variables de carbono (49 a 93%), hidrógeno (de 3,65 a 3,68%) y oxígeno (entre 8 y 11%) eso dependería de la temperatura mínima y máxima del proceso (María et al., 2021).

Carbonización hidrotérmica: Consiste en someter el material a temperaturas altas, sumergido en agua, sin permitir que haya ebullición. Se ha observado que por este tipo de reacción es posible carbonizar materiales lignocelulósicos sólidos, pero también polisacáridos disueltos en agua, obteniendo materiales carbonosos estructurados como productos (Quesada Kimzey, 2012).

1.8. Biol o biofermentos

El Biol se define como una fuente de fitorreguladores que resulta de la descomposición anaeróbica de desechos orgánicos, obtenidos a través de la filtración o la decantación del biocarbon, que puede ser aplicado al suelo de forma beneficiosa (Peralta-Veran et al., 2016).

Es una fuente orgánica de fitorregulador a diferencia de los nutrientes, en pequeñas cantidades puede promover actividades fisiológicas en el desarrollo de las plantas, enraizamiento (aumenta y fortalece la base radicular), acción sobre el follaje (amplía la base foliar), mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de las yemas vegetativas de la planta madre del banano, aumento significativo de un 50% de producción en las cosechas (Audaz, 2017).

1.9. Fertilización orgánica (SiO₂)

El silicio es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre, es un componente mayoritario de los minerales, pertenece al grupo de los silicatos y es considerado un elemento esencial para ciertos cultivos y es de vital importancia en numerosos procesos geoquímicos y bioquímicos. Los efectos del Si en las plantas son diversos, producen aumento en la absorción de fósforo, confiere resistencia contra enfermedades fúngicas, mejorando resistencia a las sequías ocasionan, mejorando la toxicidad por abundancia de hierro y manganeso (Michajluk, 2019).

Las funciones del Silicio en el desarrollo vegetativo son:

- Forma fitolitos en la pared celular (engrosamiento de la pared celular)
- Mejora la resistencia de las plantas frente al ataque de insectos fitófagos.
- Ayuda a superar la toxicidad de metales como Al, As, Cd, Fe y Mn.
- Aumenta la resistencia a altas y bajas temperaturas de las plantas.
- Apoya a los efectos nutricionales de las plantas en caso de que haya un exceso de Nitrógeno o deficiencia de Fósforo

1.10. Fertilización con cal

La cal es muy favorable en la agricultura por lo que ayuda a reducir los niveles de acidez del suelo ($< 0,25$ micras, este fertilizante libera al suelo grupos OH^- que tienen interacción con el aluminio y el hidrógeno en el suelo. Como solución permite, neutralizar e incrementar el pH. Además, el calcio aportado desplaza estos elementos de los sitios de intercambio, con lo cual se logra aportar y/o liberar nutrientes retenidos en el suelo (Rosas-Patiño et al., 2017).

El uso de la cal en el suelo ayuda a mejorar la producción agrícola para la inmovilización de metales pesados y el mejoramiento de suelos explotados por la toxicidad de los productos orgánicos en la agricultura. La cal por su parte, ha sido utilizada para aumentar los niveles de pH del suelo, mejorando los nutrientes como el Ca, Mg y a disminuir la absorción de metales (Rosas-Patiño et al., 2017).

1.11. Enmiendas

Son orgánicas el producto se transforma de residuos vegetales, animales que adicionamos al suelo, tienen la capacidad de mejorar sus condiciones físicoquímicas y biológicas, así como la productividad de los cultivos agrícolas. Por lo general, las enmiendas mejoran los procesos de infiltración y capacidad de retención del agua, (promueve la actividad microbiana y controlan el pH por lo que se considera una fuente muy importante en la transportación de nutrientes para el suelo y las plantas (Murillo Montoya et al., 2019).

1.12. Abonos verdes

Son unas de las alternativas para aumentar y conservar la fertilidad de los suelos, sobre todo en las condiciones de los trópicos. Esta práctica ha mostrado ser efectiva para reemplazar los fertilizantes nitrogenados para así aumentar el incremento en la productividad de los cultivos. Hoy en día, la incorporación de los abonos verdes se extiende a las especies vegetales y a la rotación con los cultivos permitiendo mejorar las condiciones nutricionales y estructurales de los suelos además protegen de la acción erosiva de la lluvia y el viento (Silvio et al., 2008).

1.13. Compost

El compostaje es una tecnología de bajo costo, que asegura que los residuos orgánicos vinculen sus componentes permitiéndoles mejorar las condiciones físicas del suelo y aumenta la retención de nutrientes para una mejor productividad a los cultivos. La composición del compost contiene mayores concentraciones de MO, N, P, K, Ca y Mg, por lo que se recomienda que al momento de elaborar enmiendas orgánicas deben incorporarse materiales de origen animal con la finalidad de obtener un producto de mayor valor nutricional (Vargas et al., 2019).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización y descripción del área de estudio.

El presente trabajo de investigación fue desarrollado en la finca bananera con la variedad de clon Cavendish en la Hacienda Santa Bárbara, ubicada en la Av. Panamericana Km. 5.7 Vía Machala - Pasaje en la Provincia de El Oro.



Figura 6: Google maps

2.2. Ubicación Geográfica

El sitio en estudio se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas: longitud: 79° 54'05" W; latitud: 03° 17'16" S; altitud: 6 msnm

2.2.1 Características del suelo

La clase textural determinada para el suelo en el sitio de estudio fue franco arcilloso como se observa en la tabla 2, Las fracciones granulométricas de arcilla fueron las que predominaron con una variación entre 60,24% a 65,98 % entre 0-15 cm y de 57,37% a 71,72 % entre 15-30 cm.

Tabla 2: Análisis de Textura del suelo.

HORIZONTE	Limo	Arcilla	Arena	Clase Textural
T1	16,8	65,98	17,22	Franco arcilloso
T1	2,46	71,72	25,82	Franco arcilloso
T2	19,67	63,11	17,22	Franco arcilloso
T2	25,41	65,98	8,61	Franco arcilloso
T3	22,54	63,11	14,35	Franco arcilloso
T3	22,54	63,11	14,35	Franco arcilloso
T4	31,15	60,24	8,61	Franco arcilloso
T4	34,02	57,37	8,61	Franco arcilloso
T0	34,02	60,24	5,74	Franco arcilloso
T0	31,15	57,37	11,48	Franco arcilloso

2.3. Materiales de campo

- Bomba de mochila
- Fundas
- Libreta de campo
- Cinta métrica
- Etiquetas de identificación
- Flexómetro
- Spray de colores

2.4. Materiales de laboratorio

- Agua destilada
- Etiquetas de identificación
- Cuaderno de notas
- Gramera
- Vasos de 10 onzas
- Potenciómetro
- Probetas
- Estufa

2.5. Diseño del experimento

El trabajo se realizó en dos hectáreas donde se establecieron cuatro tratamientos incluidos una parcela testigo. En cada tratamiento fueron seleccionadas 10 plantas en forma aleatoria, más la parcela testigo como pre tratamiento se incorporó al principio del trabajo en tratamiento más el testigos cal agrícola para regular el pH del suelo, el cual varió entre 6,69 a 8,01 valores que indican una tendencia a la alcalinidad.

