



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

COMPARACIÓN DEL DESARROLLO VEGETATIVO DE MUSA SP. EN
UN SUELO CON TRATAMIENTOS DE BIOCARBON + YESO AGRICOLA.

AZUERO CAAMAÑO HOLGER STALIN
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

COMPARACIÓN DEL DESARROLLO VEGETATIVO DE MUSA
SP. EN UN SUELO CON TRATAMIENTOS DE BIOCARBON +
YESO AGRÍCOLA.

AZUERO CAAMAÑO HOLGER STALIN
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

COMPARACIÓN DEL DESARROLLO VEGETATIVO DE MUSA SP. EN UN SUELO
CON TRATAMIENTOS DE BIOCARBON + YESO AGRICOLA.

AZUERO CAAMAÑO HOLGER STALIN
INGENIERO AGRÓNOMO

BARREZUETA UNDA SALOMON ALEJANDRO

MACHALA, 17 DE DICIEMBRE DE 2020

MACHALA
2020

COMPARACIÓN DEL DESARROLLO VEGETATIVO DE Musa sp. EN UN SUELO CON TRATAMIENTOS DE BIOCARBON MAS YESO AGRICOLA

INFORME DE ORIGINALIDAD

1 %	%	1 %	%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

- 1 Martha Emperatriz Pardo Parra, Alberto Uribe Jongbloed. "Gestión de subproductos e impacto ambiental de la chatarrización vehicular del sector transporte público en Bogotá", Revista Ontare, 2016

Publicación

<1 %
- 2 Victor Galan, Antonio Rangel, Jorge Lopez, Juan Bernardo Perez Hernandez, Jorge Sandoval, Herminio Souza Rocha. "Propagación del banano: técnicas tradicionales, nuevas tecnologías e innovaciones", Revista Brasileira de Fruticultura, 2018

Publicación

<1 %
- 3 Leonardo Alonso Gómez, Alejandra Cruz Dominguez, Deicy Jiménez Madrid, Álvaro Ocampo Duran, Sergio Parra González. "Biochar como enmienda en un oxisol y su

<1 %

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

El que suscribe, AZUERO CAAMAÑO HOLGER STALIN, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado COMPARACIÓN DEL DESARROLLO VEGETATIVO DE MUSA SP. EN UN SUELO CON TRATAMIENTOS DE BIOCARBON + YESO AGRICOLA., 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, 17 de diciembre de 2020



AZUERO CAAMAÑO HOLGER STALIN
0704996198

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	23
1. REVISIÓN DE LITERATURA	25
1.1. Origen del cultivo de Banano.....	25
1.2. Importancia del banano en el Ecuador.....	25
1.3. Producción de banano en el Ecuador y en la provincia de El Oro.....	26
1.4. Clasificación taxonómica	27
1.5. Morfología del banano	28
1.5.1. Sistema radicular.....	28
1.5.2. Hoja.....	29
1.5.3. Inflorescencia.....	30
1.5.4. Fruto	31
1.5.5. Pseudotallo.....	31
1.5.6. Cormo o Rizoma.....	32
1.6. Manejo Integrado del cultivo de banano	33
1.6.1. Deshoje	33
1.6.2. Deshije	33
1.6.3. Control de malezas.....	33
1.6.4. Enfunde	35
1.6.5. Fertilización	36
1.7. Biochar	36
1.7.1. Origen	36
1.7.2. Fabricación del biocarbón.....	36
1.7.3. Pirólisis	37
1.7.4. Principios de la pirolisis.....	38
1.7.5. Materia prima para elaboración de biocarbón	38
1.8. Aplicaciones de biochar en el suelo	39
1.9. Yeso agrícola.....	40
2. MATERIALES Y MÉTODOS	41
2.1. Materiales.....	41
2.1.1. Localización de estudio	41
2.1.2. Ubicación Geográfica	41
2.1.3. Clima y ecología de la zona.....	42
2.1.4. Tipos de suelo de la zona.....	42
2.1.5. Hipótesis:	42
2.1.6. Equipos	42

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
3.1.	Altura de pseudotallo de planta de banano	49
3.2.	Grosor de pseudotallo de planta de banano.....	50
3.3.	Diferencia de grosor del pseudotallo en hijo.....	51
3.4.	Número de hojas emitidas en hijo.....	52
3.5.	Diferencia de número hojas emitidas en hijo	52
3.6.	Diferencia de número de hojas emitidas en madre	53
3.7.	Peso del racimo	54
3.8.	Número de manos constituyentes del racimo.....	55
3.9.	Peso de raíces	56
4.	CONCLUSIONES	58
5.	BIBLIOGRAFÍA	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción y área cosechada de banano desde el año 2010 hasta el 2018.	26
Figura 2. Sistema radicular de banano en afloramiento.....	29
Figura 3. Hojas de banano en una plantación establecida.....	30
Figura 4. Inflorescencia de la planta de banano.....	30
Figura 5. Fruto de la planta de vanano en el día de cosecha.....	31
Figura 6. Pseudotallo de una plata de banano.....	32
Figura 7. Cormo de una planta de banano.	32
Figura 8. Enfunde de banano.....	35
Figura 9. Flujo de la generación del biocarbón, adaptado de Teichmann, 2014.	37
Figura 10. Tipos de pirolisis; Pilosis lenta y pirolisis rapida	38
Figura 11. Mazorcas cosechadas en cada tratamiento.	39
Figura 12. Mapa de ubicación de la hacienda agrícola a ensayar	41
Figura 13. Recoleccion de biomasa a procesar.....	46
Figura 14. Horno artesanal en proceso de pirolisis.....	47
Figura 15. Resultado de biomasa sometida a pirolisis	48
Figura 16. Altura de hijo	49
Figura 17. Promedio de grosor de pseudotallo.	50
Figura 18. Diferencia de pseudotallo en hijo.....	51
Figura 19. Número de hojas en hijo	52
Figura 20. Diferencia de número de hojas emitidas en hijo, primera y última fecha	53
Figura 21. Diferencia de número de hoja madre,	54
Figura 22. Peso del racimo medido en Kg.....	55
Figura 23. Número de manos pertenecientes al racimo	56
Figura 24. Peso de las raíces en un prisma rectangular de 0,95m ²	57
Figura 25. Muestreo de raices en T4 Fuente: Autor	57

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Principales Zonas Productoras de Banano en el Ecuador.	27
Tabla 2. Clasificación Taxonómica de Musa sp.	28
Tabla 3. Principios ecológicos asociados a distintas prácticas de manejo de malezas (Adaptado de Altieri y Liebman 1988).	34
Tabla 4. Localización del predio a estudiar.	41
Tabla 5. Clima y ecología del predio a estudiar, parroquia Sta. Lucia.....	42
Tabla 6. Dosis de biochar a aplicar por tratamiento	44
Tabla 7. Anova de altura de planta en hijo	49
Tabla 8. Anova de grosor de pseudotallo	50

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Materia prima en proceso de secado	65
Anexo 2. Proceso de pirólisis	65
Anexo 3. Resultado de materia prima sometida a pirólisis.	66
Anexo 4. Procesamiento y tamizado de biochar.....	66
Anexo 5. Recolección de muestras en campo	67
Anexo 6. Análisis de M.O y pH	67
Anexo 7. Selección de plantas.....	68
Anexo 8. Aplicación de biochar en combinación con yeso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)...	68
Anexo 9. Peso de racimo (T4).....	69

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi amada y ejemplar madre, por ser el pilar más importante en mi vida, por haberme brindado el apoyo y cariño incondicional que me permitió haber llegado hasta este momento tan importante de mi vida profesional, de otra manera no hubiera reunido las fuerzas suficientes que necesitamos los estudiantes para seguir día a día, su motivación fue indispensable para cumplir y terminar cada reto presentado.

A mis grandiosas y queridas hermanas las cuales me brindaban su apoyo incondicional a pesar de las adversidades de la vida buscando siempre mi bienestar, gracias a ellas por su gran motivación.

AGRADECIMIENTO

Agradezco enteramente a Dios, mi padre Holger Azuero Jiménez siempre presente en mi memoria y a mi madre Rosa Jacqueline Caamaño por haberme brindado la fortaleza e inculcado los valores necesarios formando mi carácter y darme su ejemplo a seguir dándome su mano amiga en mi vida. A mis maravillosas hermanas Andrea Azuero Caamaño y Angélica Azuero Caamaño por darme su apoyo constante y nunca desistir en ayudarme

De manera exclusiva agradezco a mis tutores, Ing. Salomon Barrezueta Unda, PhD, por brindarme sus conocimientos y dedicar tiempo en la realización de mi proyecto de tesis lo cual me permitió seguir con mi camino. Al Ing. Julio Chabla Carrillo, quien forjó mi carácter profesional compartiéndome sus experiencias en campo y en aula.

A mis amigos de la carrera universitaria Stalin Sánchez, Alexander Condoy, Michael Zhapan y Samuel Quiñonez quienes estuvieron presentes de alguna u otra manera apoyándome en lo que necesitaba.

Holger Stalin Azuero Caamaño

RESUMEN

La mala utilización de los suelos bananeros muestra efectos negativos en la actualidad tales como la pérdida de fertilidad en los suelos, compactación, disminución de la capacidad de intercambio catiónico, lo cual muestra una pérdida económica buscando alternativas con abonos sintéticos que a corto plazo muestran altas producciones pero a largo plazo deterioran exhaustivamente el suelo por lo que se intenta suplir esta necesidad con más fertilizantes debido a que el suelo cada vez produce menos. La alternativa de uso de biochar es amigable con el medio ambiente por su secuestro de carbono en el suelo reduciendo los gases de efecto invernadero, su producción es de bajo costo por lo que su utilización es rentable, lo cual se direcciona en el aumento de la fertilidad del suelo mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas aumentando así la vida microbiana creando una atmosfera adecuada para el desarrollo del sistema radicular así como la disponibilidad de nutrientes por su aporte de materia orgánica, la aplicación de biochar en dosis controladas realizada en media luna en el cormo de la planta sirve de sostén para el agua debido a su estructura física y textura la cual es capaz de retener determinados volúmenes de agua, la calidad así como la textura del biochar dependen de su método de elaboración, es decir, el tiempo sometido a pirolisis el cual es un proceso térmico de la degradación de la materia, en un ambiente con temperaturas controladas.

