



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS ENMIENDAS EDÁFICAS DE
BIOCHAR+SIO₂ Y YESO AGRÍCOLA EN EL DESARROLLO DE MUSA
SPP.

JADAN LOJANO CINTHIA MARIBEL
INGENIERA AGRÓNOMA

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS ENMIENDAS
EDÁFICAS DE BIOCHAR+SIO₂ Y YESO AGRÍCOLA EN EL
DESARROLLO DE MUSA SPP.

JADAN LOJANO CINTHIA MARIBEL
INGENIERA AGRÓNOMA

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS ENMIENDAS EDÁFICAS DE
BIOCHAR+SIO₂ Y YESO AGRÍCOLA EN EL DESARROLLO DE MUSA SPP.

JADAN LOJANO CINTHIA MARIBEL
INGENIERA AGRÓNOMA

BARREZUETA UNDA SALOMON ALEJANDRO

MACHALA, 28 DE SEPTIEMBRE DE 2021

MACHALA
2021

En el cuadro presenta un aumento en el pH en todos los tratamientos teniendo un porcentaje mayor el T1 y T0 en comparación con el T4 presentando un valor bajo, en el primer horizonte tiene 9,64 y en e

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.uta.edu.ec

Fuente de Internet

1%

2

www.unesur.edu.ve

Fuente de Internet

1%

3

upcommons.upc.edu

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 70 words

Excluir bibliografía

Activo

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

La que suscribe, JADAN LOJANO CINTHIA MARIBEL, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS ENMIENDAS EDÁFICAS DE BIOCHAR+SIO₂ Y YESO AGRÍCOLA EN EL DESARROLLO DE MUSA SPP., 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.

La autora 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.

La autora 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, 28 de septiembre de 2021



JADAN LOJANO CINTHIA MARIBEL
0706740875

DEDICATORIA

A mis padres por brindarme todo su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera profesional, quienes han sido mis pilares importantes en cada una de las etapas de mi vida y permitirme ser su orgullo.

A mi hijo por ser el pilar fundamental de mi vida y sobre todo por ser ese motorcito que me motiva seguir adelante día a día.

A mi Compañero de Vida por brindarme todo su cariño, amor y sobre todo su confianza.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme fuerza y sabiduría, permitiéndome cumplir una meta más en mi vida, guiándome por el buen camino.

A mi familia por todo el apoyo brindando que me han ofrecido en los momentos difíciles y no darme por vencida.

A mi Tutor Dr. Salomón Barrezueta por impartirme sus conocimientos, experiencias y guiarme a lo largo de este proceso para culminar esta meta propuesta.

A las personas que de alguna u otra manera me tendieron su mano y me brindaron su apoyo.

EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS ENMIENDAS EDÁFICAS DE BIOCHAR + SiO₂ Y YESO AGRÍCOLA EN EL DESARROLLO DE MUSA SPP.

RESUMEN

Cinthia Jadán Lojano

Salomón Barrezuela Unda

El suelo es el recurso fundamental para el desarrollo de muchas especies, jugando un papel en la sostenibilidad de los ecosistemas tanto naturales como agrarios. La aplicación de fertilizantes químicos afecta la actividad de los microorganismos benéficos del suelo esenciales para mantener su fertilidad, efectos negativos erosionan el suelo afectando los microorganismos y plantas que allí habitan, existiendo una amplia gama de organismos que interactúan en el suelo, creando una variedad de actividades bioquímicas en su habitat, siendo fundamental preservar la vida del suelo. La conversión de materias primas orgánicas disponibles a biochar puede ser una alternativa importante en los sistemas agrícolas de pequeños productores ya que la aplicación de biochar mejora el secuestro de carbono del suelo y proporciona otras ventajas para la productividad del suelo, como la reducción de la densidad aparente, la mejora de la capacidad de retención de agua y nutrientes, la estabilización de la materia orgánica del suelo, la mejora de la actividad microbiana y el secuestro de metales pesados y plaguicidas.

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 un biofermento, mediante la medición de varios parámetros agronómicos de la planta tanto de la madre como del hijo, propiedades químicas del suelo pH, materia orgánica y el peso de las raíces. Se realizó un diseño completamente al azar en una finca bananera con variedad de clon Cavendish ubicado en el Sitio La Iberia de la ciudad de Machala, provincia de El Oro, delimitando cinco parcelas para el ensayo, estableciendo 4 tratamientos y un control o testigo, cada tratamiento con 15 repeticiones: T1 y T3(15g de biochar), T2 y T4(30g de biochar) mezclados con 100 g de SiO₂ y 50 ml de biol, y por último el T0(100 g de SiO₂ y 50 ml de biol). Las variables evaluadas fueron: Número de hojas de la madre, número de hojas del hijo, grosor del pseudotallo-hijo, altura del hijo, al final se realizó un prisma en el suelo para sacar sus raíces y obtener el

porcentaje de biomasa; también se realizó un análisis de suelo para determinar el porcentaje de materia orgánica y pH. Los efectos que presentaron de los diferentes tratamientos insidido 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 T1 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 (10,67) entre los tratamientos T0-T4 y los tratamientos T2-T3 (10,40). En la variable del pseudotallo-hijo su grosor aumento presentando medias de 42,13 cm (T2) y de 46,6 cm (T0) siendo esta la mayor media, para la altura del hijo aumento progresivamente teniendo valores de 216,40 cm (T1) siendo este el mejor. En el peso de raíces el mejor tratamiento fue el T3 con una biomasa mayor (22,1 g) a los demás tratamientos, el mayor porcentaje de Materia Orgánica se obtuvo del T2 y T4 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 T0. 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 (15 gr de Biochar + 100gr de silicio + 50 ml de Biol) y T0 (100 gr de Silicio + 50 ml de Biol).

Palabras claves: enmiendas edáficas, biochar, materias primas, biol, silicio.

EVALUATION OF THE EFFECTS OF BIOCHAR + SiO₂ AND AGRICULTURAL GYPSUM SOIL AMENDMENTS ON MUSA SPP. DEVELOPMENT.

ABSTRACT

Cinthia Jadán Lojano

Salomón Barrezueta Unda

Soil is the fundamental resource for the development of many species, playing a role in the sustainability of both natural and agricultural ecosystems. The application of chemical fertilizers affects the activity of beneficial soil microorganisms essential to maintain its fertility, negative effects erode the soil affecting microorganisms and plants that live there, there is a wide range of organisms that interact in the soil, creating a variety of biochemical activities in their habitat, being essential to preserve soil life. The conversion of available organic raw materials to biochar can be an important alternative in smallholder farming systems since the application of biochar improves soil carbon sequestration and provides other advantages for soil productivity, such as reduction of bulk density, improvement of water and nutrient retention capacity, stabilization of soil organic matter, improvement of microbial activity and sequestration of heavy metals and pesticides.

With the above mentioned the research work aims to analyze the efficacy of the different components of biochar + silicon oxide + agricultural gypsum on the growth of banana plants (Cavendish) in combination of a bioferment, by measuring several agronomic parameters of the plant both mother and child, chemical properties of the soil pH, organic matter and root weight. A completely randomized design was carried out in a banana farm with a Cavendish clone variety located at the La Iberia site in the city of Machala, province of El Oro, delimiting five plots for the trial, establishing 4 treatments and a control or control, each treatment with 15 replications: T1 and T3(15g of biochar), T2 and T4(30g of biochar) mixed with 100 g of SiO₂ and 50 ml of biol, and finally T0(100 g of SiO₂ and 50 ml of biol). The variables evaluated 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 prism was made in the soil to remove its roots and obtain the percentage of biomass; a soil analysis was also carried out to determine the percentage of organic matter and pH. The effects presented by the different treatments insidiously efficiently in the leaf emission which is positive because the photosynthetic load of the plant is greater, in the first variable of number of leaves of the mother plant there was a considered leaf increase of which the T1 presented the best efficiency; for the following variable number of

leaves in the daughter plant obtained a good increase in leaf emission with similar means (10.67) between treatments T0-T4 and treatments T2-T3 (10.40). In the pseudostem-son variable, its thickness increased, presenting means of 42.13 cm (T2) and 46.6 cm (T0), this being the highest mean; for the height of the son, it increased progressively, with values of 216.40 cm (T1), this being the best. In root weight, the best treatment was T3 with a higher biomass (22.1 g) than the other treatments; the highest percentage of organic matter was obtained from T2 and T4, unlike the others; while the measurement of pH showed a great change in the treatments, with slightly alkaline pH, of which the highest values were in treatments T1 and T0. The combination of the different doses responded positively and efficiently in the development of banana plants, intervening in all the variables to be measured with very noticeable results represented in the study of this research, obtaining the best results in treatments T1 (15 g of Biochar + 100 g of silicon + 50 ml of Biol) and T0 (100 g of silicon + 50 ml of Biol).

Key words: soil amendments, biochar, raw materials, biol, silicon.

ÍNDICE

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO	2
RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN.....	11
I. REVISIÓN DE LITERATURA	13
1.1. Origen geográfico de las <i>Musáceas AAA</i>	13
1.2. Taxonomía.....	13
1.3. Etapas fenológicas del cultivo.....	13
1.3.1. Fase infantil:.....	13
1.3.2. Fase juvenil:	14
1.4. Morfología de la planta.	14
1.4.1. Raíces	14
1.4.2. Hojas	15
1.4.3. Cormo o cepa	15
1.4.4. Inflorescencia	16
1.4.5. Fruto.....	16
1.5. Condiciones edafoclimáticas.....	17
1.6. Requerimientos nutricionales.....	17
1.6.1. Nitrógeno(N).....	18
1.6.2. Fósforo (P).....	18
1.6.3. Potasio (K).....	18
1.7. Importancia del banano en el ecuador y el mundo.....	18
1.8. Enmiendas orgánicas	19
1.8.1. Biol.....	19
1.8.1.1. Función.....	19
1.8.2. Biochar	20
1.8.2.1. Composición del biochar.....	20
1.8.2.2. Fuentes de producción de biochar.....	20
1.8.2.3. Pirólisis	20
1.8.3. Silicio orgánico	21
1.8.4. Yeso agrícola.....	21