El estudio se conformó por la variable independiente biochar + SiO₂ con sus respectivos grados (dosis/tratamiento) y por las variables dependientes: la medición de la altura, diámetro de la planta de banano, el número de hojas del hijo y de la planta madre.

En la Tabla 3 se describe la distribución de cada tratamiento con su respectiva dosis:

Tabla 3: Diseño de tratamientos con su respectiva dosis para la aplicación en el cultivo de banano.

TRATAMIENTOS	DOSIS
T1	25 g (Biochar Cacao) +50g (SiO ₂)
T2	50 g (Biochar Cacao) + 50 g(SiO ₂)
T3	20g (Biochar Banano) + 50g(SiO ₂)
T4	30 g (Biochar Banano) + 50 g (SiO ₂)
T0(Testigo)	50 g (SiO ₂)

2.5.1 Hipótesis de estudio

Hipótesis nula (H₀)

¿En el estudio de la aplicación de biochar +SiO₂ + yeso agrícola incide en el crecimiento de las plantas de banano Cavendish?

2.5.2. Parámetros que se estudiaron: A continuación, se describen las formas en que se midió las variables dependientes: altura, diámetro de la planta de banano, el número de hojas del hijo y de la planta madre.

2.5.3. Medición de la altura de la planta: Para la medición de la planta se utilizó un flexómetro la cual fue colocada al ras del suelo hasta la bifurcación del pseudotallo, la medida fue en metros (m) las medidas de los datos fueron tomados cada 15 días.

2.5.4. Diámetro del pseudotallo: Para la medición de esta variable se tomó la cinta métrica y se la colocó alrededor del pseudotallo, se midió cada 15 días. Este dato fue tomado hasta la aparición de la planta de banano.

2.5.5. Número de hojas del hijo: Estos datos fueron tomados desde el inicio de la investigación y cada 15 días se tomaba la lectura del número de hojas de todas las plantas en tratamientos.

2.5.6. Número de hojas de la planta madre: Se tomaron los datos al inicio de la investigación y al final cuando se iba a realizar la cosecha, es decir, para saber cuál era el número de hojas que se perdieron durante todo ese tiempo y con cuantas hojas funcionales quedó la planta de banano para el proceso organolépticas del fruto.

2.5.7. Porcentaje de biomasa de la raíz: para la obtención de las raíces se tomó 4 repeticiones por tratamiento, procediendo que se realizó mediante una perforación en el suelo con medidas de 50 cm de ancho, 30 de largo y 40 cm de profundidad, y de esta manera obtener las raíces para luego ser lavarlas y pesadas con un mismo peso todas las repeticiones y proceder a secarlas en la estufa a 110° por 24h y se vuelve a pesar (Figura 6).



Figura 7: peso de raíces fresco

2.6. Elaboración de la materia prima

2.6.1. Biomasa de la cáscara de Cacao

Las cáscaras de cacao fueron recolectadas en la finca perteneciente al sitio El Salado ubicada en El Guabo. Las mazorcas fueron obtenidas en estado fresco después de su cosecha para luego ser expuestas al sol por 15 días para luego ser descompuestas como un material orgánico para las plantas (Figura 7)



Figura 8: Cáscara de cacao en fresco y en seco

2.6.2. Biomasa del raquis de banano

El material de raquis de banano fue localizado en el sector rural de Barbones perteneciente al cantón El Guabo donde se lo encontró alrededor de una finca bananera ya totalmente el raquis de banano en estado deshidratado ya listo para la Incineración completa de la materia orgánica.



Figura 9: Raquis de banano

2.7. Producción de biocarbón

Es un tanque de forma cilíndrico grande con medidas del cilindro de un largo de 120 cm y un diámetro de 50 cm con su respectiva tapa metálica, con dos espacios a los lados en el cual se le pusieron como base dos ladrillos a los costados para así poder colocar leña y producir el fuego y a su vez poder alzar el tanque pequeño con un largo es 70 cm y un diámetro de 40 cm, en cual se coloca dentro del tanque pequeño las cáscara de

cacao y los trozos de raquis Para el biochar de cacao se usaron alrededor de 80 libras de materia prima y tuvo una duración de 25 minutos.

Para el biochar de banano se tomó 20 raquis y se los procesó con el secado para luego colocarlos en el tanque pequeño, esto tuvo una duración de 45 minutos.



Figura 10: Diseños de los tanques

2.8. Mezcla del biol

Se procedió a llenar un balde de 20 litros con agua en el cual añadió 1 vaso y medio de biol un día antes de la aplicación para que se activen los microorganismos eficientes. Al siguiente día lo pasamos a una bomba de mochila de 20 litros con boquilla de 4 mm.



Figura 11: Mezcla y aplicación

2.8.1. Aplicación de los tratamientos de biocarbón

Las aplicaciones se realizaron durante cuatro meses, la primera aplicación se realizó el 15 de septiembre del 2021 dejando pasar un mes para continuar con la segunda seleccionando plantas madres próximas a la aparición. Antes de mencionar se aplicó lo primero en cada tratamiento yeso agrícola para corregir el suelo y continuar con los respectivos tratamientos, aplicando al hijo en forma de media luna con una distancia de 25cm.



Figura 12: Aplicación del Biocarbon.

2.8.2. Recolección de las muestras de suelo

Primero se procedió analizar el área de estudio donde iban a ser obtenidas las muestras, para ello se tomaron submuestras de cada tratamiento, en el T1, T2, T3, T4, T0 se tomaron las repeticiones con número impar a profundidades de 0 a 0,15 cm y de 0,15-0,30 cm (Figura 12). Para recolectar las muestras se procedió a eliminar restos de materia seca de las hojas de banano que se encontraba en el lugar, después se cavó un hoyo con la ayuda de un palín en forma de v para sacar cuidadosamente el suelo, luego se colocó en las fundas plásticas con marcador azul la identificación de cada una de las muestras obtenidas para luego ser secadas, tamizadas y ser llevada al laboratorio de suelo para determinar los valores de Textura, PH, Conductividad eléctrica.