En este ensayo se realizó en el cantón El Guabo, la parroquia Sta. Lucia en el sector “La Raquel”, en una hacienda de producción e banano de tipo convencional se escogió el lote con menor producción del predio, el cual muestra problemas de compactacion así como un ratio bajo por lo cual comparó parámetros vegetativos de *Musa sp.* en de diferentes tratamientos con dosis de biochar a base de cascara de cacao y biochar a base de raquis de banano, en combinación con 100g de yeso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) del cual se conocen sus propiedades al mejorar las condiciones físicas del suelo, principalmente en compactación y erosión, en este marco se desconoce el efecto de ambos fertilizantes en combinación Los tratamientos (t) fueron: 20g biochar de cacao (t1); 20g biochar de banano (t2); 30 gr biochar de banano (t3); 30 g biochar cacao (t4) y 100 g NPK (testigo). Las variables de medición fueron; altura de planta, circunferencia o grosor de psuedotallo, número de hojas emitidas en la madre, numero de hojas emitida en el hijo, peso del racimo, numero de manos por el racimo y peso de raíces en un prisma de $0,95\text{m}^2$. previo a la aplicación de biochar se realizó un análisis de suelo para la determinación del porcentaje de materia orgánica disponible en el suelo y el ph, para tener conocimiento

certero de la infertilidad del suelo. En los resultados del estudio llevado a cabo, se obtuvo diferencias significativas ($p > 0.05$), en peso de raíces (variación: 15.10 g en t4 a 7.70 en t2), grosor del pseudotallo (variación: 42.10cm en t4 a 37.60cm en t1), y medición de altura (vario: 238.45 cm en t4 a 205.05cm en t5). Todos los tratamientos mostraron valores superiores al testigo, siendo el mejor el tratamiento 4.

Palabras clave: banano, cacao, pseudotallo, pirolisis.

ABSTRACT

The misuse of banana soils currently shows negative effects such as the loss of fertility in the soils, compaction, decrease in cation exchange capacity, which shows an economic loss by seeking alternatives with synthetic fertilizers that in the short term show high productions but in the long term exhaustively deteriorate the soil so an attempt is made to supply this need with more fertilizers because the soil produces less and less. The alternative of using biochar is friendly to the environment due to its carbon sequestration in the soil, reducing greenhouse gases, its production is low-cost so its use is profitable, which is aimed at increasing the soil fertility improving its physical, chemical and biological properties thus increasing microbial life creating an adequate atmosphere for the development of the root system as well as the availability of nutrients due to its contribution of organic matter, the application of biochar in controlled doses carried out in a crescent in the corm of the plant it serves as a support for the water due to its physical structure and texture which is capable of retaining certain volumes of water, the quality as well as the texture of the biochar depend on its production method, that is, the time subjected to pyrolysis which is a thermal process of the degradation of matter, in an environment with controlled temperatures.

This trial was conducted in the canton of El Guabo, in the parish of Santa Lucia in the sector "La Raquel", in a conventional banana production farm, the lot with the lowest production of the property was chosen, which shows problems of compaction as well as a low ratio so it compared the vegetative parameters of *Musa* sp. in different treatments with doses of biochar based on cocoa husks and biochar based on banana rachis, in combination with 100g of agricultural gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) of which its properties are known to improve the physical conditions of the soil, mainly in compaction and erosion, in this framework the effect of both fertilizers in combination is unknown. The treatments (t) were: 20g biochar of cocoa (t1); 20g biochar of banana (t2); 30g biochar of banana (t3); 30 g biochar cocoa (t4) and 100 g NPK (control). The measurement variables were: plant height, circumference or thickness of stem, number of leaves issued in the mother, number of leaves issued in the child, bunch weight, number of hands per bunch and weight of roots in a 0.95m² prism. Prior to the application of biochar, a soil analysis was performed to determine the percentage of organic matter available in the soil and the pH, in order to have accurate knowledge of soil infertility. In the results of the study

carried out, significant differences were obtained ($p > 0.05$), in root weight (variation: 15.10 g in t4 to 7.70 in t2), thickness of the pseudostem (variation: 42.10cm in t4 to 37.60cm in t1), and height measurement (various: 238.45cm in t4 to 205.05cm in t5). All treatments showed higher values than the control, being the best treatment 4.

INTRODUCCIÓN

El suelo es el principal recurso para el desarrollo de las plantas, debido a que cumple las funciones de sostener, sumidero de carbono, medio para la absorción de nutrientes conjuntamente con la retención de humedad. El suelo es una estructura de vital importancia para el crecimiento de las raíces; es por esto que la calidad del suelo es uno de los factores para tener en cuenta en las distintas fases fenológicas del cultivo.

En este contexto, las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo tienen una gran influencia sobre el desarrollo del cultivo, un adecuado manejo de este recurso provee a la raíz mejores condiciones de desarrollo lo cual favorece la nutrición de la planta. En la actualidad estas propiedades en los suelos de usos agrícolas se están degradando a causa de la explotación, por el uso inadecuado de los sistemas de riego, el uso desmedido de pesticidas además de la fertilización inmoderada de tipo química del cultivo, reduciendo su porosidad.

Un aspecto negativo a adicional a los citados es la compactación de los suelos. Por lo tanto, es necesario encontrar un mejor suministro de fertilización para las plantas, los cuales no afecte a largo plazo y acondicione el suelo para las distintas etapas fenológicas del cultivo.

En Ecuador la mayoría de suelos agrícolas de la región litoral se dedican a la producción de banano, debido a que el país es el principal exportador del mundo de esta fruta, Otro aspecto que incide en el uso del suelo es que la explotación bananera es el principal rubro de exportación no petrolera del país.

Informes del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Ecuador (MAG), la superficie sembrada de banano esta en aproximadamente 162,236 hectáreas y cuenta con 4473 productores bananeros; que se concentran principalmente en las provincias de El Oro, Guayas y Los Ríos, y abarcan el 41%, 34% y 16 % de los productores bananero respectivamente por el MAG (Saltos y Berrezueta, 2019). Sin embargo, la producción por hectárea/año es notablemente inferior a la de otros países productores de banano como Costa Rica o Colombia, siendo un el principal aspecto el control fitosanitario y la degradación del suelo por problemas de pérdida de fertilidad. En este caso, el último aspecto el abordado en la investigación.

Una alternativa para contrarrestar la degradación del suelo es el uso del biocarbón o biochar, utilizado para enmendar los suelos agrícolas. La aplicación de este tipo de abono ha mostrado ser una solución rentable y notoriamente beneficiosa para las propiedades

del suelo. El biocarbón se puede obtener a partir de los rechazos del banano así mismo de la mazorca de cacao mediante el proceso de pirolisis, una degradación térmica de la materia en ausencia de oxígeno. Juntamente con yeso agrícola, el cual contiene como elemento esencial al calcio (Ca) que conjunto a los coloides de los suelos (materia orgánica y arcilla) permiten que los componentes del biochar (carbono, azufre, potasio, etc.) interactuar entre sí, formando agregados que ayudan a elevar la porosidad y retención de agua, aspecto que mejora la calidad física y biológica del suelo. (Bustamante 2016). Pero al aplicar biocarbón al suelo sin un control en su elaboración, puede condicionar las propiedades físicas, químicas y biológicas. La diversidad de materias primas con las que se obtiene los biocarbones incide de forma positiva en una, pero es necesario realizar investigaciones en este contexto.

Por tanto, la investigación se enmarca en los siguientes objetivos:

Objetivos generales:

- Evaluación del efecto de las diferentes dosis de biochar + yeso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) como enmienda edáfica del desarrollo vegetativo de *Musa* sp. Mediante la medición de variables cuantitativas de las plantas de banano, clon Cavendish gigante.

Objetivos específicos:

- Describir los efectos de los diferentes tratamientos con biochar + yeso agrícola en Cavendish gigante durante su desarrollo vegetativo.
- Análisis de las variables cuantitativas de los diferentes tratamientos de biochar + yeso agrícola en un suelo bananero en explotación.
- Comparar el efecto en el desarrollo del cultivo de banano con 4 diferentes tratamientos de biochar + yeso con un testigo fertilizado con urea común.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Origen del cultivo de Banano.

El banano se cultiva hace 10 000 años empezando en las tierras de Nueva Guinea, esta planta gigante o también llamada musácea por la familia a la que pertenece es de origen silvestre y su reproducción consistía por semillas. Actualmente en países como Filipinas, Indonesia y Nueva Guinea se sigue cultivando como estado salvaje (INFOCOMM, 2016).

1.2. Importancia del banano en el Ecuador.

La importancia del cultivo de banano en el Ecuador empieza por la magnitud de ingresos que genera, sumando que a largo plazo aporta a su desarrollo (Vásquez Orozco, 2020). Se menciona que en los últimos años han disminuido los volúmenes de exportación, claramente el país se verá afectado en su economía, a pesar de que su baja se debe a varias razones, la principal, la competencia que mantiene con Centroamérica, por la ventaja que tienen los países de Guatemala, Costa Rica, México, Colombia al no cruzar el canal de Panamá y su recorrido resulta más corto lo que a su vez les favorece que la fruta llegue a su destino con excelente calidad y a menor precio (Ulloa Fierro & Rojas Villacres, 2014) .

Desde el punto de vista socioeconómico el cultivo de *Musa sp* representa generación de empleo y seguridad alimentaria, es colocado en la dieta diaria de todos los ecuatorianos como fuente muy económica y de alto valor nutricional, además es el apoyo económico de los pequeños productores a mantener o por lo menos sobrevivir en su día a día, sin embargo no todo es bueno, hay épocas y de hecho se está pasando por una de ellas donde los problemas fitosanitarios han reducido la rentabilidad del cultivo, lo que a su vez ha provocado el descuido en las plantaciones y por ende bajos rendimientos (León Agctón et al., 2015)

Acosta Povea et al., (2018) menciona en su investigación que la Organización Mundial de la Salud y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura invita a la población a consumir banano todos los días como un acto beneficioso para la salud humana, al menos en la ciudad de Guayaquil no es un hábito

el consumo de esta fruta, la mayoría lo hace por recomendación de terceros, prescripción médica o buscan otras alternativas de fruta.