II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
2.1. Zona de estudio	22
2.2. Diseño del experimento	22
2.3. Hipótesis.....	22
2.4. Parámetros de objeto de estudio:.....	22
2.4.1. Número de hojas de la madre.....	22
2.4.2. Altura, diámetro y números hoja de hijos.	23
2.4.3. Porcentaje de biomasa de la raíz.	23
2.5. Obtención de la materia prima.....	23
2.5.1. Biomasa de la cáscara de cacao	23
2.5.2. Producción de biocarbón.....	23
2.5.3. Dosificación y mezcla del biol.....	24
2.6. Aplicación de los tratamientos de biocarbón	25
2.7. Recolección de muestras de suelo	26
2.8. Análisis en laboratorio	26
2.8.1. Determinación de materia orgánica	26
2.8.2. Determinación de pH	27
2.8.3. Proceso estadístico	27
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
3.1. Número de hojas de la planta madre.....	28
3.2. Número de hojas de la planta hijo	30
3.3. Grosor del pseudotallo-hijo.	31
3.4. Primer análisis con respecto a la altura del hijo	34
3.5. Segundo análisis con respecto a la altura del hijo.	34
3.6. Peso de raíces.....	36
3.7. Porcentaje de Materia Orgánica del suelo (MOS).....	37
3.8. Medición del pH	38
CONCLUSIONES.....	40
ANEXOS	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tratamiento y dosis para aplicación en el cultivo asignado.	17
Tabla 2: ANOVA de un factor de la variable número de hoja(madre) principio-final.	24
Tabla 3: ANOVA de un factor de la variable número de hoja(hijo) principio-final.	26
Tabla 4: ANOVA de un factor de la variable grosor del pseudotallo-hijo.	28
Tabla 5: ANOVA de un factor de la variable altura del hijo. (primer análisis)	30
Tabla 6: ANOVA de un factor de la variable altura del hijo. (segundo análisis)	31
Tabla 7: Porcentaje de Materia Orgánica antes y después de la aplicación por horizontes.	33
Tabla 8: Medición de pH con datos de antes y después de la aplicación.	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Raíces de la planta de banano.	12
Figura 2: Hojas de la planta de banano.	13
Figura 3: Cormo de la planta de banano.	13
Figura 4: Inflorescencia en el cultivo de banano.	14
Figura 5: Racimo de banano enfundado.	14
Figura 6: Biomasa de cáscara de cacao en estado fresco(A) y seco(B).	20
Figura 7: Tanques utilizados para la calcinación	21
Figura 8: Procedimiento de triturado(A) y tamizado(B) del Biocarbón.	21
Figura 9: Materiales (A) para la dosificación(B) y mezcla (C) del Biol.	21
Figura 10: Aplicación de los tratamientos: Aplicación de 15g de biocarbón+ 100g de silicio(A)+50 ml de biol(B)	22
Figura 11: Recolección de muestra de suelo.	22
Figura 12: Reactivos utilizados para la determinación de % M.O.S	23
Figura 13: Peso de suelo para la determinación de pH.	23
Figura 14: Gráfico de barras de la variable número de hoja de la planta madre en la primera toma de datos.	26
Figura 15: Diferencia de numero de hoja de la planta madre en la última toma de datos.	26
Figura 16: Número de hojas del hijo en la primera toma	28
Figura 17: Número de hojas en la planta hijo, ultima toma.	28
Figura 18: Grosor del pseudotallo-hijo, primera toma.	30
Figura 19: Grosor del pseudotallo-hijo, última toma.	30
Figura 20: Altura del hijo, primera observación	32
Figura 21: Altura del Hijo, ultima observación	33
Figura 22: Gráficos de barras de la variable peso de raíces.	34

INTRODUCCIÓN

El suelo es el sostén físico y químico del ecosistema terrestre, siendo un recurso fundamental para el desarrollo económico-social, esto se explica con la incorporación de nuevas tierras a diversas actividades, este incremento se presentó en un 24% de la superficie total del planeta, de los cuales más del 20% suelos se destinados a producción agrícola (Cueto et al., 2009).

Pero este recurso ha evolucionado hacia su degradación y por tanto a disminuir la productividad de las explotaciones agrícolas. Esta degradación del suelo constituye un problema global que también afecta al ambiente como es el caso del calentamiento global. Una de las causas para la degradación de los suelos es la excesiva aplicación de fertilizantes químicos que afecta la actividad de los microorganismos benéficos esenciales para mantener su fertilidad, y otros efectos que limita su uso para fines agrícolas.

La conversión de materias primas orgánicas disponibles a biochar puede ser una alternativa importante para enmendar los suelos de pequeños agricultores, ya que la aplicación de biochar mejora el secuestro de carbono del suelo y proporciona otras ventajas para la productividad del suelo, como la reducción de la densidad aparente, la mejora de la capacidad de retención de agua y nutrientes, la estabilización de la materia orgánica del suelo, la mejora de la actividad microbiana y el secuestro de metales pesados y plaguicidas (Milesi et al., 2020).

Los bananos, junto con el trigo, el arroz y el maíz, son productos básicos de consumo importantes para los países en desarrollo (FAO, 2006) mientras que el plátano representa el pan diario de varias familias en distintos países de Latinoamérica, siendo desconocido y catalogado como exótico en otras latitudes (Martínez, 2009). En este contexto, el Ecuador es uno de los principales exportadores de banano con el 30% del mercado mundial, y con el 95% de su producción destinada a la exportación. El cultivo cubre un área de aproximadamente 218.000 hectáreas, con un rendimiento anual promedio de 1.600 cajas por hectárea (Albornoz & Guzmán, 2016).

En los suelos de la costa ecuatoriana las aplicaciones de agroquímicos son mayores, y se observan efectos negativos como la pérdida de la fertilidad (Montanarella, 2015). Para esto, es importante la aplicación de abonos orgánicos al suelo para mejorar las condiciones físicas y

químicas (López & Espinoza, 2008). En este marco, se diseñó la investigación que se desarrolló en función de los siguientes objetivos.

Objetivo General

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 un biofermento con la finalidad de obtener un resultado eficaz.

Objetivos Específicos

- Describir los efectos de los diferentes tratamientos con biochar + óxido de silicio + yeso agrícola durante su desarrollo vegetativo.
- Comparar que la combinación de biochar + óxido de silicio + yeso agrícola obtienen un resultado positivo o negativo en las plantas de banano.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Origen geográfico de las *Musáceas* AAA

El banano fue uno de los primeros cultivos en ser domesticados por el hombre, se desarrolló con la agricultura sedentaria primitiva, hace unos diez mil años (INFOCOMM, 2016). Se desconoce el origen exacto del banano, pero varias indican que procede de los trópicos húmedos del Sureste de Asia además el Noroeste de la India, Burma, Camboya y algunas partes de la China del Sur, Islas Mayores de Sumatra, Java, Borneo, las Filipinas, Taiwán; propagándose hacia el resto del mundo desde el siglo 16 (Rojas Esquivel, 2011).

1.2. Taxonomía

Las *Musáceas* AAA donde se incluye a los bananos y plátanos se encuentran dentro de las monocotiledóneas. Pertenece a la familia botánica Musácea y al orden Scitamineae (Gonzabay, 2019).

La familia de Musáceas está constituida por los géneros *Musa* y *Ensete*. El género *Musa* está conformado por cuatro secciones: *Australimusa*, *Callimusa*, *Rhodochlamys* y *Eumusa*. El género *Ensete* se reproduce por semilla que es de uso ornamental y hábitat subtropical (Arteaga, 2015)

Las especies *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* pertenecen a la sección *Eumusa* siendo los más importantes ya que por cruce y poliploidía dieron origen a los plátanos y bananos comestibles, quedando su clasificación taxonómica de esta forma (Castellón & Benjamin, 2015)

Familia: *Musáceas*

Género: *Musa*

Serie: *Eumusa*

Cruce: *Musa acuminata* x *Musa balbisiana*

1.3. Etapas fenológicas del cultivo

El cultivo de banano comprende tres etapas fenológicas que se describen a continuación:

1.3.1. Fase infantil:

Es el momento en el que el cormo recién sembrado germina es decir aparecen los llamados hijos en los laterales de la planta madre y alrededor de los tres meses de edad alcanza una altura de 50 cm, presentando hojas escuamiformes y pardas. Cuando haya desarrollado entre 7-12 hojas hace la aparición de la primera hoja con lamina foliar con un ancho de 10 cm, siendo considerada como la F10 con una duración de 104 días (Vargas et al., 2017).

1.3.2. Fase juvenil:

Esta fase empieza después de la hoja F10, manifestando nuevas hojas hasta llegar a la hoja Fm, dando inicio de la fase autónoma de la planta, presentándose entre los 10-50 días antes de la cosecha de la planta madre, con una duración de 91 días (Vargas et al., 2017).

1.3.3. Fase reproductiva:

Comienza desde la aparición de la hoja Fm considerada como el inicio de la floración hasta la cosecha del fruto. En esta etapa la planta ha emitido todas sus hojas, pero solo la mitad emergen, subdividiéndose en dos: hoja Fm a F con una duración de 125 días y es donde comprende la floración, y de F a C que dura de 84 días hasta la cosecha. (Vargas et al., 2017)

Dando por concluido según (Robinson y Galán, 2012) es aquella fase donde finaliza la emisión foliar y aparece la emergencia de la inflorescencia o cucula. Lo que significa que el desarrollo y llenado de los frutos depende, principalmente, de la actividad de las hojas funcionales presentes con la aparición de la inflorescencia (Martínez & Cayón, 2011)

1.4. Morfología de la planta.

Según (Navia, 2013) señala que es una herbácea gigante, estando formada por el sistema radicular, el cormo o rizoma, el sistema foliar y por último la inflorescencia dando origen al racimo.

1.4.1. Raíces

Son superficiales en una capa de 30-40 cm. Cuando emergen son tiernas y de color blanco, para luego endurecerse y volverse amarillentas. Alcanzan 3 m de crecimiento lateral y 1,5 m de profundidad (figura 1). La penetración de las raíces es débil, por lo tanto, la distribución radicular está ligada con la textura y estructura del suelo (Mejía, 2018).

Según (Martínez Garnica, 1998) indica que debe tener cuenta el riego en suelos franco arenosos ya que el desarrollo radicular es muy superior, explorando mayores profundidades que cuando el cultivo está sembrado en un suelo franco arcilloso, razón por la cual menciona (Blomme et al., 2006) el cultivo está ubicado en los primeros suelos, resistiendo mejor la época de pocas lluvias.



Figura 1: Raíces de la planta de banano.

Fuente: Autor

1.4.2. Hojas

La hoja es el principal órgano fotosintético de la planta estando dispuesta en forma de espiral, llega a medir de 2-4 m. de largo y 0.50m de ancho, con un peciolo de más de 1 m de longitud y limbo elíptico alargado, extendido a lo largo hasta el peciolo, un poco ondulado y glabro (figura 2) (Mejía, 2018).



Figura 2: Hojas de la planta de banano.

Fuente: Autor

1.4.3. Cormo o cepa

El cormo es un tallo subterráneo desarrollando en la parte superior hojas y en la parte inferior raíces adventicias. Es formada bastante entrenudos cortos sobre la base de las vainas de las hojas. En estado joven el cormo está cubierto por la epidermis, conforme se va desarrollando esta es reemplazada por capas corchosas cortical (figura 3). (CEDAF, 2020)



Figura 3: *Cormo de la planta de banano.*

Fuente: Autor

1.4.4. Inflorescencia

Según (Hernández, 2011) indica que es aquella que se produce en el exterior del pseudotallo compuesta de un eje floral una parte formada por flores femeninas y flores masculinas. La parte media se compone de glomérulos protegidas por una bráctea; las brácteas, estas caen dejando al descubierto el grupo de flores. los primeros grupos están compuestos de flores femeninas denominado racimo el segundo grupo son flores masculinas conformando la bellota (figura 4).



Figura 4: *Inflorescencia en el cultivo de banano.*

Fuente: Autor

1.4.5. Fruto

Se forma a partir del ovario de una flor pistilada siendo una baya alargada con tres o seis lados, los óvulos abortan y se vuelven oscuros y al mismo tiempo los tejidos del pericarpio incrementan su grosor (figura 5) (Mejía, 2018).



Figura 5: Racimo de banano enfundado.

Fuente: Autor

1.5. Condiciones edafoclimáticas.

Los factores más importantes que influyen en el desarrollo del banano son: Temperatura, luz, agua, viento y suelo.