Figura 13: Recolección de muestra de suelo

2.8.3. Textura

Para la determinación de la textura se utilizó el Método de bouyoucus en el cual se utilizó 40 gramos de suelo y el hidrómetro, probetas, agua destilada, suelo tamizado, batidoras, densímetro y pipetas.

2.8.4. Determinación de materia orgánica

El método para la determinación de materia orgánica fue el método Walkley-Black y el de Inducción utilizando los siguientes reactivos: 10 ml de Dicromato, 10 ml de

ácido sulfúrico concentrado, 6 gotas de difenilamina sulfúrica, 3 ml de ácido fosfórico y en el de inducción se tomó el peso del crisol luego los 10 g de suelo luego a los 600 °C se procedió a controlar por una hora para luego sacar el peso de la mufla.

2.8.5. pH y conductividad eléctrica (CE)

Para la toma de los datos se procedió a pesar 10 g de suelo seco luego se le añadió agua destilada a una medida de 20 ml colocando en cada uno de los vasos las varillas para remover el suelo bien sin dejar ningún grumo para que no haya ningún impedimento al momento de tomar cada uno de los valores de nuestras muestras (Figura13).



Figura 14: Determinación PH y C.

2.8.5. Proceso estadístico

Los valores fueron recopilados en una hoja Excel para luego pasarlo a un programa estadístico SPSS donde nos proporciona una herramienta rápida y sencilla para determinar valores cuantitativos y cualitativos que va, desde el análisis e interpretación de datos (estadística descriptiva), al proceso de predicción y toma de decisiones (estadística inferencial) representando a través de gráficos de barras para determinar los valores de (número de hojas del hijo , grosor del pseudotallo-hijo y altura del hijo) (Nicole et al., 2019)

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Altura de la planta

La tabla 4, muestra el análisis de varianza de la altura de planta entre tratamientos, desde el primer al último registro. Los valores obtenidos indican que se obtuvo diferencias significativas ($>0,05$), en ambos registros. La mayor media en el primer registro (R1) correspondió al tratamiento 4 (T4) con una altura de 2,20 m, seguido de los tratamientos 3 (T3), tratamiento 2(T2), la parcela testigo (T0) y el tratamiento 1 (T1) con los siguientes valores: 2,05 m, 1,92 m, 1,75m y 1,61 m, respectivamente. Valores que cambiaron en el último registro (R8), siendo el pico más alto en T4 (3,54 m) y el menor valor en T0 (3,04 m), mientras que T1 (3,13 m) se aproxima a la media obtenida en T2 (3,14 m). En cuanto a los valores mínimos la variación fue entre T1 (1,61 m) y T3 (1,68 m), mientras que el rango máximo fluctuó entre T3 (2,87 m) y T4 (2,70 m) en el primer registro. En el último registro la variación del rango mínimo cambio siendo el menor valor el obtenido en T0 (3,0 m), seguido de T1 y T2; en el máximo en este registro correspondió a T3 (4,16 m) seguido de T4, T2, T3 y T0. Estos valores indican que el mejor crecimiento no solo fue en T4 y T3, también se destaca el crecimiento de T1 que inició con la menor media y menor valor mínimo en R1 y que se incrementó en R8.

Tabla 4.- Análisis de varianza de la Altura (m) de plantas por tratamiento, entre el primer registro y el último registro

Registros	Tratamientos	N	Media	Mínimo	Desviación típica	Máximo	Sig (0.05)
R 1	T1	10	1,61	1,10	0,53	2,57	0,012
	T2	10	1,92	1,51	0,27	2,40	
	T3	10	2,05	1,68	0,34	2,87	
	T4	10	2,20	1,42	0,42	2,70	
	T0	10	1,75	1,32	0,33	2,40	
R 8	T1	10	3,13	2,42	0,40	3,54	0,009
	T2	10	3,14	2,64	0,29	3,60	
	T3	10	3,34	2,78	0,36	4,16	
	T4	10	3,54	3,17	0,25	3,96	
	T0	10	3,04	2,62	0,28	3,35	

En la figura 15, se presenta la prueba de Duncan (significancia 0,05) entre los tratamientos para la variable dependiente altura (m) en el último registro. Se obtuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre T4 con el mayor valor promedio con respecto a T3, que formó un segundo subconjunto, con el testigo, T1 y T2 que conforman un tercer subconjunto.

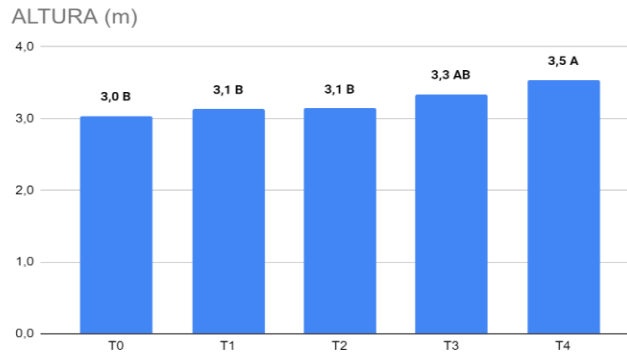


Figura 15.- Prueba de Duncan al 5% de significancia estadística entre tratamientos para la variable altura.

3.2. Número de Hoja

La tabla 5, presenta el ANOVA de un factor y los principales estadísticos descriptivos de la variable de número de hoja. Se obtuvo diferencias significancia ($p\text{-valor} \leq 0,05$) en R1, pero no en R2 ($p=0,197$), donde solo se observa diferencia numérica. La mayor media en R1 correspondió a T4 (9,14), seguido de T3 (7,82), T1 (7,66), T0 (7,06) y T2 (6,38). Valores que cambiaron en R8, siendo el mayor registro T4 (11,96) y el menor valor T3y T0 (10,02-11,02), mientras que T1 (11,60) se acercó a la media obtenida en T2 (11,22). Los valores mínimos y máximos fluctuaron entre 3 a 11 hojas que corresponden a T1 y T4, respectivamente en el primer registro, mientras que en R8 estos valores fueron 10,02 hojas (T0) y 16,20 hojas (4); por otra parte, T1 logró incrementar sus valores extremos en 10 a 14 hojas en R8.