1.3. Producción de banano en el Ecuador y en la provincia de El Oro

Ecuador se ubica dentro de los 10 mayores productores de banano en el mundo, ocupando el sexto lugar, superándolo países como India, China, Filipinas, Indonesia y Brasil, desde el año 2010 la producción en el país no se ha mantenido firme hasta el 2018 se obtuvo una producción de 6'505,635.00 toneladas (Figura 1) FAO, 2018.

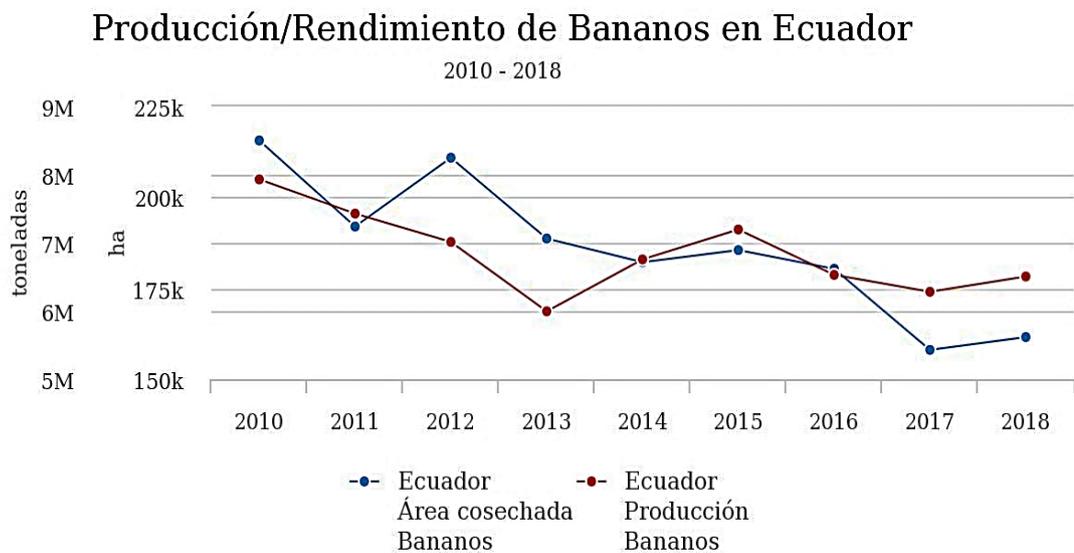


Figura 1. Producción y área cosechada de banano desde el año 2010 hasta el 2018.

Frente: FAO, 2018

Según las estadísticas del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el año 2019 la producción ascendió con 6'583,477.00 toneladas en una superficie plantada de 190,381.00 hectáreas, obteniendo un rendimiento de 35,91 t/ha. Si nos basamos en exportación Ecuador se sitúa como el principal exportador de banano junto con Colombia, Costa Rica y Filipinas (Martínez Acosta & Cayón Salinas, 2011).

La producción de banano en Ecuador representa el principal rubro económico y uno de las principales frutas de exportación gracias a la generación de ingresos y fuentes de trabajo en toda su cadena productiva, por lo general el banano con la más alta calidad tiene como destino la exportación directa, sin embargo para consumo interno

esta la fruta conocida como rechazo, la cual es aquella que no cumplió con los estándares de calidad (Villanueva et al., 2020).

Provincias que lo cultivan en gran cantidad son Guayas, Los Ríos y El Oro, sin embargo Aguilar, (2015) menciona zonas específicas de producción en el Ecuador, está la zona norte con Esmeraldas, Pichincha, zona centro con Los Ríos, Guayas, Cotopaxi, zona subcentral con sembríos de banano en la provincia de Guayas-Balzar, Los Ríos con Pueblo viejo, Urdaneta y Ventanas, la zona oriental con El Triunfo, zona Naranjal con Balao y Tenguel, finalmente la zona sur con Machala (Cuadro 1).

Tabla 1. Principales Zonas Productoras de Banano en el Ecuador.

ZONAS	PROVINCIA	LOCALIDAD
Norte	Esmeraldas, Pichincha.	Quinindé, Esmeraldas, Santo Domingo.
Central	Los Ríos, Guayas, Cotopaxi	Quevedo, Velasco Ibarra, La Mana.
Subcentral	Guayas, Los Ríos	Balzar, Pueblo viejo, Urdaneta, Ventanas.
Oriental	Guayas	Naranjito, Milagro, Yaguachi.
(Milagro-El Triunfo)	Guayas, Cañar, Azuay	El Triunfo, La Troncal, Santa Ana.
Naranjal	Guayas	Naranjal, Balao, Tenguel.
Sur	El Oro	Machala

Fuente: (Aguilar, 2015)

1.4. Clasificación taxonómica

El banano es una planta herbácea gigante, monocotiledónea perteneciente a la familia de Musáceas, en el orden de la Zingiberales (Gonzabay, 2010), en ésta Musa sp como se la conoce nacen híbridos debido al cruce de los parentales M. acuminata y M. balbisiana y de la descendencia de mutaciones, comúnmente llamada banano (Cuadro 2).

Tabla 2. Clasificación Taxonómica de Musa sp.

TAXONOMÍA	NOMBRE
Reino	Plantae
División	Angiospermas
Clase	Monocotiledónea
Orden	Zingiberales
Familia	Musaceae
Género	Musa
Especie	Acuminata/balbisiana

Fuente: (Martínez et al., 2012)

1.5. Morfología del banano

1.5.1. Sistema radicular

Las características de las raíces de banano son fibrosas, abundantes y muy profundas, llegando a medir hasta 5 metros de longitud, tienen pelos absorbentes, raicillas y su coloración a los extremos es blanco brillante, mientras que raíces viejas tienden a ser más oscuras (Por Gonzalo Plazas, 1951).

Las raíces cumplen un objetivo primordial en la planta el cual es dar anclaje, almacenamiento de nutrientes, absorción de agua y como actor principal en el proceso de fotosíntesis que se usa como reserva energética, el sistema radicular está conformado por raíces primarias y dentro de ellas se encuentra las horizontales y verticales, si lo llevamos a porcentajes se dice que el 22% del total de raíces son secundarias y el 77% terciarias lo que resulta como un buen anclaje (Restrepo Osorno et al., 2008).



Figura 2. Sistema radicular de banano en afloramiento.

Fuente: Elaboración propia.

1.5.2. Hoja

Martínez Acosta et al., (2011) señala que, el crecimiento y desarrollo de una planta de banano está en manos del desarrollo continuo de las hojas, la planta puede emitir una cantidad total de 35 y 36 hojas funcionales, con una frecuencia de una hoja por semana en época de invierno y 0,4-0,6 hoja por semana en época de verano. Para el proceso de llenado de frutos es esencial que las hojas de banano cumplan con la actividad fisiológica, ya que es un factor determinante en su desempeño productivo, en resumen para obtener una buena producción es primordial que la planta mantenga al menos 8 hojas funcionales (Barrera V et al., 2016).

El tamaño de la hoja de *Musa sp* es una de las hojas más grandes del reino vegetal (Figura 3), son de forma oblonga, de textura lisa y base redonda, su color es verde brillante en el haz y tenuemente más clara en el envés, el trascurso que siguen las hojas cuando nacen es en forma espiral y se disponen a desplegarse hasta 3 metros de largo y 90 cm de ancho, tal y como lo menciona (Guzhñay Guapacasa, 2017).



Figura 3. Hojas de banano en una plantación establecida.

Fuente: Elaboración propia

1.5.3. Inflorescencia

A diferencia de otros cultivos, la inflorescencia del cultivo de banano crece y se desarrolla en la parte superior del cormo, es decir está recubierto por el pseudotallo (Hernández et al., 2007). El desarrollo de la inflorescencia empieza cuando el meristema vegetativo se transforma en reproductivo (Figura 4), junto con la interrupción de la emisión de hojas y el inicio de la formación de partes florales, fase conocida como transición (Vargas Calvo et al., 2015).



Figura 4. Inflorescencia de la planta de banano.

Fuente: Elaboración propia.

1.5.4. Fruto

Fenotípicamente el fruto de banano posee una longitud entre 23-25cm, así mismo su diámetro va entre 3-4cm, Vásquez Castillo et al., (2019) indica que estas características dependen mucho o está relacionado con la densidad poblacional, explicando que a menor densidad los racimos y su fruto es de mayor tamaño, debido a la menor competencia entre plantas por nutriente y agua. El peso total del racimo es un promedio de 43 kg (Figura 5), sus características varían en función de factores genéticos, agroclimáticos, edad del cultivo, entre otras, sin embargo la investigación de (Hoyos Leyva et al., (2012) alude un promedio de fruto menor a 25 cm y un promedio de 8 números de manos.



Figura 5. Fruto de la planta de vanano en el día de cosecha

Fuente: Elaboracion propia.

1.5.5. Pseudotallo

El pseudotallo del banano mide entre 2 y 5 metros e incluso su altura puede llegar hasta los 8 metros si se toma en cuenta las hojas (Blasco López & GómezMontaño, 2014), conocido como un falso tallo se forma de un conjunto de vainas foliares sobrepuestas y que está compuesto principalmente por agua, sin embargo, es capaz de resistir su propio peso e incluso el de un racimo de 50kg o más (Pedraza Abril, 2019).



Figura 6. Pseudotallo de una planta de banano.