Según (Guerrero, 2010) la temperatura óptima se encuentra entre los 20° C y 30 °C y según la variedad es recomendable sembrar en suelos con clase textural franco arenosa muy fina, franco limoso o franco arcillo limoso con precipitaciones que oscilen entre 1800 a 2500 mm, distribuidos por todo el año.

Los peores enemigos del cultivo son los vientos con velocidades mayores de 20 km./ hora, el exceso de agua y las sequías extensas, siendo preferibles los suelos húmedos próximas al mar (Castellón et al., 2017).

1.6. Requerimientos nutricionales.

La planta de banano absorbe los nutrientes presentes en el suelo poco después de ser trasplantado hasta su floración llenando el racimo con los nutrientes almacenados por la planta, por tal razón se recomienda aplicar nutrientes antes de la floración (Chávez, 2013).

Según (Vegas & Rojas, 2011) señala que se debe fertilizar en función de la fisiológica de la planta y acuerdo a la edad y la época del año, plantas jóvenes requieren menos cantidad de nutrientes. Esta práctica cultural debe realizarse utilizando abonos orgánicos, principalmente para mejorar las propiedades principalmente físicas, químicas y biológicas. Deben basarse en la demanda de nutrientes durante sus etapas fenológicas(Pineda, 2011)

La práctica de la fertilización al suelo y foliar, se hace teniendo en cuenta las características de los elementos nutrientes que a continuación indicamos:

1.6.1. Nitrógeno(N)

Este nutriente actúa en el crecimiento vegetativo de la planta y en la producción de frutos, debe aplicarse dividido en 3 partes; la primera al 30% de la dosis anual, cuando la planta haya emitido su primera hoja; la segunda al 50% de la dosis, cuando la planta tiene 10 hojas y la tercera aplicación al 20% de la dosis, en el momento en que la planta haya emitido 20 hojas, es decir cuatro meses, después del trasplante. Su deficiencia puede producir clorosis en las hojas superiores y arrollamiento de sus hojas pequeñas y poco vigor (Vegas & Rojas, 2011)

1.6.2. Fósforo (P)

El fósforo es necesario en la primera edad de la planta, mejorando el desarrollo radicular y posteriormente en la etapa de floración; la dosis completa se aplica en las dos primeras aplicaciones, realizándola al alrededor de la planta madre y durante el desarrollo de la plantación, tomando en cuenta su residualidad y baja asimilación. Su deficiencia afecta al sistema radicular, las hojas de color verde oscuro presentan clorosis y necrosis en los bordes (Vegas & Rojas, 2011)

1.6.3. Potasio (K)

Es de vital importancia en la calidad de la fruta, aumentando la resistencia al frío y a la sequía, se aplica al igual que el nitrógeno. Su deficiencia provoca en el ápice de la hoja necrosis y clorosis en su base; No obstante, su exceso crea que sus tejidos sean frágiles y causa el rompimiento y caída del raquis del racimo (Vegas & Rojas, 2011).

1.7. Importancia del banano en el Ecuador y el mundo

El banano (*Musa* sp) es uno de los principales cultivos a nivel mundial, principalmente en zonas tropicales y subtropicales (Pérez et al., 2013).

Contribuyen un total de 130 países a nivel mundial, Latino América y el Caribe (LAC), de producción total de musáceas. En banano, el 75% de producción es dada por 10 países, entre ellos: India, Ecuador, Brasil y China contribuyen con el 50% del total. Sin embargo, la exportación está concentrada en pocos países; donde LAC suplen el 80% de total (FAO, 2006) considerándose países líderes Ecuador, Costa Rica y Colombia (Martínez, 2009)

Ecuador es líder en exportación de banano, representando el 26% de las exportaciones mundiales (Vásquez, 2017). Ofreciendo diferentes tipos de banano como: Cavendish, orito o baby banana y banano rojo. Los otros países importantes en el mercado son: Filipinas, Guatemala, Costa Rica, Colombia, India, China, Brasil, convirtiendo a América Latina en el continente productor más importante. (Jaramillo & Argüello, 2020)

Según los datos del (INEC, 2013) tres provincias poseen mayor cantidad de hectáreas cultivadas de banano en el país: El Oro, con 64 094 hectáreas, produce 2 594 000 t/Año representando el 43,3% de la producción a nivel nacional; Los Ríos con 72 838 hectáreas, produce 1 729 216 t/año, con el 28,8% de la producción nacional; Guayas que posee 41 965 hectáreas, produce 1 388 458 t/Año.

Las buenas condiciones climáticas y ecológicas permiten a los pequeños, medianos y grandes productores desarrollen la explotación de banano, abasteciendo la demanda mundial los 365 días del año (León et al., 2020). La Costa aporta el 90% de la producción nacional, siendo Rusia y la Unión Europea (UE) los principales mercados. (Jaramillo & Argüello, 2020).

1.8. Enmiendas orgánicas

1.8.1. Biol

Los biofermentos son abonos líquidos elaborados con la fermentación de materiales orgánicos tales como: estiércoles frescos, jugos de frutas, melaza, residuos de planta, suero de leche, ceniza, etc, obteniendo nutrientes, vitaminas, ácidos y minerales complejos (Ortega, 2013).

Según (Hensel & Restrepo, 2009), la literatura disponible sobre los resultados del uso de estos biofermentos es escasa, especialmente en el caso del cultivo de banano (*Musa AAA*) además no se conoce las consecuencias del uso continuo y sostenido de su aplicación al suelo.

Los bioles enriquecidos, después de su periodo de fermentación (30 a 90 días), estarán listos y equilibrados en una solución tampón y coloidal, donde sus efectos pueden ser superiores de 10 a 100.000 veces las cantidades de los nutrientes técnicamente recomendados por la agroindustria para hacer aplicados foliarmente al suelo y a los cultivos (Suquilanda, 1996).

1.8.1.1. Función

Funciona en el interior de las plantas, fortaleciendo el equilibrio nutricional, a través de los ácidos orgánicos, las hormonas de crecimiento, antibióticos, vitaminas, minerales, enzimas y co-enzimas, carbohidratos, aminoácidos y azúcares complejas, etc, presente en las relaciones biológicas, químicas, físicas y energéticas que se forman entre las plantas y la vida del suelo (Basantes, 2009).

Actúa de forma natural aprovechando la digestión anaerobia (en ausencia de oxígeno) de las bacterias que habitan en el suelo (Torres et al., 2013)

Además (Álvarez, 2010) indica que promueve las actividades fisiológicas y el desarrollo de las plantas actuando sobre el follaje, la floración y el cuajado de frutos, activador de semillas y partes vegetativas. Favorece el enraizamiento de las plantas, es decir aumenta y fortalece la base radicular (Quipuzco et al., 2011)

1.8.2. Biochar

(Méndez, 2017) El biochar se puede obtener a partir de distintos tipos de biomasa y pirólisis, a temperaturas de 350 y 650°C. Procesada hasta alcanzar un producto de grano fino y poroso, mejorando la fertilidad del suelo, su productividad, libera grandes cantidades de fósforo y otros nutrientes importantes como el azufre, además mejora sus propiedades físicas, químicas y biológicas, añadido al suministro y retención de nutrientes (Marín et al., 2020).

(Balta, 2019) afirma que hay una disminución en la densidad aparente del suelo, mejora la dinámica del agua al transformar la estructura del suelo y retención de agua del terreno, aumenta la capacidad de intercambio catiónico, reduce la lixiviación de los nutrientes y el efecto tóxico. Además señala (Sánchez et al., 2020) el biocarbón es un portador de microorganismos, que al incorporarse como enmienda estimulan el crecimiento de hongos benéficos.

Es un material con abundantes nutrientes, primordialmente carbono que combinado con productos biológicos tiene un mejor efecto sobre los cultivos. (Rodríguez et al., 2021).

1.8.2.1. Composición del biochar

Su composición dependerá del tipo de materia prima empleado y de las condiciones de pirolisis, encontrándose compuesto de carbono orgánico recalcitrante y contenidos de macro y micronutrientes retenidos de su materia prima original y además de otros elementos como oxígeno, hidrógeno, azufre, cationes básicos, metales pesados y de compuestos orgánicos (Guerra, 2014).

1.8.2.2. Fuentes de producción de biochar

Son diversas las materias primas para la producción de biochar y las propiedades esperadas se pueden encontrar según la selección y el método de producción utilizado. En la actualidad, puede ser muy beneficioso los residuos de cosecha para los países agrícolas y en vías de desarrollo siendo una gran fuente de aprovechamiento para el manejo de los suelos (Guerra, 2014).

1.8.2.3. Pirólisis

Es básicamente un proceso termoquímico es decir el calentamiento de la biomasa que ocurre en ausencia de oxígeno, produciendo una degradación térmica de la biomasa en ausencia de agentes oxidantes, generando una variedad de productos en forma de combustibles sólidos denominada biocarbón (Castro, 2018).

El proceso de pirólisis tiene tres etapas: la dosificación y alimentación de la materia prima, la transformación de la masa orgánica (Klug, 2012).

1.8.3. Silicio orgánico

Según (Acosta, 2017) indica que el Si actúa sobre el crecimiento de algunas plantas, por lo que es considerado “casi esencial”, o incluso esencial para algunas de ellas siendo absorbido en forma de ácido monosilícico $\text{Si}(\text{OH})_4$ y transportado a través del xilema, distribuyéndose en la planta a los diferentes órganos involucrados (Peña Castillo & Galecio Julca, 2019).

Su contenido varía entre 0,1% y 10% del peso seco y presente en mayores cantidades en los macronutrientes (Jiménez & Siavosh, 2015).

Al aportar fertilizantes que reúnen Silicio tienen un doble efecto sobre el sistema suelo-planta: en las plantas refuerzan los mecanismos de protección contra enfermedades y condiciones climáticas desfavorables, y en suelos los tratamientos con Silicio biogeoquímicamente optimiza la fertilidad del suelo mejorando las propiedades físicas, químicas e hídricas del suelo, mejorando la asimilación de nutrientes (SEPHU, 2009).

1.8.4. Yeso agrícola

Es un fertilizante natural, a base de sulfato de calcio, adaptándose de dos maneras: como fertilizante, y como corrector de suelos. Así (Acosta et al., 2014) señala que las ventajas de aplicar este producto sobre los suelos desempeñan un rol importante, a saber: en la mejora, acondicionamiento y fertilización. La aplicación generosa de yeso al suelo es un buen procedimiento para mejorar la permeabilidad y permitirá que los fertilizantes aplicados en la superficie penetren más fácilmente a consecuencia del yeso (Trasviña et al., 2018).

Así, (Chabla et al., 2020) indican que el uso de yeso impide el endurecimiento del suelo, ayuda a la germinación de las semillas, disminuye la formación de costras en la superficie del suelo,

Otros autores (Leal et al., 2018) indican que el uso del y eso ayuda a disminuir la pérdida de nitrógeno hacia la atmósfera y el calcio del yeso ayuda a disminuir la pérdida por volatilización del amoníaco nitrogenado, nitrato de amonio, urea, sulfato de amonio, o cualquiera de los fosfatos de amonio.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Zona de estudio

El estudio fue desarrollado en una finca bananera con variedad de clon Cavendish ubicado en las coordenadas geográficas 3°15'37.8684", 79°52'25.1364" del Sitio la Iberia de la ciudad de Machala, provincia de El Oro.