Tabla 5.- Análisis de varianza de la hoja de plantas por tratamiento, entre el primer registro y el último registro

Descriptivos	Tratamientos	N	Media	Mínimo	Desviación típica	Máximo	Sig (0.05)
Registro 1	T1	10	7,66	3,00	0,60	9,20	0,009
	T2	10	6,38	4,00	0,50	8,20	
	T3	10	7,82	6,00	0,52	10,40	
	T4	10	9,14	7,00	0,49	11,00	
	T0	10	7,06	4,20	0,49	8,60	
Registro 8	T1	10	11,60	10	1,21	14,00	0,197
	T2	10	11,22	9,40	1,37	13,20	
	T3	10	11,02	8,00	1,55	14,00	
	T4	10	11,96	9,60	1,92	16,20	
	T0	10	10,02	6,00	2,22	14,20	

En la figura, 16 presenta la prueba de Duncan (significancia 0,05) del último registro entre los tratamientos para la variable dependiente números de hojas. Se obtuvieron diferencias significativas entre T4 con el mayor valor promedio (11,9 hojas) con respecto a T1 (11,6 hojas), que formó un segundo subconjunto, con el T2 (11,2 hojas), T3 (11,0 hojas) y el testigo (10,0 hojas).

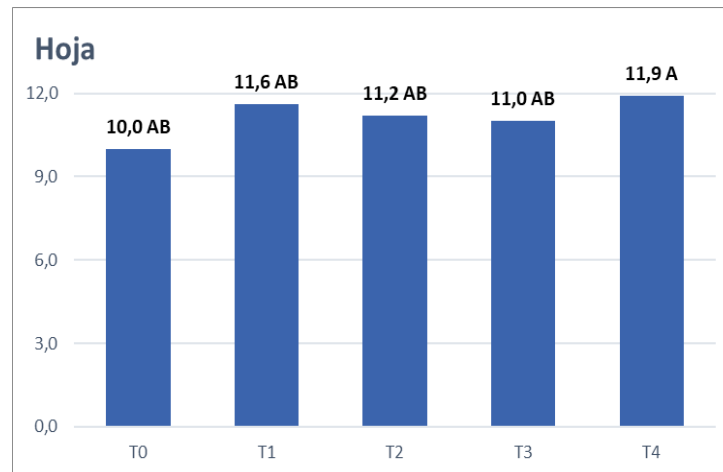


Figura 16.- Prueba de Duncan al 5% de significancia estadística entre tratamientos para la variable hoja.

3.3 Diámetro de la planta

La tabla 6, presenta el ANOVA de un factor de la variable del diámetro del pseudotallo de la planta, los valores obtenidos permitió obtener diferencias significancia (p-valor $\leq 0,05$), tanto en la R1, como en R8. La mayor media en R1 correspondió a T4 (51,91 cm), seguido de T3 (46,26 cm), T1 (45,84cm), T0 (40,68 cm) y T2 (40,40cm). Valores que cambiaron en R8, siendo el mayor registro T4 (82,91 cm) y disminuyó a 72,30 cm y 70,75 cm en T0 y T2, respectivamente. Por otra parte, los valores mínimos y máximos fueron muy heterogéneos al inicio del trabajo en T4 y T3 con los valores más altos, y que se mantuvieron en R8, siendo este un factor a tener en cuenta al comparar T2 y T0 con T1 que lo superaron en los valores máximos y mínimos

Tabla 6.- Análisis de varianza del diámetro de plantas por tratamiento, entre el primer registro y el último registro

Descriptivos	Tratamientos	N	Media	Mínimo	Desviación típica	Máximo	Sig (0.05)
Registro 1	T1	10	45,84	33,00	6,71	56,40	0,002
	T2	10	40,40	31,00	5,61	47,20	
	T3	10	46,26	37,50	7,85	62,30	
	T4	10	51,91	38,50	6,13	61,30	
	T0	10	40,68	28,80	6,22	50,30	
Registro 8	T1	10	74,14	54,00	9,01	88,40	0,001
	T2	10	72,30	63,00	5,03	80,00	
	T3	10	78,50	68,00	7,33	95,00	
	T4	10	82,91	71,00	6,46	92,40	
	T0	10	70,75	63,00	5,70	80,00	

En la figura 17, se presenta la prueba de Duncan (sig. 0,05) entre los tratamientos para la variable dependiente del diámetro del pseudotallo. Se obtuvieron diferencias significativas entre T4 con el mayor valor promedio que fue de 82,9 cm con respecto a T3 con 78,5 cm que conformó el segundo subconjunto, luego siguió también con T1 (74,1 cm) y T2 (72,3 cm) conformando el tercer subconjunto y la mayor diferencia fue con el testigo (T0=70,8), conformando el cuarto subconjunto.

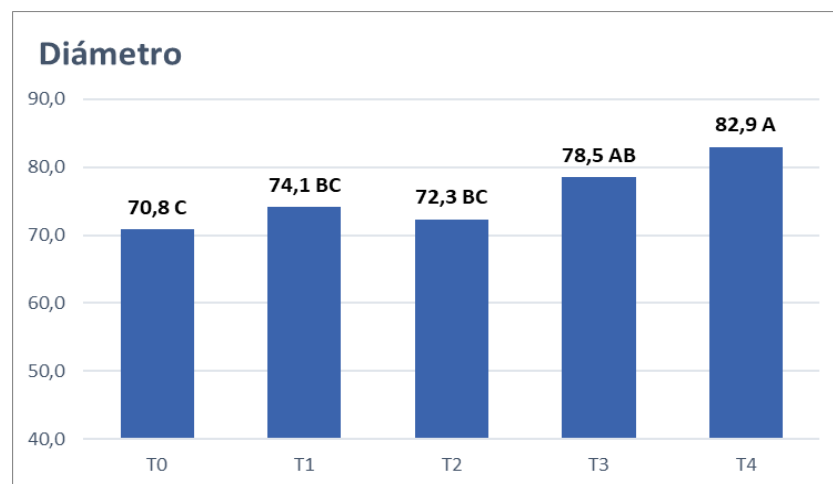


Figura 17.- Prueba de Duncan al 5% de significancia estadística entre tratamientos para el diámetro de variable.

3.5. pH

La tabla 7, presenta el ANOVA de un factor, donde se presenta diferencias significancia (p-valor $\leq 0,05$) en el pH tomado en el inicio del ensayo. El pH inicial, tuvo su mayor pico en T1 (8,04) y el menor valor fue T2 (7,82) y T0 (6,69), mientras que T3 y T4 se acercó a la media obtenida de 7,62, valores que indican el cambio a neutralidad hacia la acidez del suelo en el testigo. La mayor media en pH final correspondió a T1 (6,55), seguido de T2 (6,43), T3 (6,43), T4 (6,18) y T0 (5,94), valores que indica una variación de alta alcalinidad de T1, T2 y T3 hacia una neutralidad de T4 al testigo.