Fuente: Elaboración propia

1.5.6. Cormo o Rizoma

El rizoma de la planta de banano es de consistencia carnosa que da origen a múltiples yemas laterales o hijuelos (Figura 7) que son seleccionados meticulosamente para reemplazar a la planta madre (Quevedo Guerrero et al., 2019). Su función principal es como reserva energética, se usa este término para referirse a un eje bulboso, erecto, corto, grueso y con entrenudos vestigiales de crecimiento monopódico, un cormo de buen crecimiento presenta un diámetro entre 25-40cm y un peso entre 6 y 12kg dependiendo del cultivar y edad de la misma planta (Galan et al., 2018).



Figura 7. Cormo de una planta de banano.

Fuente: Elaboración propia.

1.6. Manejo Integrado del cultivo de banano

1.6.1. Deshoje

La labor de deshoje se efectúa por dos simples razones, por control fitosanitario por efecto de la Sigatoka negra y segundo por cuidado al racimo y no dañar su calidad de fruta al momento de tener roces que producen cicatrices en los dedos del racimo en desarrollo. En efecto la labor de deshoje permite mantener al hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet con baja incidencia, sin embargo, Blomme et al (1999) señala que la reducción del área foliar puede debilitar el anclaje de la planta y afectar el crecimiento masivo de raíces.

1.6.2. Deshije

El deshije es labor de suma importancia ya que permite asegurar una buena producción, se escoge al mejor retoño y se elimina los restantes, gracias a esta labor se reduce la competencia entre nutrientes, agua y luz, se pretende que a través del deshije se obtenga una mejor calidad y rendimiento del cultivo (Méndez & Rodríguez, 2016).

Las consideraciones a tomar en cuenta para efectuar un deshije correcto son:

- Eliminar retoños que carecen de vigor.
- Selección de retoños con respecto a la dirección de la plantación
- Época de selección
- Tamaño mínimo para eliminar un retoño.

1.6.3. Control de malezas

Un control efectivo y eficaz de malezas en el cultivo de banano puede asegurar una buena producción, ante la vista del agricultor se denomina mala hierba debido al impacto negativo sobre rendimientos, además son fuertes competidores con nutrientes, agua y luz (Menalled, 2010).

En la investigación elaborada por Amaya Alix et al., (2018) sobre malezas presentes en distintos cultivos del cantón Naranjal, en el cultivo de banano se mencionan algunas de las malas hierbas de la familia Araceae, Cyperaceae,

Linderniaceae con especies como *C. dactylon*, *C. hirta* que fueron las de mayor dominancia.

Los métodos de control para malas hierbas pueden ser culturales, químicos, mecánicos o manuales, como menciona Quintero Pértuz et al.,(2016) las malezas no han podido ser erradicadas eficazmente en su totalidad debido a su gran adaptación distintos entornos, sin embargo un control periódico nos asegura una buena producción y al mismo tiempo elaborar prácticas de manejo como rotación de cultivos o incremento en la densidad de siembra minimizan la competencia intraespecífica y la adaptación de las malezas (Ver tabla 1).

Tabla 3. Principios ecológicos asociados a distintas prácticas de manejo de malezas (Adaptado de Altieri y Liebman 1988).

Prácticas de Manejo	Principio ecológico
Prevención, solarización de suelo, reducción de la producción de semillas de malezas, predación de semillas	Disminución del banco de semillas de malezas
Preparación de la cama de siembra, labores del cultivo, uso de plántulas de cultivo	Favorecer la captación asimétrica de recursos (agua, luz, nutrientes) por parte de los cultivos
Arranque manual de las malezas, corte con machete u otra herramienta, labores de cultivo	Reducción de la abundancia y tamaño relativo de las malezas.
Uso de variedades de cultivo competitivas	Maximización del crecimiento relativo del cultivo
Incremento de la densidad de siembra	Minimización de la competencia intraespecífica
Rotación de cultivos, rotación de las prácticas de manejo	Minimizar la adaptación de las malezas

Fuente: (Menalled, 2010)

1.6.4. Enfunde

El enfunde o embolse como comúnmente se lo conoce por los productores, no es más que una labor con el objetivo de mejorar la calidad, mismo factor asociado con plagas, (Figura 8) el tiempo que se acorta entre la floración y el día de cosecha es atribuido también al embolsado por la simpleza de crear un ambiente que acelere la maduración del racimo (Rodríguez et al., 2013).

Aguirre Buitrago et al., (2014) indica al embolse como una práctica muy antigua que fue usada en las islas del Pacífico, usando materiales como telas, yute y las mismas hojas de banano como protección del frío y el sol para mejorar la calidad. Con el tiempo se fue reemplazando por fundas plásticas de polietileno perforadas, en la década de los 70 se incorporó un insecticida de la familia de los organofosforados específicamente los clorpirifos.



Figura 8. Enfunde de banano

1.6.5. Fertilización

Un buen manejo del cultivo de banano depende mucho de las condiciones del suelo, su fertilidad, características fisicoquímicas, capacidad de intercambio catiónico, fertilización entre otras, las mismas que son fundamentales y que garantizan un buen desarrollo del cultivo, la principal, que el racimo reúna las peculiaridades que exige el mercado como calidad y peso. La fertilización cumple un papel importante en el manejo del cultivo, a través de una adecuada nutrición se obtienen mejores rendimientos o incrementos en la producción de estos, actualmente un gran problema de los agricultores es el poco conocimiento sobre formas de fertilización y que fuentes son las mejores (Finol et al., 2004).

1.7. Biochar

1.7.1. Origen

Desde años anteriores el uso de biochar ha sido catalogado como excelente opción de sustrato, por ejemplo en el año 1951 Trimble comentó las evidencias en sus granjas dando el aumento y velocidad del crecimiento debido al polvo de carbón vegetal, investigaciones en los efectos del biochar con el crecimiento de las plántulas y en la química del suelo, también fueron evidenciadas científicamente (Oses Orbeagozo, 2013).

1.7.2. Fabricación del biocarbón

El biocarbón es fabricado a través del calentamiento de la biomasa empleada (Figura 9), esta es necesariamente de origen vegetal y que tenga un alto contenido de humedad, el proceso llamado pirólisis ocurre en altas temperaturas, el resultado final es un material macizo y duro, acompañado de un gran contenido de carbón, es por eso el nombre de biocarbón, sus peculiaridades finales determinan una posible utilidad como un biomaterial o como fuente para generar energía (Mathias Schlegel et al., 2018).

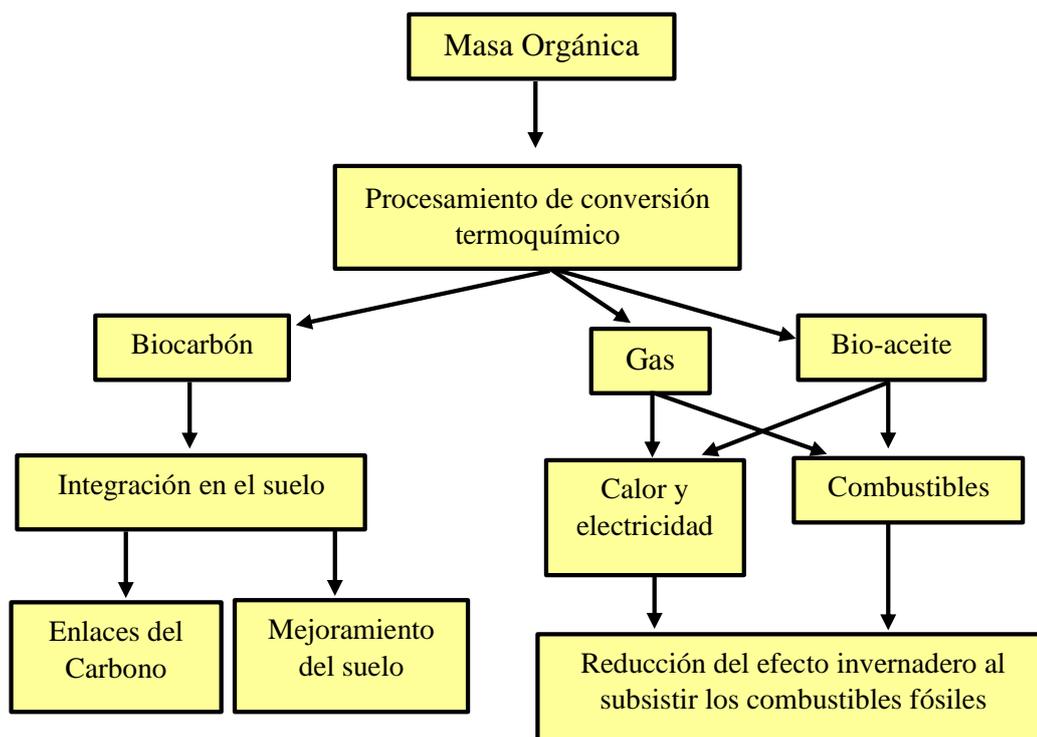


Figura 9. Flujo de la generación del biocarbón, adaptado de Teichmann, 2014.

Fuente: (Mathias Schlegel et al., 2018)

La metodología propuesta por Marin (2019) para la obtención de biocarbon consiste en introducir la biomasa seca a procesar (Mazorcas de cacao y raquis de banano). Las cuales fueron depositadas en un tanque metálico de doble fondo el cual el primer tanque tenía medidas de 70 cm de largo por 40 cm de ancho, con su respectiva tapa para la conservación de calor, posterior a esto, se coloca en el tanque más grande con medidas de 120 cm de alto por 50 cm de ancho, por el cual debajo del mismo se procede a colocar leños encendidos con fuego para comenzar la reacción de pirólisis.

1.7.3. Pirólisis

El proceso de pirólisis es muy particular hoy en día, la fácil transformación de residuos a combustibles líquidos ha generado gran interés en el mundo académico y en la industria, el proceso de pirólisis rápido es preferida por encima de la pirólisis lenta debido a su alta producción de líquidos (Arenas et al., 2012).

Básicamente la pirólisis es el calentamiento de materiales orgánicos a altas temperaturas superiores a los 400°C con ausencia de oxígeno, con estas temperaturas

los desechos logran una descomposición que va liberando vapor hasta convertirse en una fase solida residual conocida como biocarbón (Escalante et al., 2016).