2.2. Diseño del experimento

Para este ensayo se seleccionó 2 ha de terreno con cultivo de banano, con un diseño completamente al azar, delimitando cinco parcelas para el ensayo, estableciendo 4 tratamientos y un control o testigo, cada tratamiento con 15 plantas para ser evaluadas, además antes de hacer la aplicación de los tratamientos se aplicó yeso agrícola para desinfectar el suelo.

A continuación, en la Tabla 1 se detalla la dosis de los tratamientos:

Tabla 1: Tratamiento y dosis para aplicación en el cultivo asignado.

TRATAMIENTO	DOSIS
T1	15 g de biochar de cacao + 100 g de SiO ₂ más biol 50 ml por planta
T2	30 g de biochar de cacao + 100 g de SiO ₂ más biol 50 ml por planta
T3	15 g de biochar de cacao + biol 50 ml por planta
T4	30 g de biochar de cacao + biol 50 ml por planta
T0	100 g de SiO ₂ + biol 50 ml por planta

2.3. Hipótesis

En la investigación se conformó las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H₀):

¿La aplicación de biochar + óxido de silicio + yeso agrícola incide en el crecimiento de las plantas de banano Cavendish?

Hipótesis alternativa (H₁):

¿La aplicación de biochar + óxido de silicio + yeso agrícola no incide en el crecimiento de las plantas de banano Cavendish?

2.4. Parámetros de objeto de estudio:

2.4.1. Número de hojas de la madre: Se tomó desde el inicio del ensayo, contabilizando el número de hojas de las plantas madre cada 15 días hasta en el momento de la cosecha y de esta manera comparar su emisión foliar en los diferentes tratamientos.

2.4.2. Altura, diámetro y números hoja de hijos: Para la toma de estos parámetros se utilizó flexómetro para la altura, cinta métrica para el diámetro, realizándose de la misma manera que la anterior cada 15 días.

2.4.3. Porcentaje de biomasa de la raíz: para la obtención de las raíces se tomó 3 repeticiones por tratamiento con un total de 15 repeticiones, procediendo a realizar 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.

2.5. Obtención de la materia prima

2.5.1. Biomasa de la cáscara de cacao

La biomasa fue recolectada en una finca cacaotera ubicada en Balao chico, utilizando cáscaras de cacao por su elevado contenido de lignina y por ser un residuo de cosecha de fácil obtención, procediendo a secarlas exponiéndolas al sol alrededor 15 días.

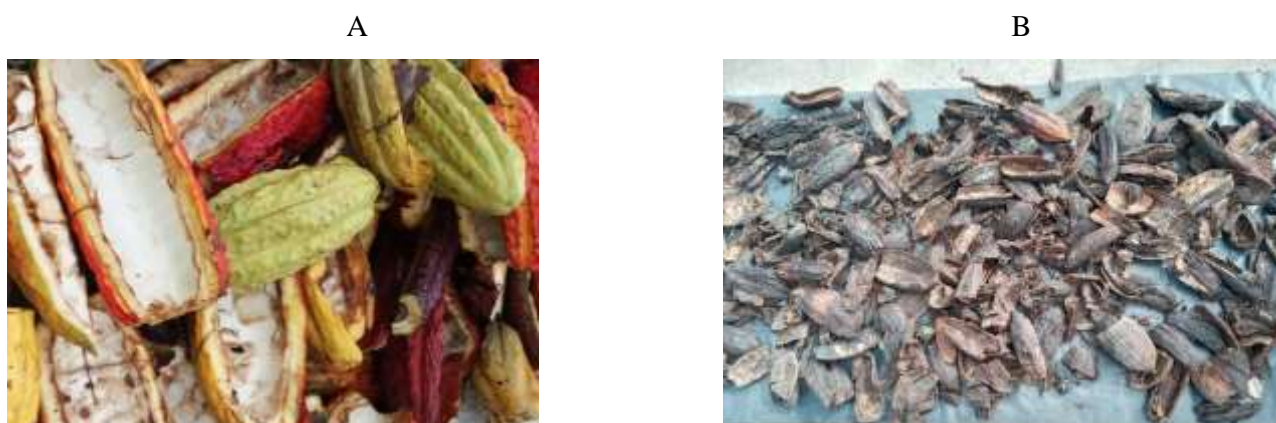


Figura 6: Biomasa de cáscara de cacao en estado fresco(A) y seco(B).

Fuente: Autor

2.5.2. Producción de biocarbón

Primero se procedió a introducir las cáscaras de cacao en un tanque metálico de 70 de largo por 40 cm de ancho, cerrado con una tapa metálica, para luego este introducirlo dentro de otro tanque más grande con una altura de 120 cm y de ancho 50 cm, colocando leña debajo del tanque pequeño para empezar la carbonización mediante un proceso de pirólisis, este procedimiento tuvo una duración de 25 minutos ya que si nos pasábamos de tiempo este se calcinaba demasiado y nos quedaba cenizas.



Figura 7: Tanques utilizados para la calcinación

Fuente: Autor

Una vez quemada la cascara de cacao procedí a tritararlo hasta que quede un grano fino y poroso para proceder a tamizarlo y obtener el biocarbón.

A



B



Figura 8: Procedimiento de triturado(A) y tamizado(B) del Biocarbón.

Fuente: Autor

2.5.3. Dosificación y mezcla del biol

Para la dosificación del biol se necesitó un tacho de 20 litro con agua y los mezclamos con 3 vasos de biol un día antes de la aplicación para que los macroorganismos se activen.

Una vez que hayan pasado las 24 horas lo pasamos a una bomba mochila con boquilla de 4mm, roseando 4 pasadas lo que vendría a dar una medida de 50ml de preparado de biol, se procedió a aplicar la dosis a cada repetición(planta).

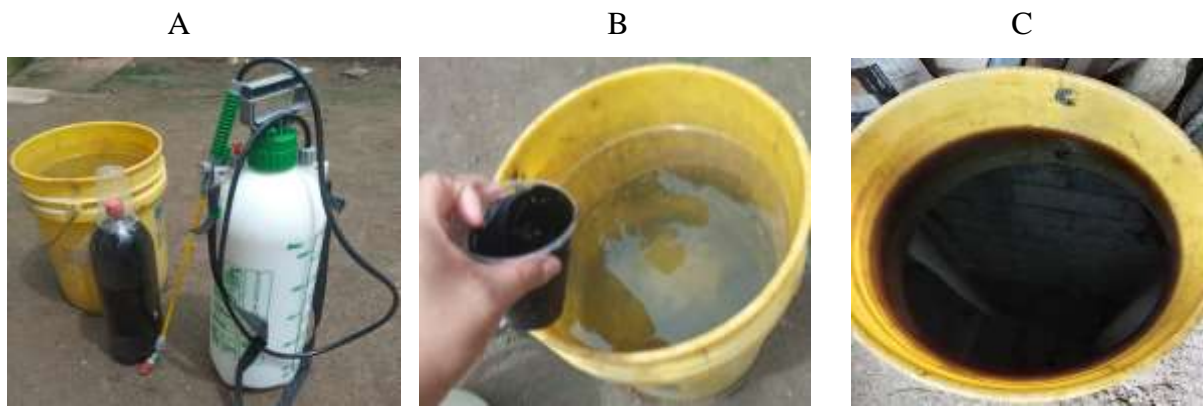


Figura 9: Materiales (A) para la dosificación(B) y mezcla (C) del Biol.

Fuente: Autor

2.6. Aplicación de los tratamientos de biocarbón

Las aplicaciones se las realizaron durante tres meses, la primera aplicación se la realizó el 17 de junio del presente año dejando pasar un mes para continuar con la segunda aplicación que se la llevo a cabo el 08 de agosto seleccionando plantas madres de banano próximas a la aparición. Cabe mencionar que antes de aplicar los tratamientos se aplicó 100g de yeso agrícola para restablecer el suelo y continuar con los respectivos tratamientos, aplicando al hijo en forma de u con una distancia de 20 cm.



Figura 10: Aplicación de los tratamientos: Aplicación de 15g de biocarbón+ 100g de silicio(A)+50 ml de biol(B)

Fuente: Autor

2.7. Recolección de muestras de suelo

Previamente se realizó un análisis en el área de estudio, para ello se tomaron submuestras de cada tratamiento, en el T1,T3,T5 se tomaron las repeticiones con número impar y en los T2,T4 los pares a profundidades de 0 a 0,15 m y de 0,15-0,30 m con la ayuda de un palín adquiriendo dos muestras de suelo cada una de 1 kg separándolas en fundas plásticas para luego ponerlas a secar al ambiente, ya que esto haya sucedido se procede a triturarlas y tamizarlas a 2 mm llevándolas a laboratorio para determinar la materia orgánica y pH.



Figura 11: Recolección de muestra de suelo.

Fuente: Autor

2.8. Análisis en laboratorio

2.8.1. Determinación de materia orgánica

Para la determinación se aplicó el método de Walkley-Back utilizando los siguientes reactivos: 10 ml de Dicromato, 10 ml de ácido sulfúrico concentrado, 6 gotas de difenilamina sulfúrica, 3 ml de ácido fosfórico



Figura 12: Reactivos utilizados para la determinación de % M.O.S

Fuente: Autor

2.8.2. Determinación de pH

Se procedió a pesar 25g de suelo de las muestras procesadas para luego mezclarlo con agua destilada a una medida de 100ml mezclándolo bien para colocarlo en el sensor de pH electrónico.



Figura 13: Peso de suelo para la determinación de pH.

Fuente: Autor

2.8.3. Proceso estadístico

Se registró los datos en una hoja de Excel para posteriormente pasarlo al programa SPSS Statistics para realizar una prueba ANOVA de un factor para comprar las medias de las diferentes variables (número de hojas de la madre, numero de hojas del hijo, grosor del pseudotallo-hijo y altura del hijo), también aplicamos la prueba Duncan que nos ayuda a demostrar si hay significancia y lo representamos mediante gráficas de barras para visualizar estadísticamente el p-valor.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Número de hojas de la planta madre.

En la Tabla 2, se presenta el resumen estadístico descriptivo y el análisis de varianza (ANOVA) de una vía, del número de hoja de la planta madre. Solo en la primera y última observación presentaron diferencias significancia (p -valor ≤ 0.05) entre los tratamientos. También se observa que el número de hojas de la madre fue disminuyendo a medida que la investigación avanzó, siendo el rango inicial entre 9 a 11 hojas entre los tratamientos, teniendo como mínimo un rango de emisión foliar entre 6 a 8 hojas y como máximo de 11 a 14 hojas. En las últimas observaciones la variación de las medias fue de 0-4 y valores máximos entre 7-10. Esto se explica porque la planta deja de emitir hojas una vez que el pedúnculo floral emerge, limitando el desarrollo de la planta a medida que avanza el desarrollo de la planta, porque las hojas están expuestas a las labores culturales como la eliminación de hojas enfermas por Sigatoka negra, que incrementa la pérdida del área foliar. En este caso T4 que se conformó de 30 g de biochar de cacao + biol 50 ml por planta fue la que mostró la mayor pérdida foliar, seguido de la parcela control (T0).