El pH del suelo puede aumentar, los niveles propios del biocarbón al mejorar la retención de cationes dentro del suelo este último correlacionado con el aumento de la CIC dando como resultado que el biocarbón de residuos vegetales de cacao, banano, maíz sean transformados como enmiendas orgánicas para corrección del suelo y el aporte de nutrientes a los cultivos (Puentes Escobar & Rodríguez Carlosama, 2021).

Tabla 7.- Análisis de varianza de pH, entre el primer registro y el último registro

Descriptivos	Tratamientos	N	Media	Mínimo	Desviación típica	Máximo	Sig (0.05)
pH_Inicial	T1	2	8,04	7,89	0,21	8,19	0,007
	T2	2	7,82	7,69	0,18	7,95	
	T3	2	7,62	7,47	0,21	7,77	
	T4	2	7,14	7,10	0,06	7,18	
	T0	2	6,69	6,47	0,30	6,90	
pH_final	T1	10	6,55	6,50	0,08	6,61	0,126
	T2	10	6,43	6,64	0,13	6,52	
	T3	10	6,43	6,33	0,14	6,53	
	T4	10	6,18	6,10	0,11	6,25	
	T0	10	5,94	5,67	0,38	6,21	

En la figura 18, se presenta la prueba de Duncan (sig. 0,05) entre los tratamientos para la variable dependiente del pH Inicial del suelo. Se obtuvieron diferencias significativas entre T1(8.04) con el mayor valor promedio con respecto a T2(7,82), T3(7,62) y un valor medio T4(7,14) y un tratamiento testigo (6,69) de menor valor.

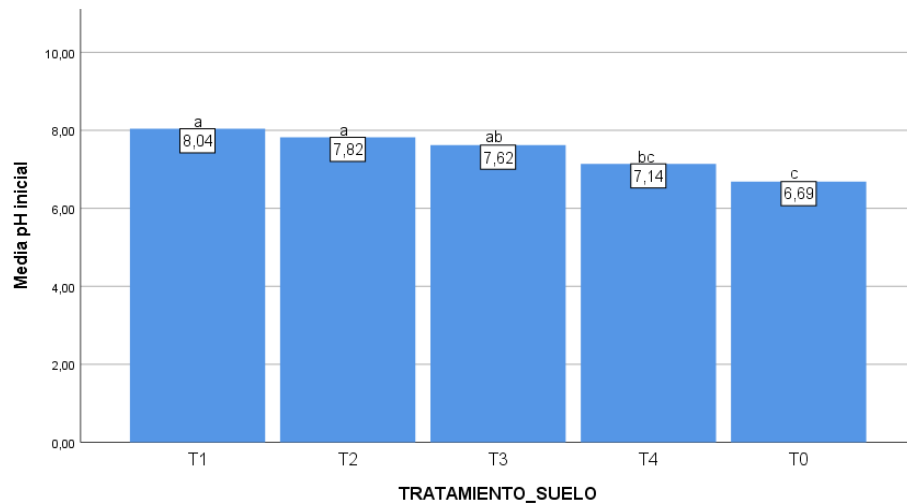


Figura 18.- Prueba de Duncan al 5% de significancia estadística para la determinación del Ph del suelo inicial.

En la figura 18, se presenta la prueba de Duncan (sig. 0,05) entre los tratamientos para la variable dependiente del pH Final del suelo. Se obtuvieron diferencias significativas entre T1(6,56) con el mayor valor promedio con respecto a T2(6,43), T3(6,43) y un valor medio T4(6,18) y un tratamiento testigo (5,94) de menor valor.

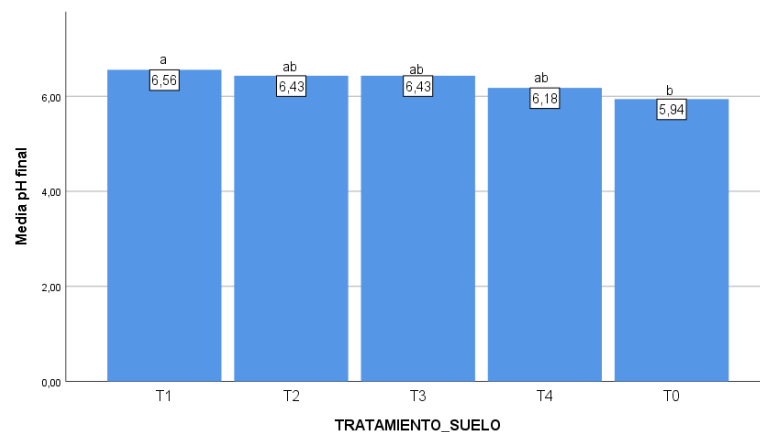


Figura 19.- Prueba de Duncan al 5% de significancia estadística para la determinación del Ph del suelo Final.

3.5. Conductividad eléctrica

La tabla 5, presenta el ANOVA de un factor, donde no se presentó diferencias significancia (p -valor $>0,05$), tanto al inicio del primer registro como al final. La mayor media en CE inicial correspondió a T0 (988,00 uS/cm), seguido de T3 (353,00 uS/cm), T2 (337,00 uS/cm), T1 (324,00 uS/m) y T4(238,00 uS/m), valores que indican presencia de sales en los suelos. Los valores que cambiaron en CE final, siendo el mayor registro T3 (1159,50 uS/cm), luego siguió T0 (757,00 uS/cm), T1 (479,50 uS/cm) y T2 (585,50 uS/cm) mientras que el menor valor fue en T4 (359,00 uS/cm).

Tabla 8.- Análisis de varianza de CE, entre el primer registro y el último registro

Descriptivos	Tratamientos	N	Media	Mínimo	Desviación típica	Máximo	Sig (0.05)
CE_inicial	T1	2	324,00 uS/m	318,00 uS/m	8,49	330,00 uS/cm	0,507
	T2	2	337,00 uS/m	240,00 uS/m	137,18	434,00 uS/cm	
	T3	2	353,00 uS/m	348,00 uS/m	7,07	358,00 uS/cm	
	T4	2	238,00 uS/m	181,00 uS/m	80,61	295,00 uS/cm	
	T0	2	988,00 uS/m	296,00 uS/m	978,54	168,00 uS/cm	
CE_final	T1	2	479,50 uS/m	326,00 uS/m	217,08	633,00 uS/cm	0,634
	T2	2	585,50 uS/m	421,00 uS/m	232,64	750,00 uS/cm	
	T3	2	1159,50 uS/m	523,00 uS/m	900,15	1760,00 uS/cm	
	T4	2	359,00 uS/m	236,00 uS/m	173,945	295,00 uS/cm	
	T0	2	757,00 uS/m	267,00 uS/m	692,96	1247,00 uS/cm	

En la figura 19, se presenta la prueba de Duncan (sig. 0,05) entre los tratamientos para la variable dependiente de CE_inicial del suelo. Se obtuvieron diferencias significativas entre T0(9.90%) con el mayor valor promedio con respecto a T2(30,60), T3(30,60), T1(35,04) y un tratamiento de menor valor T4(25.15) .