1.7.4. Principios de la pirolisis

Pirolisis se basa en la descomposición térmica debido a la carencia de oxígeno, es el primer paso en procesos de combustión y gasificación, tiene tres etapas que son la dosificación y alimentación de la materia prima, la transformación de la masa orgánica y finalmente como resultado los productos como coque, aceite y gas (Klug, 2012).

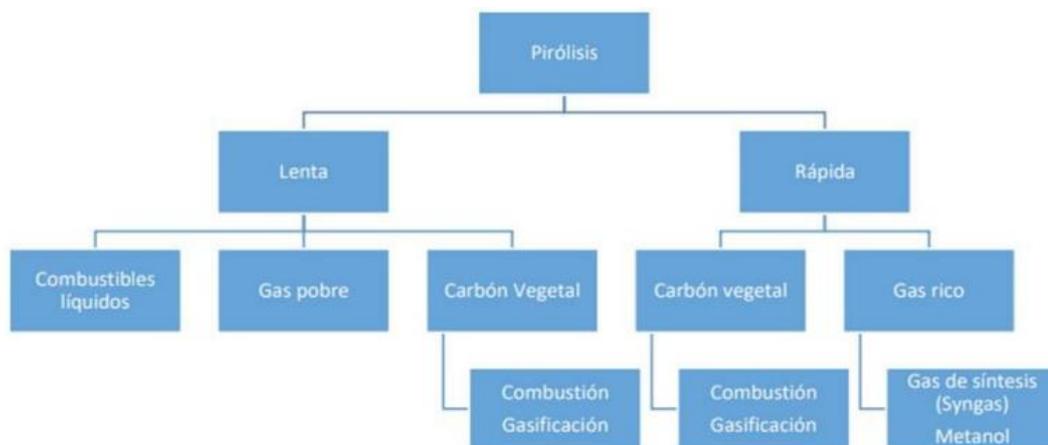


Figura 10. Tipos de pirolisis; Pirolisis lenta y pirolisis rápida
Autor: (Marín Armijos , Barrezueta, & Batista, 2018)

1.7.5. Materia prima para elaboración de biocarbón

Hay múltiples investigaciones realizadas en biocarbón vegetal provenientes de desechos orgánicos, entre ellos los residuos de cultivos como banano y cacao, en la investigación elaborada por Marín Armijos et al, (2020) se prueba tres tratamientos distintos a base de desechos de mazorcas de cacao y raquis de banano en el cultivo de maíz, desde luego obtuvo excelentes resultados en tamaños de mazorcas con residuos de mazorcas de cacao y que en efecto es una buena alternativa como fertilización para el maíz (Ver figura 11).



Figura 11. Mazorcas cosechadas en cada tratamiento.

Fuente: (Marín Armijos et al., 2020)

Por otra parte, las bananeras en todo su ciclo productivo forman grandes volúmenes de desechos sólidos derivados de todas las labores culturales y proceso de cosecha, entre ellos vegetación de raquis, pseudotallo y hojas (García Batista et al., 2020). Estos son unos de los tantos desechos vegetales que se emplean para la elaboración del carbón.

1.8. Aplicaciones de biochar en el suelo

Muchas investigaciones respaldan el buen uso que tiene el biochar sobre las plantas, el autor Gómez et al., (2016) concluye que las aplicaciones de biochar mejoraron algunas propiedades químicas del suelo, siendo de gran interés agronómico, tales fueron pH, CIC, P, C, Mg, K, Zn, además que permite ser recomendado para neutralizar altos contenidos de Al, como corrector de suelos e incluso ser reemplazado por la cal.

Los resultados de la aplicación de carbón vegetal en la investigación elaborada por Fiallos Ortega et al., (2015), fue un excelente restaurador de suelos en plantas de alfalfa, menor días a floración, mayor altura y cobertura tanto basal como aérea, mayor número de hojas y tallos, dando como resultados mayor cantidad de forraje.

El biocarbón es una de las enmiendas más ricas en carbono estable y de baja mineralización, proporciona la capacidad de retener agua y nutrientes, mejora la actividad microbiana y el secuestro de metales pesados, mejor elección para el pequeño agricultor que carece de recursos económicos y al mismo tiempo favorece al medio ambiente (Milesi Delaye et al., 2020)

1.9. Yeso agrícola

El autor López Aguilar et al., (2012) a través de su investigación menciona que el yeso agrícola tiene propiedades remediadoras de suelos, como la reducción de exceso de sodio, contribuye en el intercambio catiónico mejorando la nutrición de los cultivos al mantener la disponibilidad de elementos como potasio, calcio y azufre. Trasviña Barriga et al., (2018) concuerda lo mismo sobre los resultados que logra obtenerse a través del uso de yeso agrícola, dado que al disminuir el contenido de sales mejora la disponibilidad de algunos elementos.

El yeso agrícola interfiere en el desarrollo de cultivos, tal como lo explica Acosta et al., (2017) en el cultivo de maíz de modo que incrementó la cantidad de biomasa foliar y rendimiento en grano, genero tallos más robustos, y una mayor altura de la planta. En suelos oxisoles como lo señala Baquero Peñuela et al., (2018) contribuye en el crecimiento radicular y a su vez permite una mejor absorción de agua y nutrientes, los efectos de la aplicación de yeso agrícola permiten que las plantas soporten un mayor tiempo al estrés hídrico.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

2.1.1. Localización de estudio

El trabajo fue llevado a cabo en un predio de la provincia de El Oro - cantón El Guabo (Figura 12), dedicados a la producción convencional de banano con más de 50 años de explotación del recurso suelo.

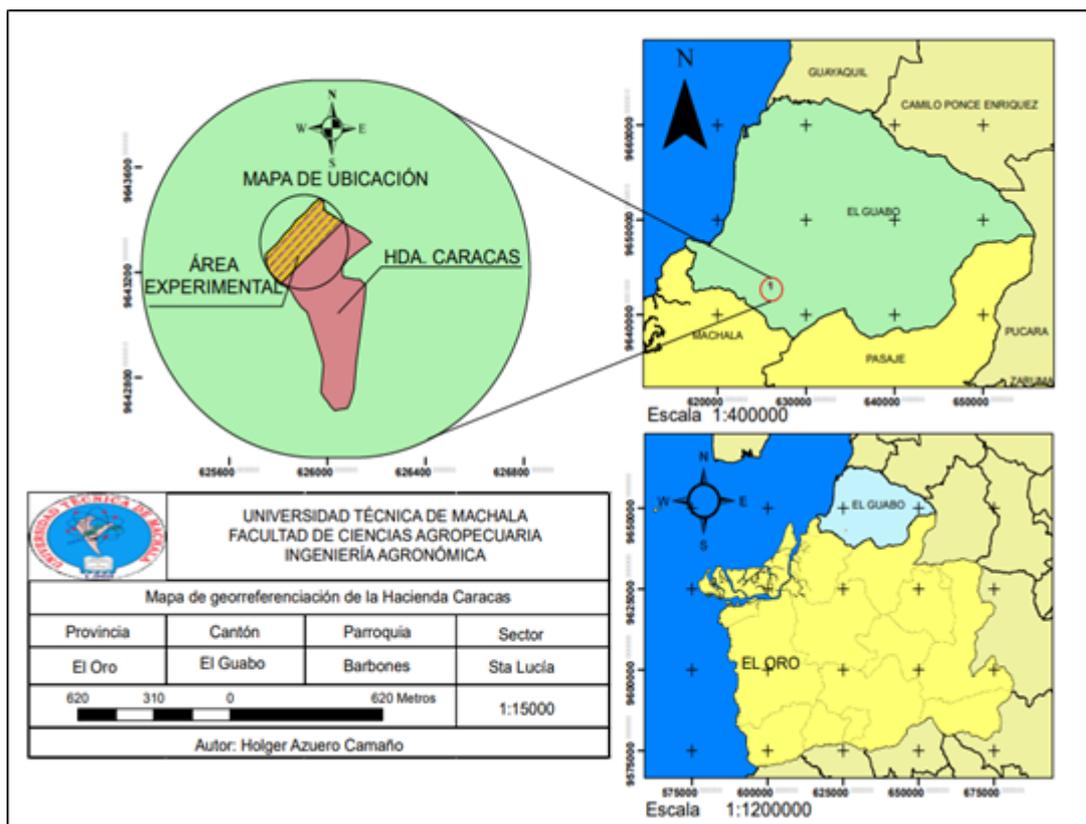


Figura 12. Mapa de ubicación de la hacienda agrícola a ensayar

Fuente: Elaboración propia.

2.1.2. Ubicación Geográfica

Tabla 4. Localización del predio a estudiar.

Predio	Provincia	Cantón	Parroquia	Altitud	Coordenadas UTM
Hda. Caracas	El Oro	El Guabo	Sta. Lucia	6 msnm	625678.533, 9633675

2.1.3. Clima y ecología de la zona

El predio agrícola a estudiar cuenta con un clima seco y poco seco dividiéndose en los primeros meses del año como seco y los últimos meses del año poco seco.

Tabla 5. Clima y ecología de la zona del predio a estudiar, parroquia Sta. Lucia

Temperatura	Variación estacional	Régimen térmico	Tipo de clima	Humedad relativa	Precipitación
22°C - 26°C	Gran déficit hídrico en época seca	Cálido	Tropical megaterrmico seco	60 - 85%	250 a 750 mm anuales

2.1.4. Tipos de suelo de la zona

La disposición de los suelos pertenecientes a la parroquia Barbones, Sector Sta. Lucia predominan los entisoles e inceptisoles, estos se constituyen como un suelo débil, con pendientes que no exceden el 5%, es por esto que surge su aprovechamiento en la explotación de cultivos anuales y de ciclo corto.

2.1.5. Hipótesis:

Hi: El uso de dosis de Biochar + yeso agrícola como enmienda edáfica, inciden favorablemente en el desarrollo de las plantas de banano Cavendish gigante y en las propiedades del suelo.

Ho: El uso de dosis de Biochar + yeso agrícola como enmienda edáfica, no inciden favorablemente en el desarrollo de las plantas de banano Cavendish gigante y en las propiedades del suelo.