Tabla 2: ANOVA de un factor de la variable número de hoja planta madre

Observaciones	Tratamiento	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	F	Sig
25/6/2021	T1	10	2	7	13	4,516	0,003
	T2	11	2	8	14		
	T3	10	1	8	11		
	T4	9	1	7	11		
	T0	9	2	6	14		
9/7/2021	T1	8	4	0	12	0,281	0,89
	T2	8	3	0	11		
	T3	7	3	0	11		
	T4	7	3	0	12		
	T0	7	3	0	12		
22/7/2021	T1	7	4	0	12	0,251	0,908
	T2	7	3	0	10		
	T3	7	3	0	11		
	T4	6	3	0	10		
	T0	6	3	0	9		
22/8/2021	T1	7	4	0	10	0,473	0,755
	T2	7	3	0	10		
	T3	6	3	0	10		
	T4	5	2	0	8		
	T0	6	3	0	11		
5/9/2021	T1	4	4	0	10	1,990	0,105
	T2	2	4	0	10		
	T3	2	4	0	10		
	T4	0	2	0	7		
	T0	1	3	0	9		

La Figura 14 presenta la prueba de Duncan ($p < 0,05$), de la primera observación del número de hojas en la planta madre. Los resultados indican un grado de similitud no muy amplia entre todos los tratamientos, sin embargo, el gráfico de barra indica la conformación de cuatro subconjuntos, donde T2 es la media más alta (10,93), seguido de los tratamientos T1, luego T3 y T0 y el menor promedio T4.

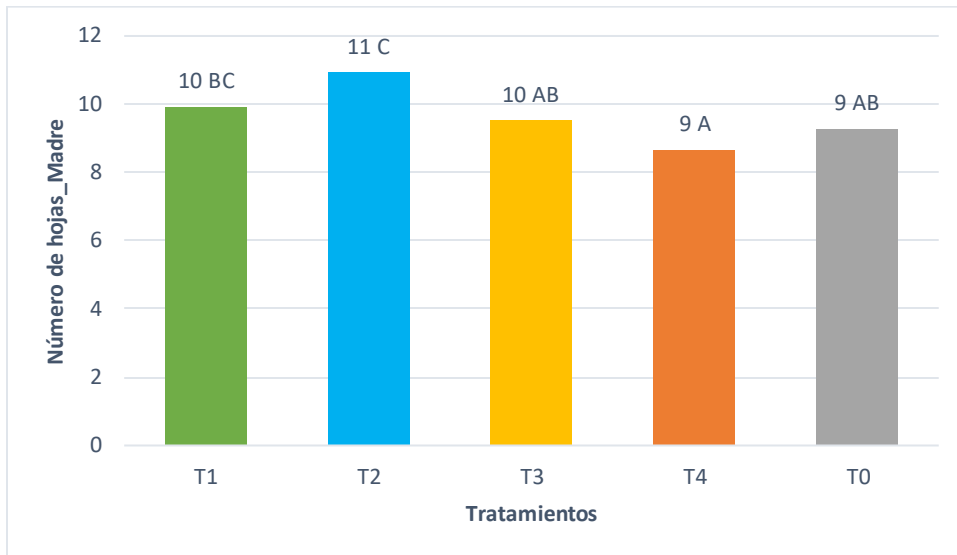


Figura 14: Gráfico de barras de la variable número de hoja de la planta madre en la primera toma de datos.

La última observación del número de hojas registrado en la planta madre, que se presenta en la Figura 15, indicó también diferencias significativas (Duncan, $p\text{-valor} \leq 0,05$) entre las medias. A diferencia de la primera observación T1 mostró el mayor valor, seguido de T2, T3 y T0 que conformaron otro subconjunto

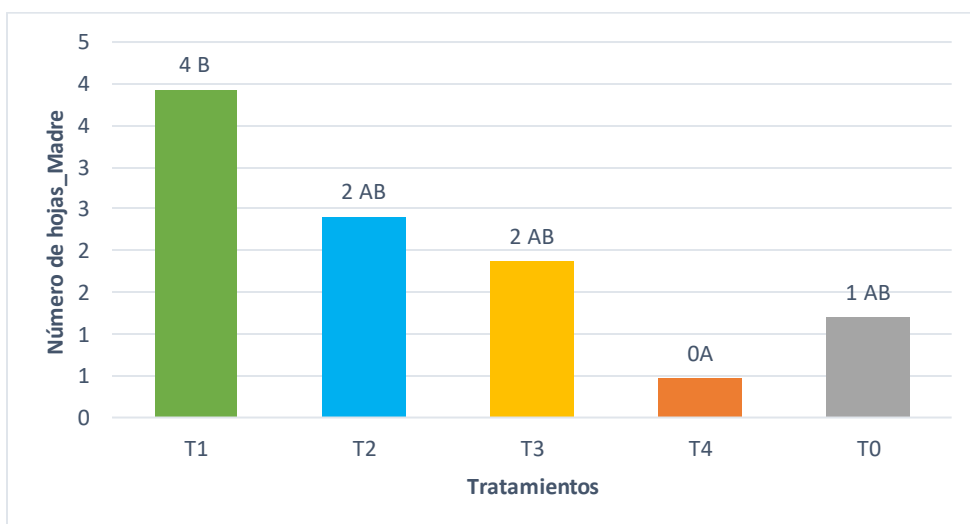


Figura 15: Diferencia de número de hoja de la planta madre en la última toma de datos.

3.2. Número de hojas de la planta hijo

La tabla 3 presenta el ANOVA de un factor de la variable de número de hoja de la planta hijo. Solo se presentó diferencias significancia (p-valor $\leq 0,05$) en la tercera observación. Respecto a la observación 1, se obtuvo medias entre 5 a 6 hojas en todos los tratamientos, teniendo como mínimo un rango de emisión foliar entre 2 a 3 hojas y como máximo de 8 a 10 hojas, sin embargo, la última observación obtuvo medias (10-11) y valores mínimos (5-9) -máximos (12-13), dando a entender que los valores tuvieron un aumento, hecho que se explica porque las planta están en su etapa inicial de crecimiento.

Tabla 3: Resumen descriptivo y ANOVA de un factor de la variable número del hijo

Observaciones	Tratamiento	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	F	Sig
25/6/2021	T1	6	2	2	10	1,413	0,239
	T2	5	2	3	8		
	T3	6	2	3	8		
	T4	6	1	3	8		
	T0	6	2	3	10		
9/7/2021	T1	7	3	3	10	1,569	0,192
	T2	6	2	3	9		
	T3	7	2	3	9		
	T4	8	2	4	10		
	T0	7	2	4	10		
22/7/2021	T1	8	2	4	11	2,627	0,042
	T2	7	2	4	9		
	T3	8	1	6	11		
	T4	8	2	5	10		
	T0	8	2	6	11		
22/8/2021	T1	9	2	4	12	0,448	0,774
	T2	9	2	6	12		
	T3	9	1	7	11		
	T4	9	1	7	11		
	T0	10	2	8	12		
5/9/2021	T1	11	2	5	13	0,1	0,982
	T2	10	1	8	12		
	T3	10	1	9	12		
	T4	11	2	7	13		
	T0	11	2	8	13		

En la primera observación mediante la prueba de Duncan al 0,05 de significancia (Figura 16), no se presentó diferencias significativas, conformando un solo subconjunto, resultados que indican que existe similitud entre todos los tratamientos antes de iniciar el ensayo, a pesar que se muestran diferencia de tipo numérica donde el mayor valor fue en T0, seguido de T1, T4, T3 y T2, siendo la variación entre de 5,00 (T2) a 6,40 (T1).

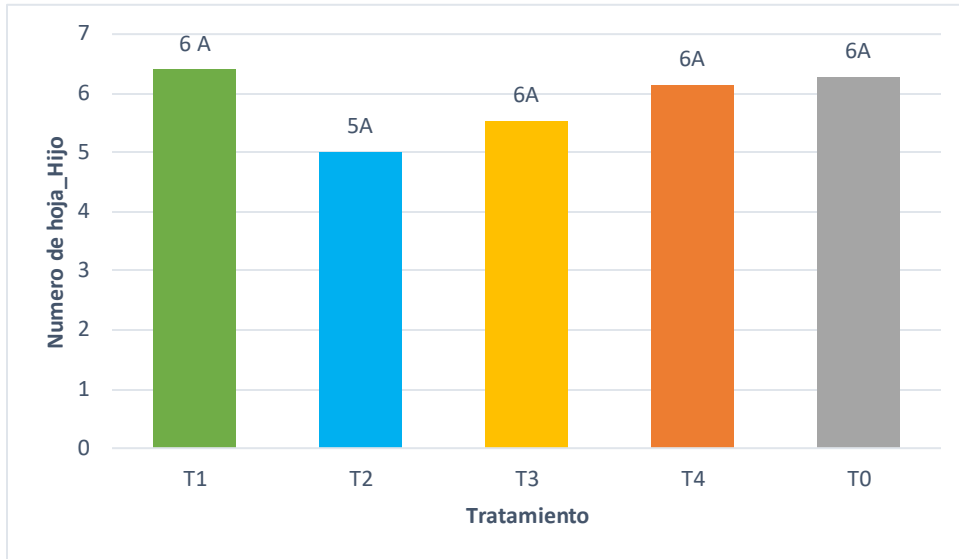


Figura 16: Número de hojas del hijo en la primera toma

En la última observación del número de hojas de las plantas hijo, que fueron sometidas a la prueba de Duncan al 0.05 de significancia (Figura 17), no mostró diferencias significativas, pero mantuvo la diferencia numérica, que se incrementó en comparación con la primera observación, en T4 y T0.

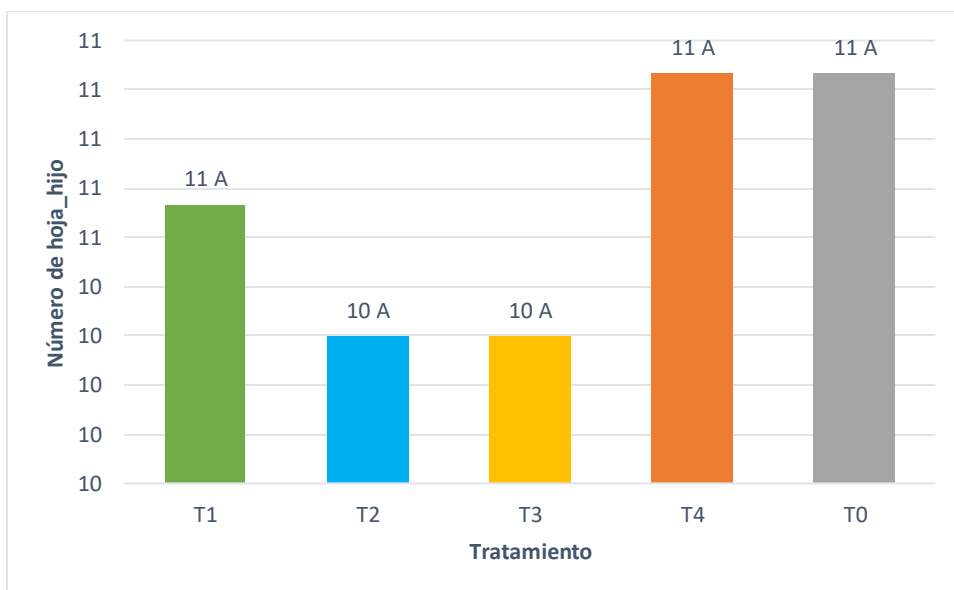


Figura 17: Número de hojas en la planta hijo, última toma.

3.3. Grosor del pseudotallo-hijo.

Se realizó un ANOVA de un factor (Tabla 4) para la variable grosor del pseudotallo-hijo, cuyos resultados en todas las observaciones no presentaron significancia ($p > 0,05$).