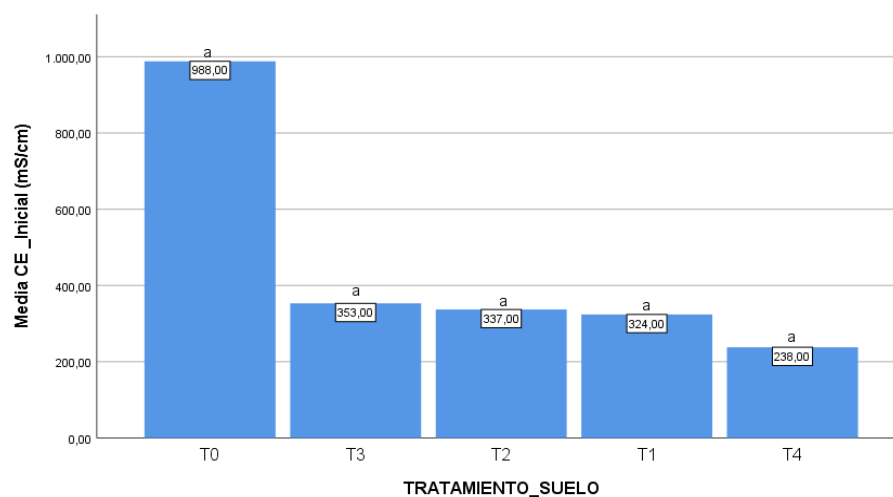


Figura 20.- Prueba de Duncan al 5% de significancia estadística entre tratamientos para la determinación de la conductividad Inicial.

En la figura 19, se presenta la prueba de Duncan (sig. 0,05) entre los tratamientos para la variable dependiente de CE_final del suelo. Se obtuvieron diferencias significativas entre T1(6,56%),T2(6,43%),T3(6,43)y un valor medio en el tratamiento T4(6,00)con un testigo de menor (5,9)

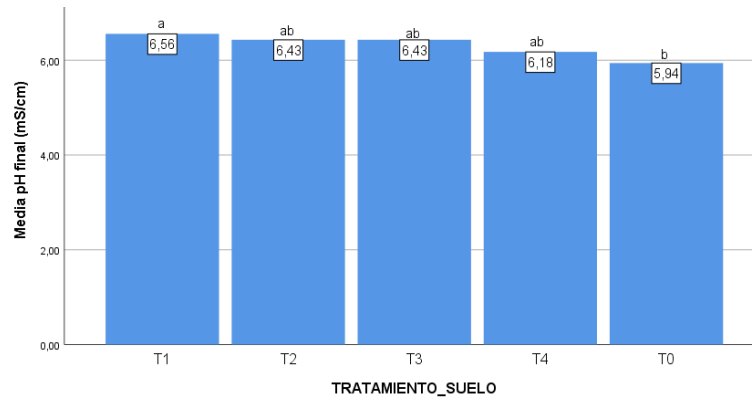


Figura 21.- Prueba de Duncan al 5% de significancia estadística entre tratamientos para la determinación de la conductividad Final.

3.5. Peso Raíz

La tabla 9, presenta el ANOVA de un factor para el peso de las raíces por cada tratamiento. No se obtuvo diferencias significancia ($p\text{-valor} \leq 0,05$) tanto en peso fresco o en el peso en seco de las raíces. La mayor media se obtuvo en R1 y correspondió a T0 (988,00 g), seguido de T3 (353,00 g), T2 (337,00 g), T1 (324,00 g) y T4 (238,00 g). Valores que cambiaron en R8, siendo el mayor registro T3 (1159,50 g) y el menor valor T4-T1 (479,50g-359,00g), mientras que T2 (585,50g) se acercó a la media obtenida en T0 (757,00 g). Los valores máximos y mínimos indican una alta heterogeneidad de los valores contrario a presentado en T4 con una menor dispersión de datos y una menor desviación típica.

La literatura reporta con frecuencia, la relación existente entre el aumento en el desarrollo y peso de la raíz después de la aplicación del biocarbón ([Tanure et al., 2019](#)) y atribuyen su desarrollo prominente a los cambios físicos, químicos y biológicos que genera el biocarbon en el suelo. Otros autores sugieren que el biocarbón favorece que la raíz tenga mayor área de exploración por el aumento de la disponibilidad de nutrientes y la mayor concentración de nutrientes (Alfredo Mondragon, LeninMedina-Alexander Sanchez, 2021).

Tabla 9.- Análisis de varianza de peso raíz fresca y seca.

Descriptivos	Tratamientos	N	Media	Mínimo	Desviación típica	Máximo	Sig (0.05)
Peso raíz (g) Fresco	T1	2	324,00	318,00	8,49	330,00	0,507
	T2	2	337,00	240,00	137,18	434,00	
	T3	2	353,00	348,00	7,07	358,00	
	T4	2	238,00	181,00	80,61	295,00	
	T0	2	988,00	296,00	978,54	168,00	
Peso raíz (g) Seco	T1	2	479,50	326,00	217,08	633,00	0,634
	T2	2	585,50	421,00	232,64	750,00	
	T3	2	1159,0	523,00	900,15	1760,00	
	T4	2	359,00	236,00	173,945	295,00	
	T0	2	757,00	267,00	692,96	1247,00	

Materia Orgánica del suelo

La tabla 10, los valores promedios de la materia orgánica por cada tratamiento a dos profundidades. Al inicio del trabajo los valores fueron bajos fluctuando entre 3,72 (T1) a 2% en los primero 15 cm del suelo y que descendieron a muy bajos con valores entre 2,76 % (T2) a 0,90 (T2). Al concluir el experimento la mayor media se obtuvo en T1 (4,11%), seguido de T3 (3,89%) y T4 (3,59%), valores que se categorizan como alto a medio, mientras que T0 (2,44%) y T2 (2,33%) en los primero 15 y entre 15-30 cm los valores aumentaron muy poco con respecto a la primera medición. Esto indica que el efecto del biochar en el experimento fue a nivel superficial.