2.1.6. Equipos

Equipos utilizados en extracción de muestras de suelo

Cilindros galvanizados, espátula, pala, cinta métrica, Fundas, Etiqueta

Equipos utilizados en laboratorio

Recipientes secadores metálicos, Horno con temperatura 150°C, Balanza digital, Tamizadora de suelo, Trituradora de suelo mecánica

Equipos utilizados en el proceso de Biochar

Horno artesanal, Tamizadora, Cascaras de cacao secas, Raquis de banano secas, Leña

Equipos utilizados en campo

Cintas de identificación, Etiquetas de identificación, Balanza colgante, Bolsas plásticas, Cámara fotográfica, Flexómetro, Biochar de cacao, Biochar de banano, Yeso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Cuaderno de notas, GPS

2.2. MÉTODOS

2.2.1. Diseño experimental

El ensayo fue llevado a cabo en una hacienda bananera de producción convencional la cual posee un área de 16.5 ha (en producción), con un sistema de riego por aspersión con una población del clon Cavendish gigante, con más de 50 años de explotación de la fruta dando como resultado un desgaste agresivo por el mal uso del suelo. Este predio está dividido en 4 lotes de 4 hectáreas respectivamente, el ensayo fue realizado en el lote más antiguo de la propiedad ya que esta muestra menos niveles de producción.

Se seleccionaron 10 plantas por tratamiento con un diseño de un bloque al azar, con un total de 4 tratamientos y 1 control. Debido a esto se seleccionaron 50 plantas en el ya mencionado lote. Las cuales fueron etiquetadas con diferentes colores para su diferenciación, los parámetros a cumplir de las plantas seleccionadas fueron; altura entre 130 cm a 150 cm, con plantas madre prontas a la parición que se encuentren a una distancia considerable del canal terciario, las dosis y tratamientos fueron designados de la siguiente manera:

Tabla 6. Dosis de biochar a aplicar por tratamiento

Tratamiento	Dosis	Repeticiones
T1	20 gr biochar de cacao + 100 gr yeso agrícola (CaSO ₄ .2H ₂ O)	10
T2	20 gr biochar de banano + 100 gr yeso agrícola (CaSO ₄ .2H ₂ O)	10
T3	30 gr biochar de banano + 100 gr yeso agrícola (CaSO ₄ .2H ₂ O)	10
T4	30 gr biochar cacao + 100 gr yeso agrícola (CaSO ₄ .2H ₂ O)	10
T0	100 gr NPK	10

2.2.2. Variables medidas

Para llevar a cabo el ensayo se realizaron 16 tomas de datos, las cuales están relacionadas indirectamente en suelo y planta, las variables a considerar fueron:

- Altura de pseudotallo de hijo; La toma del dato de altura de pseudotallo se llevaron a cabo en 5 semanas alternadas consecutivamente, fue medida con un flexómetro desde el nivel del suelo hasta el extremo, o inicio de la emisión foliar de la planta con objetivo de estudiar que tratamiento muestra una mayor longitud del pseudotallo.
- Grosor de pseudotallo de hijo; Se procedió a medir con una cinta métrica la circunferencia o grosor del pseudotallo ajustadamente al punto medio del pseudotallo.
- Diferencia del grosor en pseudotallo de hijo; se restó el número de hojas de la última toma de grosor del pseudotallo con la primera toma, dando como resultado los cm que los tratamientos intervinieron.

- Numero de hojas en hijo; se tomaron datos de las hojas en los hijos quincenalmente para apreciar el comportamiento de la emisión foliar en los distintos tratamientos.
- Numero de hojas en madre; se tomaron datos de las hojas en las plantas madre al inicio del ensayo y en la cosecha, para apreciar el comportamiento de la emisión foliar en los distintos tratamientos.
- Peso del racimo (Kg); con una balanza colgante se procedió a pesar los racimos en cosecha de los diferentes tratamientos, con el objetivo de corroborar que racimo obtuvo un mayor peso.
- Numero de manos del racimo; los racimos anteriormente pesados, fueron sometidos a un conteo de numero de manos.
- Peso de raíces (Gr); frente a la base de la planta madre e hijo se realizó un prisma de 50 cm de ancho, 30 de largo y 40 cm de profundidad, con el fin de extraer dicho prisma de suelo y obtener sus raíces, para su posterior secado y pesado con una balanza digital.

2.2.3. Recolección de muestras de suelo

Previo a la aplicación de dosis de biochar en el suelo, se realizó un análisis de suelo buscando determinar el sustrato en el que llevaremos a cabo en ensayo, en un bloque al azar de realizaron dos calicatas respectivamente, con profundidades de 0-15cm, 15-30 cm, 30-45cm. De la cual se extrajeron 1kg recolectadas en fundas plásticas, las cuales fueron secadas de manera ambiental con luz solar indirecta. Lo cual nos permitió determinar el porcentaje de M.O y el Ph del suelo, para determinar la densidad aparente se realizó una calicata tipo escalera lo cual nos permite sustraer las muestras sin deteriorarlas con un cilindro galvanizado de ($\varnothing=5.4\text{cm}$ $h=5\text{cm}$) disponibles en el laboratorio de hidráulica en la UTMACH-FCA.

2.2.4. Análisis de laboratorio

Las muestras de suelo extraídas de la Hacienda Caracas, el predio donde se llevó a cabo en ensayo fueron analizadas en el Laboratorio de suelos perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad técnica de Machala.

Para la determinación de pH y conductividad eléctrica del suelo donde se llevará a cabo el ensayo se utilizó el método del potenciómetro. El porcentaje existente de materia orgánica

fue determinado utilizando el método de Walkey-Black, para la determinación de la densidad aparente se enterró bajo presión manual en el suelo y al encontrarse totalmente lleno hasta los bordes, se lo extrajo y se lo llevo al laboratorio, para tener su peso con contenido de humedad, posterior a esto se colocaron los cilindros es un horno a 105°C por 24 horas, la diferencia de los dos pesos excluyendo el peso neto del cilindro, obtenemos la densidad aparente mediante la ecuación: $Da = ((m_{ss}+mc)-mc/Vc) \times (2)$

2.2.5. Proceso de elaboración de Biochar

2.2.5.1. Recolección de biomasa

Se recolectaron dos tipos de materia vegetal o biomasa, cascaras de mazorca de cacao y raquis de banano. Las mazorcas de cacao fueron recolectadas directamente en campo escogiendo las que tengan menor porcentaje de humedad y prefiriendo las más secas del mismo tiempo de cosecha. Buscando uniformidad en el posterior secado a luz solar indirecta, con esto se busca eliminar los restos de humedad. Dependiendo del porcentaje de humedad las mazorcas deberán secarse de 15 a 21 días.

El raquis de banano fue recogido de la misma hacienda bananera, se buscaron los raquis con menor humedad en su cuerpo vegetativo con la finalidad de evaporar la humedad con sol indirecto, el tiempo de secado dependiendo del porcentaje de humedad deberán secarse de 30 a 45 días respectivamente hasta que se encuentre totalmente seco.



Figura 13. Recolección de biomasa a procesar

Fuente: Autor

2.2.5.2. Elaboración del horno

En la elaboración del horno, fue utilizada la metodología propuesta por (Marín Armijos et al., 2020) la cual consiste en ensamblar dos hornos artesanalmente con dos hojas de lata, una de 70 cm largo por 40 cm de diámetro, con una tapa buscando evitar la salida del calor de la materia vegetal seca que aquí será colocada para su posterior procesamiento termoquímico inducido por pirolisis. El segundo tanque tiene medidas superiores, con 120 cm de alto y 50 cm de diámetro (Figura 14), el cual ira por fuera del primer horno, con 3 orificios en su base a forma de triángulo equilátero donde se ingresará en modo de chimenea madera encendida para la descomposición indirecta de la materia seca, mediante el proceso de pirolisis lenta.



Figura 14. Horno artesanal en proceso de pirolisis
Fuente: Autor

2.2.5.3. Elaboración de biochar

Para obtener el biochar, el primer paso es introducir la materia seca en el interior del horno de doble fondo, para lo cual utilizaremos la técnica de pirolisis lenta, que es la degradación de la materia vegetal mediante un proceso termoquímico. En el cual se proceden a introducir los fragmentos de cascara de cacao y de raquis de banano seco, libre de humedad, estos se introducen en el horno mas pequeño y se introduce dentro del tanque grande debido a que este tiene una circunferencia mayor permitirá el paso

de calor por las paredes externas del horno pequeño introducidas en la base de ambos hornos, del cual debe ser frecuentemente alimentado hasta terminar el proceso de pirolisis, el cual duro 1 h y 40 minutos aproximadamente, esto depende también de las condiciones ambientales así como también del contenido de humedad de la biomasa.



Figura 15. Resultado de biomasa sometida a pirolisis
Fuente: Autor

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Altura de pseudotallo de planta de banano

Para determinar si hubo diferencias significativas estadísticas en la altura del pseudotallo de banano se realizó un ANOVA (Tabla 7) de un factor cuyos resultados muestran que si existe diferencia significativa ($p < 0,05$).

Tabla 7. Anova de altura de planta en hijo

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
15/2/20	Entre grupos	5757,530	4	1439,382	8,947	,000
20	Dentro de grupos	7239,575	45	160,879		
	Total	12997,105	49			

Mediante el análisis estadístico aplicado con ANOVA, la figura 16 muestra que la prueba post hoc (Duncan) indico diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), podemos apreciar que el tratamiento que obtuvo un mayor resultado fue el tratamiento 4 (T4), a diferencia del tratamiento control (T0) que fue el que obtuvo el menor resultado presentado, con una diferencia de 33,4 cm entre aquellos tratamientos. Manteniéndose las tres dosis restantes en una media, Por lo que se puede establecer que la aplicación de biocarbón en dosis controladas trae beneficios en la altura de la planta de banano favoreciendo sus propiedades fisicoquímicas y el desarrollo vegetativo del cultivo.