Respecto a la observación, los valores varían entre 28 a 35 cm en todos los tratamientos, teniendo como mínimo un rango entre 12 a 28 cm y como máximo de 36 a 45 cm. Los resultados de mayor a menor fueron 35 cm (T0), seguido de 30 cm obtenidos en T1 y T4, por último, el 29 cm (T3) y 28 cm (T3). En la última observación se obtuvo una variación entre 42-47 cm y rangos de mínimos entre 29- 35, con valores máximos de 50-60. En última observación el mayor valor se mantiene T0 (56,60 cm), seguido por los T3(44 cm), T4 (45 cm) T1 (43 cm), T2 (42 cm).

Tabla 4. Resumen descriptivo y ANOVA de un factor de la variable grosor del pseudotallo-hijo.

Observaciones	Tratamiento	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	F	Sig.
25/6/2021	T1	30	8	19	45	2,019	0,101
	T2	28	7	19	39		
	T3	29	7	12	40		
	T4	30	3	23	36		
	T0	35	6	28	45		
9/7/2021	T1	33	8	23	45	1,837	0,131
	T2	30	8	20	43		
	T3	30	5	17	38		
	T4	32	4	23	37		
	T0	35	6	28	46		
9/7/2021	T1	36	8	24	47	1,453	0,226
	T2	33	8	21	46		
	T3	33	6	21	44		
	T4	34	4	26	40		
	T0	38	6	30	47		
22/8/2021	T1	41	8	25	56	0,866	0,489
	T2	38	7	30	50		
	T3	40	6	32	50		
	T4	42	5	30	50		
	T0	43	7	32	58		
5/9/2021	T1	43	8	29	60	0,811	0,523
	T2	42	8	32	54		
	T3	44	6	35	53		
	T4	45	5	35	50		
	T0	47	9	33	60		

En la Figura 18, la prueba de Duncan al 0,05 de significancia indica diferencia significativa entre sus medias del grosor del pseudotallo entre los tratamientos, con el mayor valor en T0 (34,5 cm) y el menor media en T2 (28,497 cm) de grosor. esto se puede explicar que las plantas seleccionadas para la parcela control tuvieron un mayor desarrollo que las plantas

seleccionadas para los tratamientos, de las cuales T4 son las que mostró mayor desarrollo inicial en cuanto al grosor del pseudotallo.

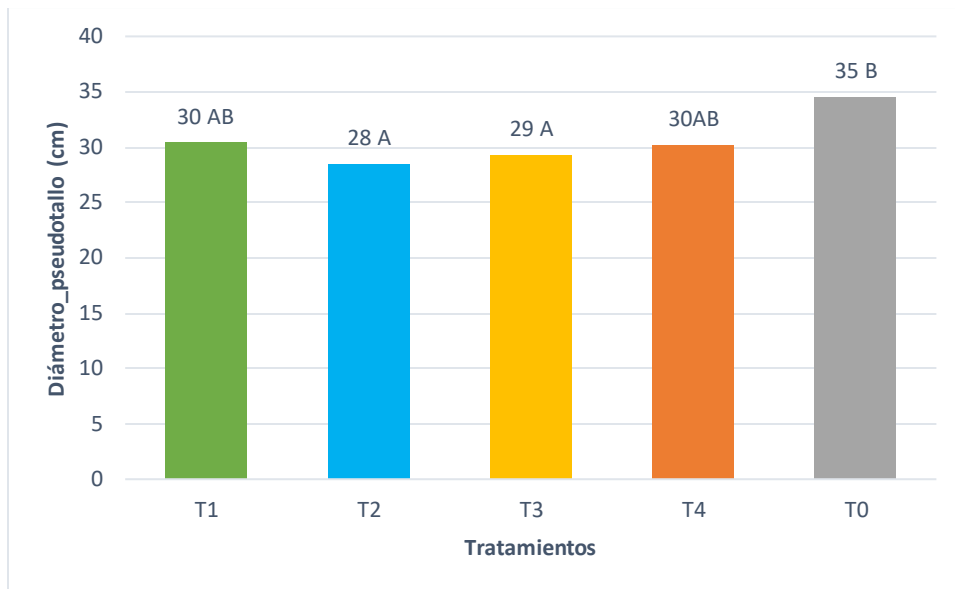


Figura 18: Grosor del pseudotallo-hijo, primera toma.

En la Figura 19, no se indican diferencias significativas cuando se aplicó la prueba de Duncan al 0,05 de significancia estadística, pero se observa un mejor desarrollo de las plantas del tratamiento cuatro, seguido de T0, y el menor valor en T2.

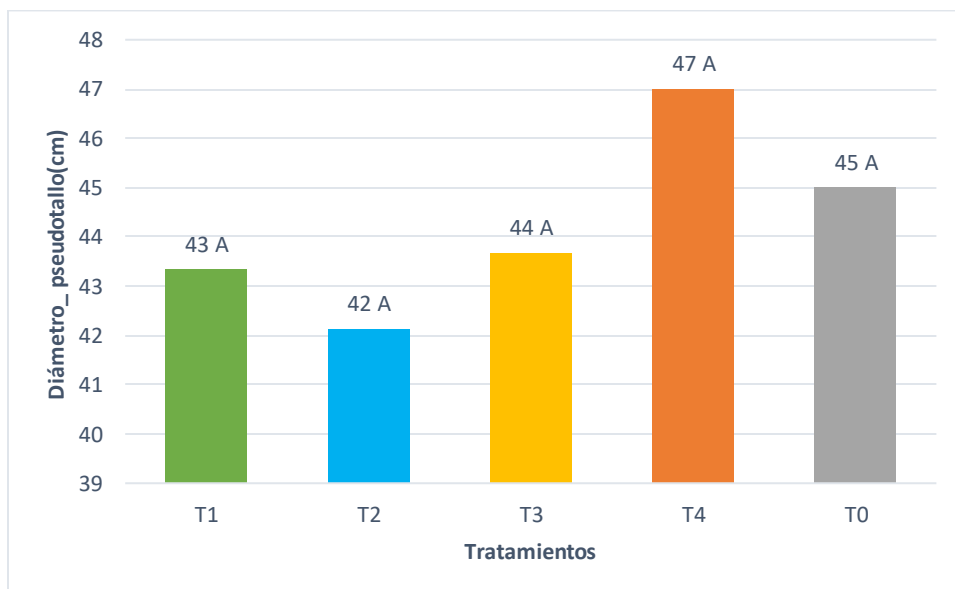


Figura 19: Grosor del pseudotallo-hijo, última toma.

3.4. Primer análisis con respecto a la altura del hijo

Se realizó una prueba T de un factor (Tabla 5) en la variable altura del hijo entre T1 y T2, en las dos primeras observaciones, sin obtener diferencias estadísticas significativas (p -valor $> 0,05$); cabe mencionar que esta toma se la realiza desde la base hasta la punta cigarro por dos semanas, debido a que fueron las plantas más bajas disponibles al inicio del ensayo en las parcelas, luego de 6 semanas estas plantas superaron los 2 metros y las observaciones se registraron en la bifurcación de las emisiones foliares .

Tabla 5: ANOVA de un factor de la variable altura del hijo. (primer análisis)

		Estadísticos de grupo			
Tratamientos		Media	Desviación típ.	F	Sig
25/6/2021	T1	183,53	63,56	1,138	0,295
	T2	172,87	48,09		
9/7/2021	T1	205,60	58,79	1,981	0,17
	T2	186,27	42,41		

3.5. Segundo análisis con respecto a la altura del hijo.

Para la altura del hijo medido en la bifurcación de las emisiones foliares, se realizó un ANOVA de un factor (Tabla 6), indican diferencias estadísticas significativas (p -valor $\leq 0,05$) en las observaciones del 22-08-2021 y del 05-09-2021. En la primera toma de datos se observa que el T0 obtuvo una mayor altura con una media 168,20 cm, un mínimo de 135m y su máximo de 205m, y la de menor media fue el T3 (146,13 cm) con un mínimo de 97 cm y su máximo de 183 cm. Mientras que en la última observación T1 mejoró en cuanto a la aplicación de (15 g de biochar de cacao + 100 g de SiO₂ más biol 50 ml) con una media de 216,40 cm, un mínimo de 160 cm y su máximo de 260 cm, pero T0 siguió con el mayor rango (170-268 cm), y T2 mostró el menor valor (147 cm), T3 (180-220 cm), mientras que los rangos de T4 fueron de 180-215 cm,

Tabla 6: ANOVA de un factor de la variable altura del hijo. (segundo análisis)

Descriptivos Altura del hijo							
Observaciones	Tratamiento	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	F	Sig
22/7/2021	T1	156,93	27,47	120	215	1,564	0,193
	T2	158,20	27,38	115	205		
	T3	146,13	25,56	97	183		
	T4	153,80	19,17	114	183		
	T0	168,20	22,94	135	205		
22/8/2021	T1	190,67	28,69	150	242	2,992	0,024
	T2	168,40	27,48	130	215		
	T3	167,80	24,01	110	202		
	T4	168,47	15,50	130	193		
	T0	187,33	29,80	150	253		
5/9/2021	T1	216,40	30,38	160	260	2,617	0,04
	T2	196,20	21,95	147	243		
	T3	193,60	12,01	180	220		
	T4	200,87	11,84	180	215		
	T0	206,20	25,76	170	268		

En la figura 20 donde se muestra la prueba Duncan (0,05 de significancia) se observa en la primera toma que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Los valores de mayor a menor fueron 168,20 (T0), 158,20 m (T2), 156,93 m (T1), 153,80 cm (T4) y el de menor media 146,13 cm (T3). (Quiroz-Mojica et al., 2021) informan que los abonos orgánicos actúan progresivamente, a medida que se van mineralizando, y mejoran las características físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que se refleja directamente en el desarrollo de la planta



Figura 20: Altura del hijo, primera observación

El gráfico de barra de medias que se muestra en la Figura 21, indica que mayor valor (216,40 cm) corresponde a T1, que aumentó su altura con respecto a la primera observación donde fue el tercer mayor valor, superado por T0 y T2 seguido. El resto tratamiento en altura fueron para T0(206,20m), T4(200,87 m), T3 (193,60 m) y T2 (196,20 m) que disminuyó de forma significativa su el crecimiento de las plantas. Determinando de esta según (Sánchez, 2020) que la aplicación (15 g de biochar de cacao + 100 g de SiO₂ más biol 50 ml) si intervienen en el crecimiento del diámetro del pseudotallo-hijo.