Tabla 10.- Análisis de MOS, entre el primer y último registro

Tratamiento	Profundidad	Antes de la aplicación		Después de la aplicación	
		%M.O	Interpretación	%M.O	Interpretación
T1	0-15	3,72	Medio	4,11	Alto
T1	15-30	0,97	Muy bajo	1,84	Muy Bajo
T2	0-15	1,93	Muy bajo	2,33	Medio
T2	15-30	0,9	Muy bajo	2,17	Medio
T3	0-15	2,97	Bajo	3,89	Medio
T3	15-30	1,59	Muy bajo	2,30	Medio
T4	0-15	2,9	Bajo	3,59	Medio
T4	15-30	1,17	Muy bajo	2,79	Bajo
T0	0-15	2	Bajo	2,44	Bajo
T0	15-30	2,76	Bajo	2,09	Bajo

Conclusiones

- Las enmiendas de biochar es la transformación de materia de restos de vegetales, para la aplicación durante el proceso de desarrollo vegetativo de la planta podemos observar que hubo concentración de nutrientes, y el mejoramiento de la estructura del suelo, rendimientos a las cosechas generando un mayor resultado en cada una de las variables estudiadas.
- Mediante los resultados obtenido determinamos que el T4 con una dosis de 30 g (Biochar Banano) más los 50 g (SiO_2) con el T1 (25g Biochar Cacao + 50g de silicio + Biol) fue el obtuvo el mayor valor nutritivo suelo-planta en el desarrollo vegetativo.
- Las raíces son es el sostén de la planta en el cual reciben mayor contenido de biochar, La mayor media en el peso de las raíces fue el T0 (988,00 g), seguido del tratamiento T3 (1159,50 g) donde hubo más concentración de biomasa.

Recomendaciones

- ✓ Al productor a no desechar los restos de desechos orgánicos, estos residuos de vegetales en cacao, banano, maíz, etc. se puede elaborar como una enmiendas orgánicas, ya que manera útil puede ayudar a obtener nuevas alternativas para mejorar sus condiciones y texturas del suelo, y el aumento de los minerales que asimilan las planta para el desarrollo en los cultivos y evitando la utilización de fertilizantes químicos que perjudiquen su rendimiento y degradación en los suelos y a la salud de las personas, en el cual recomiendo realizar otro análisis de estudio a determinar nuevas variables en la etapa de productiva para determinar la calidad del fruto .

BIBLIOGRAFÍA

- Alfredo Mondragón, Lenin Medina-Alexander Sánchez, V. N. (2021). Effect of the application of biochar in the corn yield in Michoacán, Mexico. *Revista Terra Latinoamericana*, 39, 1–7. <https://doi.org/10.28940/TERRA.V39I0.896>
- Aponte, M., & Rodríguez, B. (2021). Tendencias en el uso del biocarbón como acondicionador de suelos. *Universidad Católica Andrés Bello*, 35(2), 44–51. [file:///C:/Users/Pc1/Downloads/24110-Texto del artículo-96806-1-10-20211201.pdf](file:///C:/Users/Pc1/Downloads/24110-Texto%20del%20artículo-96806-1-10-20211201.pdf)
- Audaz, J. C. (2017). 'Evaluación del uso de tres formulaciones de biolen la producción de papa' (*Solanum tuberosum L.*) variedad cecia". 93(I), 259.
- Ayala-Mendivil, N., & Sandoval, G. (2018). Bioenergy from forest and wood residues. *Artículo Científico*, 24(Special Issue), 1–14. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401877>
- Ayuso, F. (2015). *Efecto de enmiendas orgánicas y de un hongo.pdf*. 65, 82–91.
- Básica, E. E. (2012). *Universidad técnica de Babahoyo*.
- Carrión Torres, N. S., Villavicencio Caparó, E., & Toledo Ortega, C. E. (2021). Prevalencia de Trauma Dentoalveolar En La Población De La Parroquia Urbana El Vecino del Cantón Cuenca En El Año 2019. *Revista Científica especialidades odontológicas ug*, 4(1), 14–19. <https://doi.org/10.53591/eoug.v4i1.36>
- Cobeña loor, N. V., Espinosa marroquin, José Antonio Avellán-vásquez, L. E., & Cedeño-zambrano, José Randy Vaca-sotelo, Diego Alfonso Chica-chica, D. M. (2020). *Exportación y Eficiencia*.
- Cobeña-loor, N. V., Espinosa-marroquin, J. A., Avellán-vásquez, L. E., Cedeño-zambrano, J. R., Vaca-sotelo, D. A., & Chica-chica, D. M. (2020). exportación y eficiencia.
- Domínguez, C. (2021). Comparación de tratamientos de biochar + óxido de silicio (SiO₂) aplicado a un suelo bananero en el cantón El Guabo. *Universidad Técnica de Machala*, 1–48. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15166>
- Durango Cabanilla, W. D. (2017). Evaluación de enmiendas orgánicas sobre la respiración microbiana del suelo y variables agronómicas en banano. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 2(8), 28. <https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol2iss8.2017pp28-32>
- Enciso, V. (2020). *Banana. Manejo, comercialización y costos*.

- Guerrero Quevedo, J., Tuz Guncay, I., García Bastista, R., & Universidad Técnica de Machala. Ecuador. (2019). evaluación de la aplicación de fertilizante al pseudotallo de plantas cosechadas de banano (musa x paradisiaca l.) y su efecto en la velocidad de crecimiento del hijo retorno. *científica agroecosistemas*, 191–197.
- Infocomm. (2016). Banano. *Conferencia de Las Naciones Unidas Sobre El Comercio y Desarrollo unctad*, 1–19. https://unctad.org/es/system/files/official-document/infocomm_cp01_Banana_es.pdf
- Iveth, Lora Silva, Caro Lara, R., & Romero Otálora, Z. (2009). Producción de abonos orgánicos con la utilización de elodea (*Egeria densa*) presente en la laguna de fúquene. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 12(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v12.n1.2009.645>
- Larrotta, L., & Flórez-Méndez, J. (2021). La Fiesta del Banano en el Urabá colombiano: cultura y tradición. *Revista RIVAR*, 8(23), 171–182. <https://doi.org/10.35588/rivar.v8i23.4953>
- Lefebvre, D., Cabanillas, F., Silman, M. R., & Fernandez, L. E. (2018). Producción y utilización de biocarbón. *Revista Científica*, August. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18068.01921>
- Martínez, R., & Rodríguez, M. (2015). Respuesta económica del cultivo de banano al riego por goteo subterráneo. *Revista Ingeniería Agrícola*, 5(1), 27–33.
- Mathias, M., Ibrahim, B., Kipping-R, Ortiz-Laurel, H., & Fras, J. (2018). Generación De Biocarbón a Partir Del Material Sólido En La Hidrólisis Aeróbico-Microbiológica. *Agro Productividad*, 11(11), 27–33. <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i11.1279>
- Michajluk, J. (2019). Evaluation of silicon content in soil through nuclear analytical techniques. *Revista Científica de La UCSA*, 6(3), 18–22. <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2019.006.03.018-022>
- Murillo Montoya, S. A., Mendoza Mora, A., & Fadul Vásquez, C. J. (2019). La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustrial*, 7(1), 58–68. <https://doi.org/10.23850/24220582.2503>
- Nicole, D., Estudiante, M., Polit, E. S., Estefan, P., Estudiante, O. R., Polit, E. S., Magister, A., & Polit, E. S. (2019). Estadística Y Investigación Científica: Trabajo En Conjunto La Un. *Revista Imaginario Social.*, 2, 1–11.