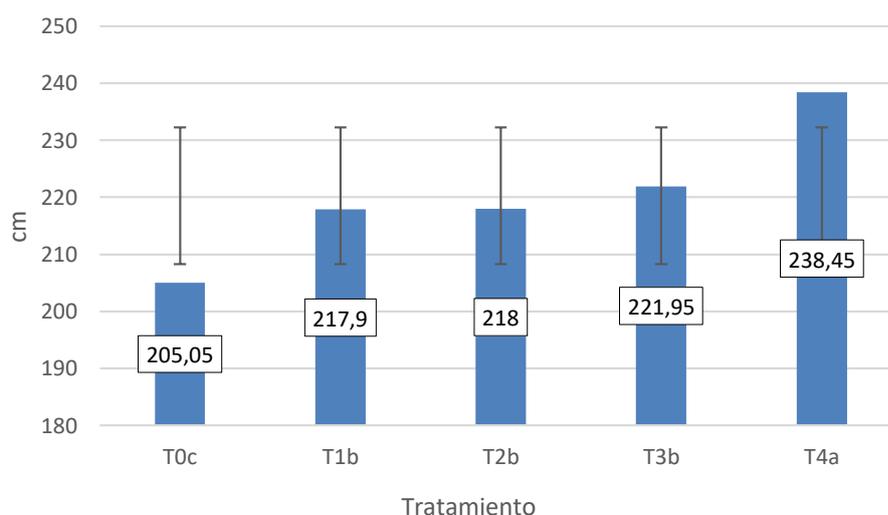


Figura 16. Altura de hijo

3.2. Grosor de pseudotallo de planta de banano

Mediante la prueba estadística de ANOVA de un factor (Tabla 8) pudo determinarse si existe significancia en la variable grosor de pseudotallo mostrando valores inferiores a ($p < 0,05$).

Tabla 8. Anova de grosor de pseudotallo

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
15/8/2020	Entre grupos	142,320	4	35,580	23,137	,000
	Dentro de grupos	69,200	45	1,538		
	Total	211,520	49			

En la Figura 17 podemos observar la variable de grosor de pseudotallo se puede establecer que el tratamiento 4 (T4) es el que muestra una mayor aceptación al biochar aplicado en combinación con yeso agrícola, mostrando un promedio de 65 cm con diferencia del tratamiento 1 (T1) que es el que mostro menor circunferencia en el grosor del pseudotallo, con una diferencia de 4,3 cm, ubicando al biochar como un tratamiento aceptable para el desarrollo de tejido vegetal del cultivo.

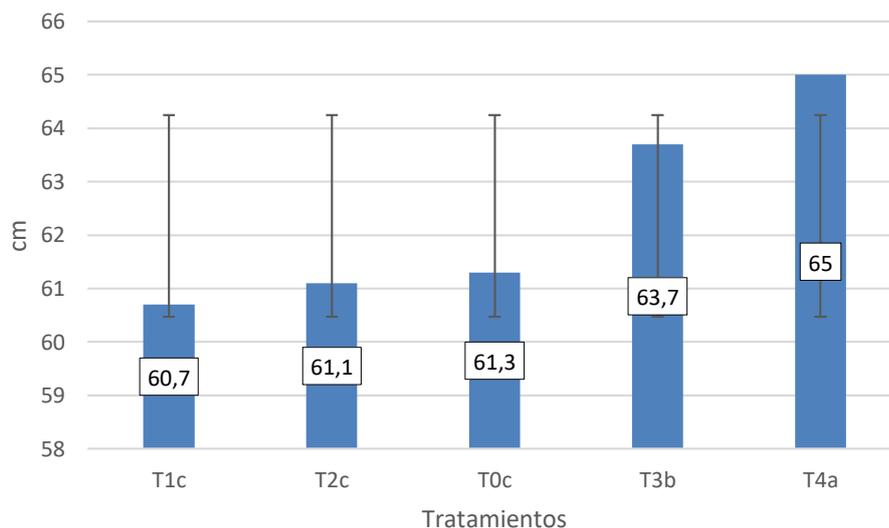


Figura 17. Promedio de grosor de pseudotallo.

3.3. Diferencia de grosor del pseudotallo en hijo

Mediante el análisis estadístico aplicado con ANOVA, la Figura 18 muestra que la prueba post hoc - Duncan indicó diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), muestra diferencias significativas siendo el T4 el más representativo de los tratamientos mostrando una diferencia en la circunferencia del pseudotallo de 42,1 cm de la prima toma de datos con la última.

Los tratamientos T1, T2, T3 y T0 mostraron homogeneidad entre sus datos representándose de 37,6 cm (T1) el pseudotallo con menor circunferencia dando una diferencia de 4,5 cm en comparación con el pseudotallo de mayor circunferencia (T4) como lo muestra en la figura 17.

Es necesario mencionar que en la diferencia de pseudotallo podemos apreciar que el tratamiento control (T0) se destaca por el resto de los tratamientos T1, T2 y T3, aunque esto puede deberse a los antecedentes del tipo de fertilización del cultivo en el predio la cual era exactamente la misma del T0. Lo cual precisa expresar que el pseudotallo obtuvo un mayor grosor en la circunferencia del pseudotallo en la aplicación de biochar en combinación con yeso agrícola la cual ejerce un efecto positivo mediante la aplicación de dosis controladas.

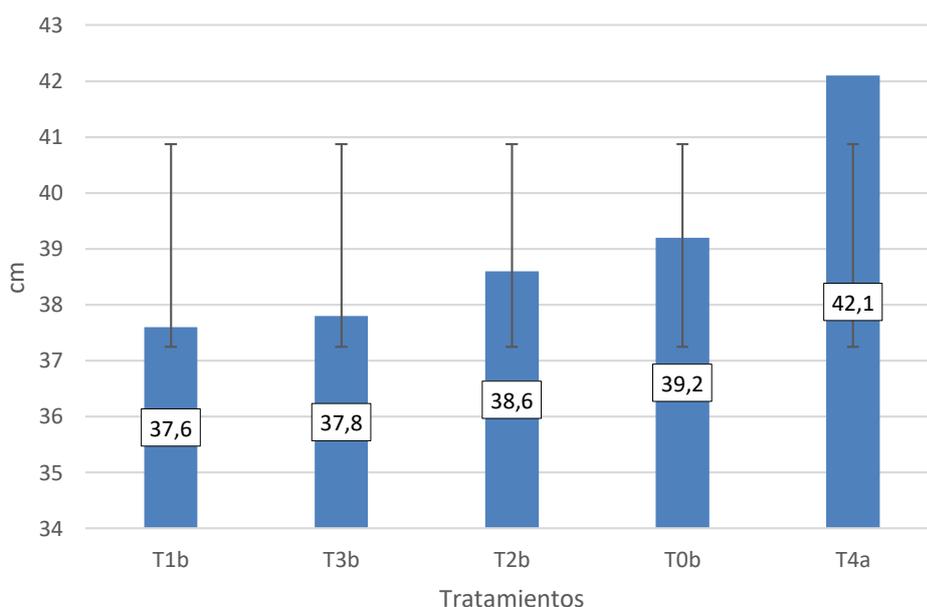


Figura 18. Diferencia de pseudotallo en hijo

3.4. Número de hojas emitidas en hijo

En la figura 19, se muestran los resultados del número de hojas en el hijo mostrando homogeneidad en la emisión foliar en todos los tratamientos, mediante la aplicación del Anova con prueba post hoc – Duncan muestra que no existe diferencia significativa ($p < 0,05$) en el número de hojas emitidos en los hijos. Esto demuestra que las dosis de biochar aplicadas en conjunto con yeso agrícola no realiza una mayor o menor emisión de hojas en comparación con el tratamiento control (T0), siendo la diferencia de 1 hoja con los tratamientos (T1, T2, T3 Y T4) aunque esto puede deberse a las distintas condiciones climáticas, los resultados no fueron significativos en la variable número de hojas en hijo.

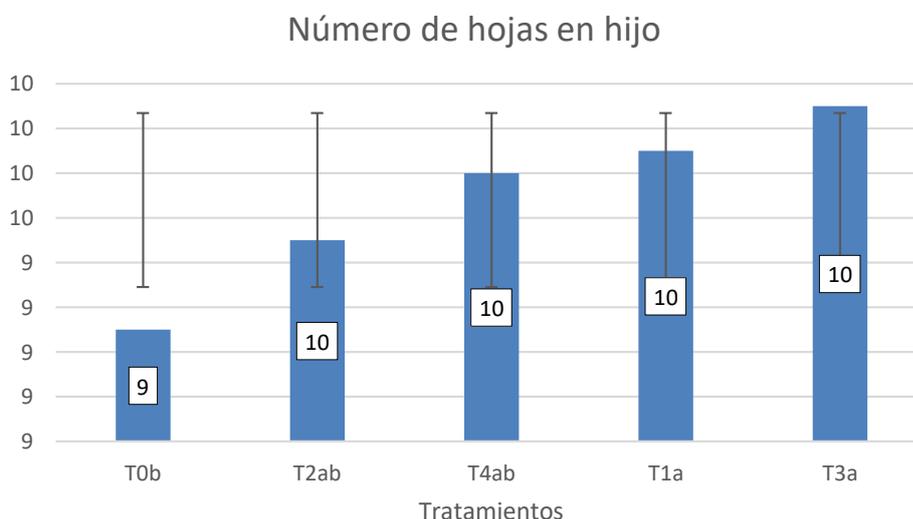


Figura 19. Número de hojas en hijo

3.5. Diferencia de número hojas emitidas en hijo

La figura 20 detalla la diferencia de la número de hojas emitidas por el hijo desde la primera toma de datos, realizada en la selección de plantas con la última toma de datos. Esto da como resultados el número de hojas que las mismas entre el tiempo transcurrido, mediante un ANOVA con prueba post hoc – Duncan ($p < 0,05$) demuestra que si existen diferencias significativas entre los tratamientos T1, T3, T4 Y T0 existe homogeneidad mientras que en el T2 muestra un valor notoriamente bajo, con emisión de 1 hoja entre primera toma de datos y la última toma de datos, no así los tratamientos T1, T4 Y T0 mostrando una emisión de 4 hojas entre la primera y última toma de datos. Las condiciones climáticas del

predio, así como la temporada de cambio de estación pudo inferir en la emisión de hojas y su labor cultural de deshoje para evitar la proliferación de sigatoka.