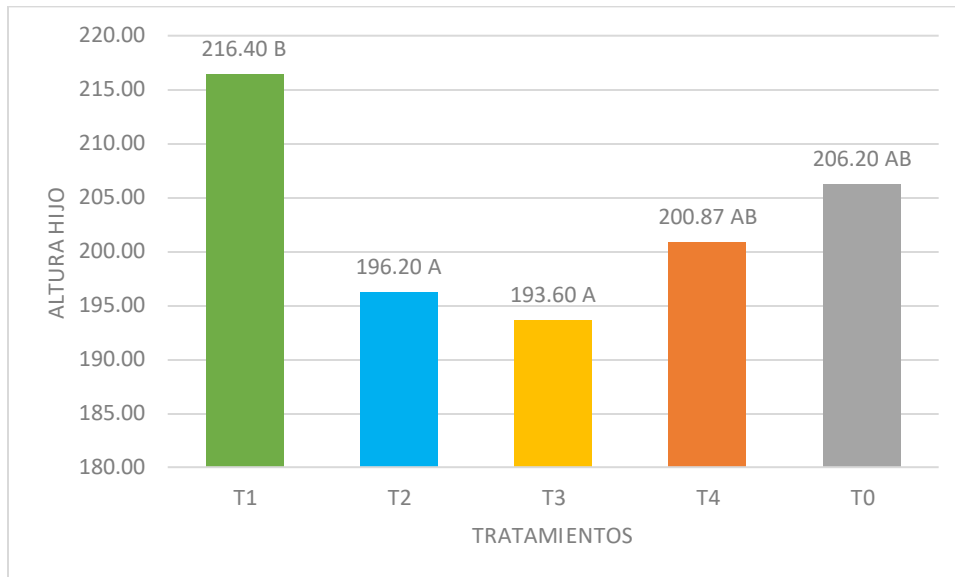


Figura 21: Altura del Hijo, ultima observación

3.6. Peso de raíces

Según el gráfico de barras (Figura 22), se observa que el mejor tratamiento fue el T3 con una biomasa mayor (22,1 g) a los demás tratamientos, mostrando una diferencia de 3,5 g entre el tratamiento de menor eficiencia (T0) de 18,6 g. El T 1 y T2 presentan valores homogéneos que oscilan entre 20,6 g a 21,2g a diferencia con el peso de biomasa de T4 y T0 presentando valores bajos.

Dando como resultados que la aplicación de biochar (15 g de biochar de cacao + biol 50 ml por planta) según (Olmo, 2016) reduce la densidad aparente y la compactación del suelo favoreciendo en la aireación y aumenta la capacidad de infiltración de agua, lo que beneficia al desarrollo de la raíz y de esa manera aumenta su biomasa además señala (Fiallos-Ortega et al., 2015) que la producción de biomasa está directamente relacionada con la incorporación de materia orgánica que nutra a los microorganismos, pues siendo son los responsables que los nutrientes queden disponibles para las plantas, mejorando las condiciones físicas del suelo, provocándose, por tanto, la restauración ecológica.

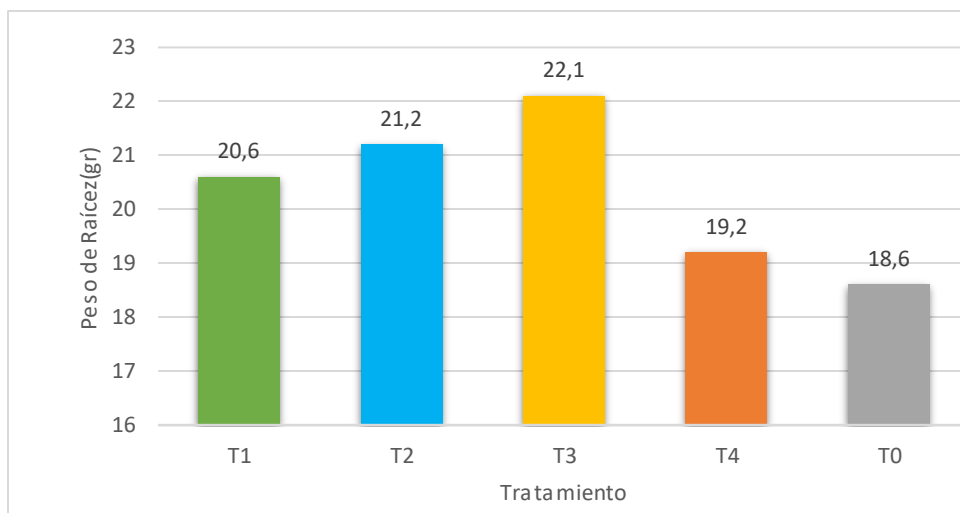


Figura 22: Gráficos de barras de la variable peso de raíces.

3.7. Porcentaje de Materia Orgánica del suelo (MOS)

Según la Tabla 7, se observa que T2 y T4 presentan un porcentaje mayor de materia orgánica del suelo en sus horizontes a diferencia de los demás tratamientos. El T2 presenta el porcentaje mayor de MOS con valores de 2,75 % en el H1 y 1,33 % en el H2, donde (Cuenca, 2019) también registró con la aplicación de biochar se incrementa la cantidad de MOS en los primeros 30 cm de profundidad del suelo. El segundo valor más alto fue T4 con 2,6 % en el H1 y 1,28 % en el H2. El T1 y T3 presentan un porcentaje promedio de 2,41 % y 2,27 % en el H1 y 1,1 % a 1,2 % en el H2. Por último, el T0, presentó el nivel más bajo de MOS en sus horizontes con valores de 2,13 % y 0,89 %, en H1 y H2 respectivamente.

Tabla 7: Porcentaje de Materia Orgánica antes y después de la aplicación por horizontes.

Tratamientos	Horizontes	Antes de aplicar	Después de aplicar
T1	H1(0-15)	1,38	2,41
	H2(15-30)	0,62	1,1
T2	H1(0-15)	2	2,75
	H2(15-30)	1,31	1,33
T3	H1(0-15)	2,06	2,27
	H2(15-30)	1,17	1,2
T4	H1(0-15)	2,2	2,6
	H2(15-30)	0,9	1,28
T0	H1(0-15)	1,8	2,13
	H2(15-30)	0,68	0,82

3.8. Medición del pH

Mediante la Tabla 8, se puede observar un aumento del pH después de aplicar en todos los tratamientos teniendo pH ligeramente alcalinos. En el cuadro presenta un aumento en el pH en todos los tratamientos teniendo un porcentaje mayor el T1 y T0 en comparación con el T4 presentando un valor bajo, en el primer horizonte tiene 9,64 y en el segundo 9,20.

En todos los tratamientos ambos horizontes hubo el incremento del pH de manera muy notoria demostrando valores mayores en los tratamientos T1 y T0 en comparación con el T4 presentando un valor bajo, en el primer horizonte tiene 9,64 y en el segundo 9,20. El T1 se aplicó biochar + Si + biol aumentando su pH con valores de 9,98 en el primer horizonte y 9,74 en el segundo, seguido por Testigo(T0) donde también aumento su pH significativamente teniendo 9,96 en el primer horizonte y 9,64 en el segundo horizonte.

Dando como resultado que la aplicación de Si como lo menciona (Palacios, 2012) que la aplicación de silicio al suelo, incrementa iones de esa manera bloquea al Fe, Al y Mn, causantes de la acidez de los suelos actuando como regulador del pH, concordando con los resultados obtenidos por (Abenza, 2005) al aplicar biochar produce un cambio en el pH debido a la presencia de carbonatos y de grupos funcionales carboxilos (COOH) e hidroxilos (OH) que hacen que el biochar sea alcalino y que a su vez, alcalinice al suelo.

Tabla 8: Medición de pH con datos de antes y después de la aplicación.

Tratamientos	Horizontes	Antes de aplicar	Después de aplicar
T1	H1(0-15)	7,85	9,85
	H2(15-30)	6,65	9,62
			9,735
T2	H1(0-15)	8,14	9,98
	H2(15-30)	7,98	9,74
			9,86
T3	H1(0-15)	7,57	9,8
	H2(15-30)	7,8	9,33
			9,56
T4	H1(0-15)	7,82	9,64
	H2(15-30)	7,7	9,2
			9,42
T0	H1(0-15)	7,69	9,96
	H2(15-30)	7,42	9,95
			9,955

CONCLUSIONES

- Al analizar la eficiencia de los diferentes componentes de biochar + óxido de silicio + yeso agrícola en el desarrollo de plantas de banano Cavendish en combinación de un biofermento se determinó que en todas las variables presentaron cambios debido a la incidencia de los tratamientos.
- Los efectos que presentaron de los diferentes tratamientos incide 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 T1 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 (10,67) entre los tratamientos T0-T4 y los tratamientos T2-T3 (10,40). En la variable del pseudotallo-hijo su grosor aumento presentando medias de 42,13 cm (T2) y de 46,6 cm (T0) siendo esta la mayor media, para la altura del hijo aumentó progresivamente teniendo valores de 216,40 cm (T1) siendo este el mejor, seguido por el T0, T4, T3 y T2. En el peso de raíces el mejor tratamiento fue el T3 con una biomasa mayor (22,1 g) a los demás tratamientos, el mayor porcentaje de Materia Orgánica se obtuvo del T2 y T4 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 T0.
- La combinación de biochar + óxido de silicio + yeso agrícola respondieron 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 (15 gr de Biochar + 100gr de silicio + 50 ml de Biol) y T0 (100 gr de Silicio + 50 ml de Biol).

BIBLIOGRAFÍA

- Abenza, D. P. (2005). Evaluación de efectos de varios tipos de biochar en suelo y planta. *CREAF*, 5–8. https://doi.org/10.1007/1-4020-3492-x_2
- Acosta, G. D. M. (2017). *Efectos de la aplicación de silicio y fostito de potasio en la variedad de arroz SFL-09 (Oryza sativa. L).* 57.
- Acosta, L., Rivera, J., Marza, F., & Claire, T. (2014). Uso de yeso agrícola como enmienda en el cultivo de maíz forrajero en el valle central de Tarija. *Revistas de Informaciones Agropecuarias y Forestal Boliviana- RIAFB*, 41–46.
- Albornoz, E., & Guzman, M. (2016). Estudio de los eslabones de la cadena de valor del Banano en la Provincia de El Oro. *Revista Científica de La Universidad de Cienfuegos*, 8, 150.
- Álvarez, F. (2010). Preparación y uso del biol. Soluciones prácticas. Intermedia Technology Development Group, ITDG. *Manual Preparación y Uso Del Biol*, 1, 30. www.solucionespracticas.org
- Arteaga, F. (2015). *PDFCOFFEE*. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/2015-i-universidad-nacional-de-colombia-origen-y-evolucion-del-banano-pdf-free.html#>
- Balta, R. (2019). “El carbón activado y el biocarbón en la asimilación del cadmio por el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo invernadero.” *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 123. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3874/balta-crisologo-rafael-ananias.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Basantes, E. D. V. (2009). Elaboración y aplicación de dos tipos de biol en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. Legacy). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, 1–123. http://www.infoplc.net/files/descargas/schneider/infoplc_net_18t00436.pdf
- Blomme, G., Swennen, R., Ortiz, R., & Tenkouano. (2006). Sistema radical y crecimiento de brotes de banano (*Musa* spp). *Revista InfoMusa*, 15(1), 18–23.
- Castellón, K., & Benjamin, W. (2015). *Comportamiento agronómico del cultivo de plátano (musa paradisiaca) variedad Curaré enano en Waitna Tigni Sandy Bay Norte, Raan.* *Revista Ciencia e Interculturalidad*, 21(2), 115–128.
- Castellón, K., Pineda, W., & Cordón, E. (2017). Comportamiento agronómico del cultivo del plátano, variedad curare enano en Sandy Bay Costa Caribe Norte de Nicaragua. *Revista Ciencia e Interculturalidad*, 21(2), 115–128. <https://doi.org/10.5377/rci.v21i2.5605>
- Castro, D. (2018). Evaluación del proceso de Pirólisis aplicado al material lignocelulósico residual proveniente del Pino patula en atmosfera de dióxido de carbono. *Universidad Libre De Colombia*, 1–84.