- Niola, J. (2021). Tema de investigación efectos de dos enmiendas edáficas sobre parámetros agronómicos de producción en banano (*Musa x paradisiaca* L.). *Universidad Técnica de Machala*, 1–56.
- Paul, B., Campo, H., García, F. O., & Racca, R. W. (2013). Índice staff Fertilización con P y S. *Revista Científica*.
- Peralta-Veran, L., Juscamaita-Morales, J., & Meza-Contreras, V. (2016). Obtención Y Caracterización De Abono Orgánico Líquido a Través Del Tratamiento De Excretas Del Ganado Vacuno De Un Establo Lechero Usando Un Consorcio Microbiano Ácido Láctico. *Revista Científica Ecología Aplicada*, 15(1), 1. <https://doi.org/10.21704/rea.v15i1.577>
- Pereira, J. (2021). Facultad de ciencias agropecuarias carrera de ingeniería agronómica. *Universidad Técnica de Machala*, 1–34. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15166>
- Pérez-Cabrera, C., Juárez-Lopez, P., Anzaldo-Hernández, J., Alia-Tejacal, I., Salcedo-Pérez, E., & Balois-Morales, R. (2021). Beneficios potenciales del biocarbón en la productividad de cultivos agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(4), 713–725. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i4.2542>
- Présiga-López, D., Rubio-Clemente, A., & Pérez, J. F. (2020). Uso del biocarbón como material alternativo para el tratamiento de aguas residuales contaminadas. *Revista UIS Ingenierías*, 20(1), 121–134. <https://doi.org/10.18273/revuin.v20n1-2021011>
- Puentes Escobar, T. C., & Rodríguez Carlosama, A. (2021). Impacto del biocarbón en el suelo agrícola. *Artículo Avances Investigación En Ingeniería*, 18(2). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.7540>
- Quesada Kimzey, J. (2012). La carbonización de residuos biomásicos: una exploración con perspectivas emocionantes. *Revista Tecnología En Marcha*, 25(5), 14. <https://doi.org/10.18845/tm.v25i5.465>
- Quezada, L. (2021). Facultad de ciencias agropecuarias carrera de ingeniería agronómica. *Universidad Técnica de Machala*, 1–34. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15166>
- Quintero-Pértuz, I., & Carbonó-delahoz, E. (2016). Panorama del manejo de malezas en cultivos de banano en el departamento del Magdalena, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(2), 329. <https://doi.org/10.17584/rcch.2015v9i2.4188>
- Ramón, A. (2019). Facultad de ciencias ambientales carrera profesional de ingeniería ambiental. *Revista Científica Del Sur. Facultad de Ciencias Ambientales. Ingeniería Ambiental.*, 1–126.

<https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/965/TB-Baque A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Rosas-Patiño, G., Puentes-Páramo, Y. J., & Menjivar-Flores, J. C. (2017). Relación entre el pH y la disponibilidad de nutrientes para cacao en un entisol de la Amazonia colombiana. *Artículo de Investigación Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(3), 529–541. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num3_art:742
- Silvio, E., John, W., Ángela, C., Viteri, S. E., & Martínez, J. W. (2008). Selección de abonos verdes para los suelos de Turmequé (Boyacá). *Revista Agronomía colombiana*, 26(2), 332–339.
- Suhendra, A. D., Asworowati, R. D., & Ismawati, T. (2020). seguimiento a prácticas agronómicas en banano (musa aaa simomds) para el mejoramiento de la calidad de la fruta en el municipio de turbo (antioquia) jesús. *Akrab Juara*, 5(1), 43–54. <http://www.akrabjuara.com/index.php/akrabjuara/article/view/919>
- Tene, J. (2021). Efecto de la fertilización edáfica nitrogenada y potásica en parámetros agronómicos del cultivo de banano (Musa x paradisiaca.) clon Williams. *Universidad Técnica de Machala*, 1–53. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15166>
- Tigasi, C. (2017). “Cultivo de alta densidad en banano (Musa paradisiaca Var. Cavendish).” *Universidad Técnica de Cotopaxi*, 1–66. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4119/1/UTC-PIM-000084.pdf>
- Tuz, I. (2018). Manejo Integrado del Cultivo de Banano (Musa X Paradisiaca L.) Clon Williams, usando Biocarbón y Microorganismos eficientes. Universidad Tecnica De Machala, 1–87. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13263/1/DE00030_TRABAJO DETITULACION.pdf
- Vargas Lozano Holger Joel. (2016). Efectos de dos bioestimulante foliares en la productividad en el cultivo de banano (Musa tutor). *Facultad de Ciencias Agrarias*.
- Vargas, O., Trujillo, J., & Torres, M. (2019). El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento Composting , an alternative for the use of organic residues In the supply centers Compostagem , uma alternativa para o uso de residuos organic. *Articulo Cientifico*, 23(2), 123–129.
- Vivas-Cedeño, J. S., Robles-García, J. O., González-Ramírez, I., Álava-Cruz, D. A., & Meza-Loor, M. A. (2018). Fertilización del plátano con nitrógeno, fósforo y

potasio en cultivo establecido. *Dominio de Las Ciencias*, 4(1), 633.
<https://doi.org/10.23857/dc.v4i1.772>

ANEXOS



Anexo 1: Proceso de materia prima fresca hasta su descomposición y carbonización del raquis de banano.



Anexo 2: Aplicación de la cal para corregir el suelo



Anexo 3: peso en gramos de cada uno de los tratamientos que van hacer aplicados en nuestra investigación.



Anexo 4: Aplicación de las enmiendas incorporada al suelo



Anexo5: Aplicación en forma de media luna en cada uno de los tratamientos



Anexo 6: aplicación del biol como fitorregulador para el desarrollo de la planta.



Anexo7: Extracción y peso de las raíces en fresco.



Anexo 8: Extracción de las submuestras de suelo en cada uno de los tratamientos asignados.



Anexo 9: Determinación de textura del suelo.



Anexo10: Determinación de Ph y Conductividad Eléctrica.



Anexo11: Determinación de altura y diámetro de la planta de banano