- [https://repository.unilivre.edu.co/bitstream/handle/10901/11025/Trabajo de grado final F Diana Catherine Castro Jimenéz.pdf?sequence=1](https://repository.unilivre.edu.co/bitstream/handle/10901/11025/Trabajo_de_grado_final_F_Diana_Catherine_Castro_Jimenéz.pdf?sequence=1)
- Chabla, J., Barrezueta, S., Paz, A., & Cuenca, E. (2020). Yeso agrícola y roturación como prácticas de acondicionamiento físicos de suelos bananeros. *Revista Para La Transformación Agraria Sostenible Agroecosistemas.*, 8, 148–162.
- Chávez, M. (2013). Efecto de la aplicación de tres dosis de potasio en banano, bajo dos sistemas de labranza en suelos ricos en potasio. 7. <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1839/1/CPA-2013-091.pdf>
- Cuenca, A. (2019). Evaluación de la mineralización de Biochar sobre parámetros químicos en dos tiempos de incubación. In *Universidad Tecnica de Machala* (Vol. 9). <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15166>
- Cueto, O. G., Iglesias Coronel, C. E., & Herrera Suárez, M. (2009). Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18, 57–63.
- Escalante, A., Pérez, G., Hidalgo, C., López, J., Campo, J., Valtierra, E., & Etchevers, J. (2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Revista Terra Latinoamericana*, 34, 367–382. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n3/2395-8030-tl-34-03-00367.pdf>
- Fiallos-Ortega, L. R., Flores-Mancheno, L. G., Duchi-Duchi, N., Flores-Mancheno, C. I., Baño-Ayala, D., & Estrada-Orozco, L. (2015). Restauración ecológica del suelo aplicando biochar (carbón vegetal), y su efecto en la producción de Medicago sativa. *Revista TERRA Latinoamericana*, 12(2), 13. <https://doi.org/10.19053/01228420.4349>
- Gonzabay, R. (2019). Cultivo del Banano en el Ecuador. *Revista Científica AFESE*, 148, 148–162.
- González, I., Rodríguez, M., Delgado, B., & Schmidt, H. (2021). Biochar y su contribución a la nutrición, crecimiento y defensa de las plantas. *Revista de Protección Vegetal*, 35(January), 1–17.
- Guerra, P. (2014). Producción y caracterización de Biochar a partir de la biomasa residual de sistemas agroforestales y de agricultura convencional en la Amazonía Peruana. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 101.
- Guerrero, M. (2010). *Guía Técnica del Cultivo del Plátano Guía técnica del cultivo del plátano Programa MAG-CENTA-FRUTALES. Centro Nacional de tecnología agropecuaria y forestal “Enrique Álvarez Córdova”. Diciembre 2010.*
- Hensel, J., & Restrepo, J. (2009). Manual Práctico De Agricultura Orgánica Y Panes De Piedra. *Feriva*, 318.

- Hernández, C. (2011). Evaluación de diferentes tipos de podas en glomérulos y frutos laterales de los glomérulos de racimos de banano en glomérulos de banano (*Musa sp*) y su efecto en la calidad y el aprovechamiento de la fruta en la finca Hopy, "entre Ríos", Puerto Barrios, Izabal, Guatemala, C. A. 38, 33–36.
- Jiménez, A., & Siavosh, K. (2015). Respuesta del café a la aplicación de silicio y lombrinaza durante la etapa de almácigo. *Cenicafé. Revista Del Centro Nacional de Investigaciones de Café., Volumen 66*.
- Klug, M. (2012). Pirólisis, un proceso para derretir la biomasa. *Revista de Química PUCP*, 26(1–2), 37–40.
- Leal, J., Gutiérrez, M., Castro, L., Lares, F., Cortes, J., & de los Santos, S. (2018). Microorganismos promotores de crecimiento vegetal con Yeso agrícola en papa (*Solanum tuberosum L.*) bajo casa sombra. *Revista Agrociencia*, 52, 1149–1159.
- León, Lady, Arcaya, M., Barbotó, N., & Bermeo, Y. (2020). Ecuador: Análisis comparativo de las exportaciones de banano orgánico y convencional e incidencia en la Balanza Comercial, 2018. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 7(2), 38–46. <https://doi.org/10.26423/rctu.v7i2.521>
- López, A., & Espinoza, J. (2008). Manual de nutrición y fertilización del banano. *IPNI, 1*, 13–20. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos-climaticos/Informe-final-Banano.pdf>
- Marín, F., García, R., & Barrezueta, S. (2020). Resultados de la aplicación de Biochar obtenido de residuos de banano y cacao, en el cultivo de maíz. *Revista Científica AGROECOSISTEMAS*, 148, 148–162.
- Martínez, A., & Cayón, G. (2011). Dinámica del Crecimiento y Desarrollo del Banano (*Musa AAA Simmonds cvs. Gran Enano y Valery*). *Revista de La Facultad Nacional de Agronomía Medellín.*, 64(7), 6055–6064.
- Martínez, G. (2009). Situación nacional de las musáceas: Breve análisis. *Revista Producción Agropecuaria*, 2, 31–44.
- Milesi, L., Ullé, J., & Andriulo, A. (2020). Aplicación de biochar en un suelo degradado bajo producción de batata. Efecto sobre propiedades edáficas. *Revista Ciencia del Suelo*, 38(1), 162–173.
- Mejía, G. (2018). Cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*). *Centro Nacional De Tecnología Agropecuaria Y Forestal "Enrique Álvarez Córdova," 29*. www.centa.gob.sv
- Méndez, A. (2017). Cambio en las propiedades químicas de un biochar de sarmientos de vid por adición a pilas de compostaje. *Tesis*, 1–43. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/25146/1/TFM-I-659.pdf>

- Montanarella, L. (2015). Govern our soils. *Nature*, 528, 32–33.
- Navia, M. (2013). Caracterización morfológica de cultivares recolectados de banano y plátano. *PRO Ecuador*, 56. <http://www.proecuador.gob.ec/compradores/oferta-exportable/banano/>
- Olmo, M. (2016). Efectos del biochar sobre el suelo, las características de la raíz y la producción vegetal. *Tesis Doctoral*, 156.
- Ortega, R. (2013). “Evaluación del efecto de la aplicación de dos recetas de biofermentos (bioles) sobre propiedades físicas, químicas y microbiológicas de un suelo dedicado al cultivo de banano (*Musa AAA*) en el Caribe de Costa Rica”. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Palacios, N. (2012). Uso de tres mejoradores de retención de nutrientes en el suelo. In *Universidad Técnica de Ambato* (Vol. 2, Issue July).
- Peña Castillo, R. A., & Galecio Julca, M. Á. (2019). Efecto del silicio orgánico en el rendimiento de maracuyá (*Passiflora edulis*), cultivada en Somate- Sullana. *Revista de Investigaciones de La Universidad Le Cordon Bleu*, 6(1), 25–37. <https://doi.org/10.36955/riulcb.2019v6n1.002>
- Pineda, J. (2011). Extracción de macronutrientes en banano “Dominico” (*Musa spp.*). *Revista Internacional de Botánica Experimental.*, 80(1).
- Pérez, R., Tapia, A., Soto, G., & Benjamin, T. (2013). “Efecto del Bio-carbón sobre *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense y el desarrollo de plantas de banano (*Musa AAA*).” *Revista InterSedes*, 14(27), 64–100. <https://doi.org/10.15517/isucr.v14i27.10408>
- Quipuzco, L., Baldeón, W., & Tang Cruz, O. (2011). Evaluación de la calidad de Biogfas y Biol a partir de dos mezclas de estiércol de vaca en biodigestores tubulares de PVC. *Revista Del Instituto de Investigación (RIIGEO)*, 2–9. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v14i27.690>
- Quiroz-Mojica, L. J., Daza-Mendoza, M. M., Díaz-Muegue, L. C., Melo-Rios, A. E., & Peñuela-Mesa, G. A. (2021). Efecto de biochar, micorrizas arbusculares y *Guazuma ulmifolia*, en la rehabilitación de suelos mineros,. *Revista Terra Latinoamericana*, 39, 1–16. <https://doi.org/10.28940/TERRA.V39I0.709>
- Rodriguez, M. G., Nacional, C., Agropecuaria, D. S., & Schmidt, H. (2021). *Biochar y su contribución a la nutrición, crecimiento y defensa de las plantas*. 35(January), 1–17.
- Rojas Esquivel, C. A. (2011). *Prospección de la Entofauna Benéfica Asociada al Cultivo de Banano (Musa AAA), subgrupo “Cavendish,” en la Región Atlántica de Costa Rica*. 1–114. [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3197/Prospección de la entomofauna benéfica asociada al cultivo de banano %28Musa AAA%29%2C subgrupo](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3197/Prospección%20de%20la%20entomofauna%20ben%C3%A9fica%20asociada%20al%20cultivo%20de%20banano%20-%20Musa%20AAA%20-%20subgrupo)

- cavendish%2C en la región Atlántica de Costa Rica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sánchez, S. (2020). Efecto de la enmienda biocarbon+biol y SiO₂ en un suelo franco arenoso sobre el desarrollo vegetativo de musa sp. *Facultad De Ciencias Agropecuarias Carrera De Ingeniería Agronómica Evaluación*, 63.
- Sánchez, S., Condoy, A., Sisalima, P., Barrezueta, S., & Jaramillo, E. (2020). Uso de biocarbones en medios de cultivo para el crecimiento de *Trichoderma* spp. in VITRO. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas.*, 3(2)66-72.
- SEPHU, S. A. (2009). El silicio (Si) como elemento fertilizante. *Pdf*, 028(Noticias SEPHU), 1–8.
- Torres, A., Quipuzco, L., & Meza, V. (2013). Influencia de la fermentación láctica (abono bokashi) en el pre-compost para la producción de biogás y biol en biodigestores tipo batch. *Rev. Del Instituto de Investigación (RIIGEO)*, 16, 1–14.
- Trasviña, A., Borquez, R., Leal, J., Castro, L., & Gutiérrez, M. (2018). Rehabilitación de un suelo salino con yeso agrícola en un cultivo de nogal en el Valle del Yaqui. *Revista Terra Latinoamericana*, 36(1), 85. <https://doi.org/10.28940/terra.v36i1.310>
- Vargas, A., Watler, W., Morales, M., & Vignola, R. (2017). Ficha técnica cultivo de banano. *Catie*, 2(21), 1–56. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos-climaticos/Informe-final-Banano.pdf>
- Vásquez, R. (2017). El impacto del comercio del Banano en el desarrollo del Ecuador. *Revista AFESE Temas Internaciones*, 53(53), 167–182. <https://afese.com/img/revistas/revista53/comerbanano.pdf>
- Vegas, U., & Rojas, J. (2011). Fertilización y manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de banano orgánico [report]. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 10. http://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/GanadoLechero/Manejo_integrado_de_ganado_vacuno.pdf

ANEXOS



Anexo 1: Materia prima para la obtención del Biocarbón.



Anexo 2: Iniciando el proceso de calcinación de las cáscaras de cacao.



Anexo 3: Triturado y tamizado del biocarbón.



Anexo 4: Pesos de biocarbón, silicio y yeso agrícola para la aplicación de los tratamientos.



Anexo 5: Aplicación del T1: 15 g de biochar de cacao + 100 g de SiO₂ más biol 50 ml.



Anexo 6: Toma de Datos en cuanto al diámetro del hijo.



Anexo 7: Determinación de M.O.S y pH.



Anexo 8: Peso de raíces en estado fresco y puesta en la estufa a 110°C por 24 horas.