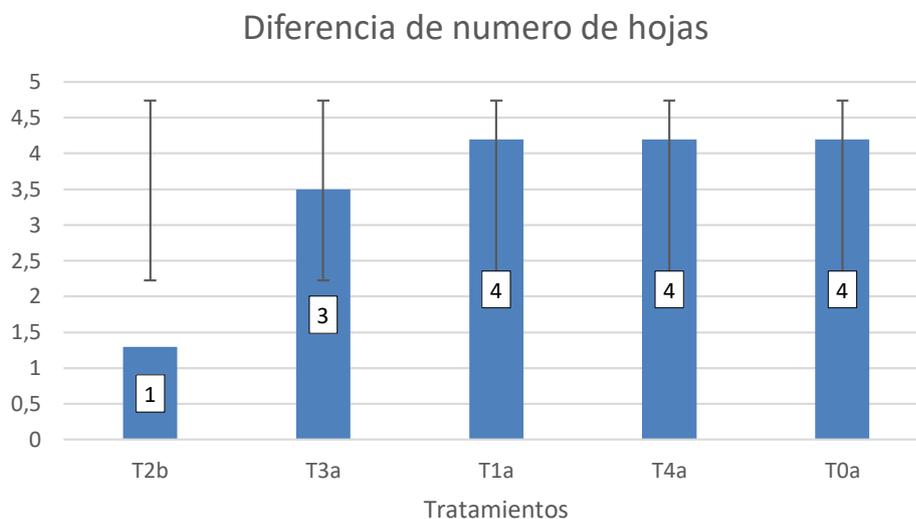


Figura 20. Diferencia de número de hojas emitidas en hijo, primera y última fecha

3.6. Diferencia de número de hojas emitidas en madre

El análisis estadístico ANOVA mediante las pruebas post hoc (Duncan) revelan que no existe diferencias significativas ($p < 0,05$), en la diferencia de número de hojas emitidas en la planta madre de la investigación. En la figura 21 se puede visualizar que todos los tratamientos demuestran homogeneidad en los datos de diferencia de número de hojas entre la primera toma de datos realizada el día de la selección, con la última toma realizada el día de la cosecha del racimo en la planta madre.

El T3 muestra el mayor número de hojas emitidas con un total de 2, a diferencia de los tratamientos (T1, T2, T4 y T0) que resultaron una emisión foliar. Cabe subrayar que la emisión foliar en la planta madre fue ejercida cuando ésta ya tuvo su total desarrollo, siendo esto una posible inferencia en los resultados, debido a las diferentes labores culturales llevados a cabo durante todo el ciclo vegetativo de la planta madre.

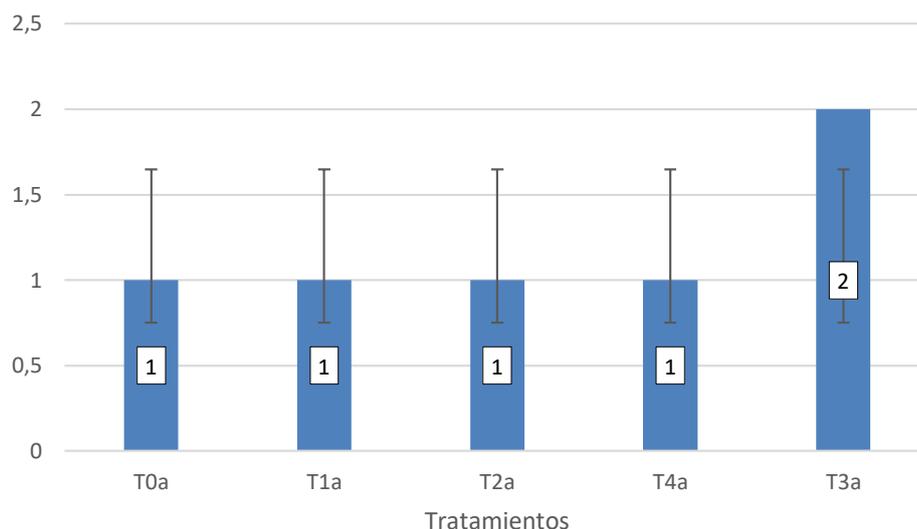


Figura 21. Diferencia de número de hoja madre,

3.7. Peso del racimo

De acuerdo con la figura 22, mediante la aplicación del análisis estadístico ANOVA con prueba post hoc – Duncan, Mostrándonos esto que si existen diferencias significativas ($p < 0,05$), la utilización de biochar en dosis controladas en combinación con yeso agrícola ejerce un cambio positivo en el peso neto del racimo.

El Tratamiento 4 muestra un mayor peso de racimo con 24,5 kg en comparación con el Tratamiento 2 con 21,1 kg existe una diferencia de 3,4 y los T1, T0 y T3 con pesos de 21,6 kg, 22,1 kg y 22,8 kg respectivamente, muestran homogeneidad en sus datos de peso en kg, teniendo todos los tratamientos las mismas labores culturales, así como el mismo sistema de riego por lo que justifica la dosis del Tratamiento 4 como la más destacada en la variable peso de racimo.

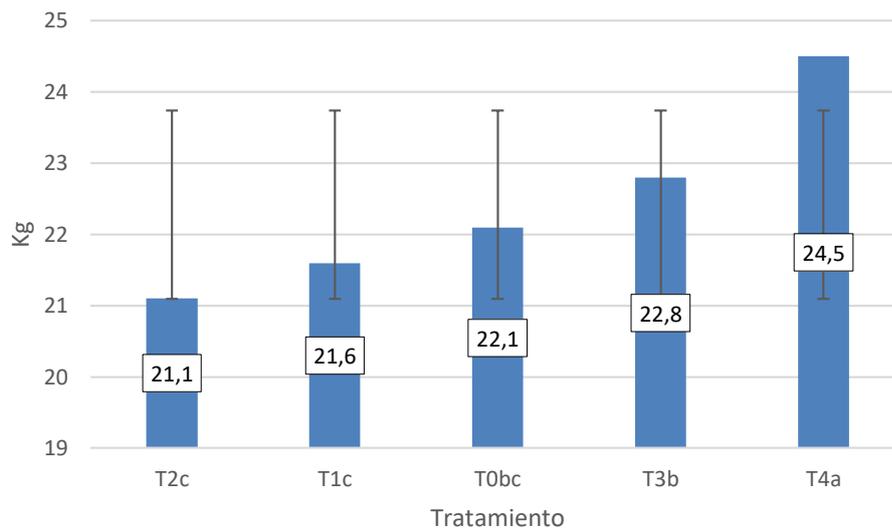


Figura 22. Peso del racimo medido en Kg

3.8. Número de manos constituyentes del racimo

La figura 23 demuestra mediante el análisis estadístico ANOVA demuestran como resultados que si existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los diferentes tratamientos mostrando un mayor número de manos por racimo en el Tratamiento 4 con 9 manos, no así el Tratamiento 1, siendo este el racimo con menor número de manos (7). Dando una diferencia de dos manos. Este valor en el proceso de comercialización de empaque de la fruta es relativamente alto, por lo que este análisis permite deducir que el biochar en combinación con yeso agrícola en dosis controladas puede ser beneficioso en la variable número de manos por racimo. Mientras que los tratamientos T2, T3 y T0 mostraron un resultado totalmente homogéneo de los cuales son comunes en una hacienda de producción convencional.

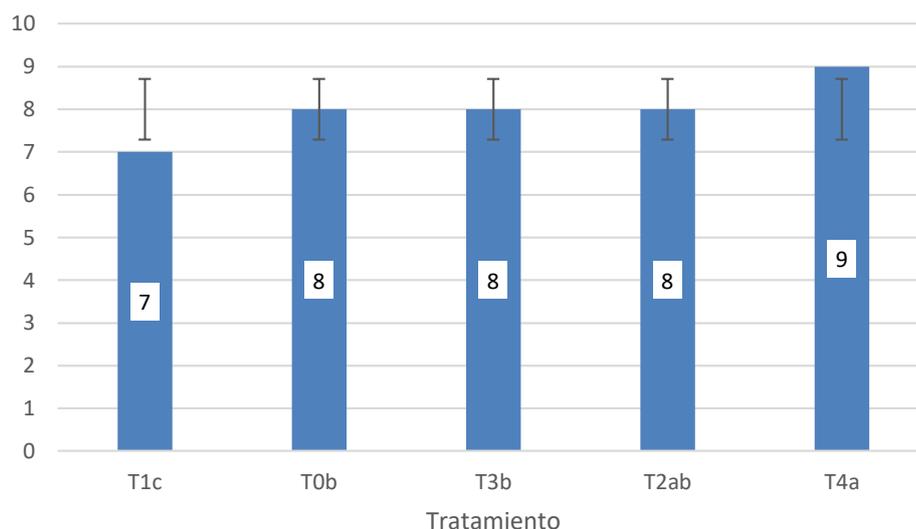


Figura 23. Número de manos pertenecientes al racimo

3.9. Peso de raíces

La figura 24 demuestra que, si existe diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, el Tratamiento 4 muestra un peso de 16,74 g de raíces, mientras que el Tratamiento 2 un peso de 7,77 g de raíces mostrando una diferencia de 8,97 g entre estos tratamientos.

El Tratamiento 1 y Tratamiento control presentan valores homogéneos que fluctúan entre 9,26 a 9,91 g, vale resaltar el Tratamiento 3 se mantiene a menos de 1,6 gramos de diferencia con el peso del Tratamiento 4, que es el que destaca en la variable peso de raíces, por lo que se puede decir que las dosis de biochar y yeso agrícola controladas pueden ejercer un efecto positivo en las propiedades físico-químicas del suelo brindando una atmosfera adecuada para el desarrollo de las raíces.

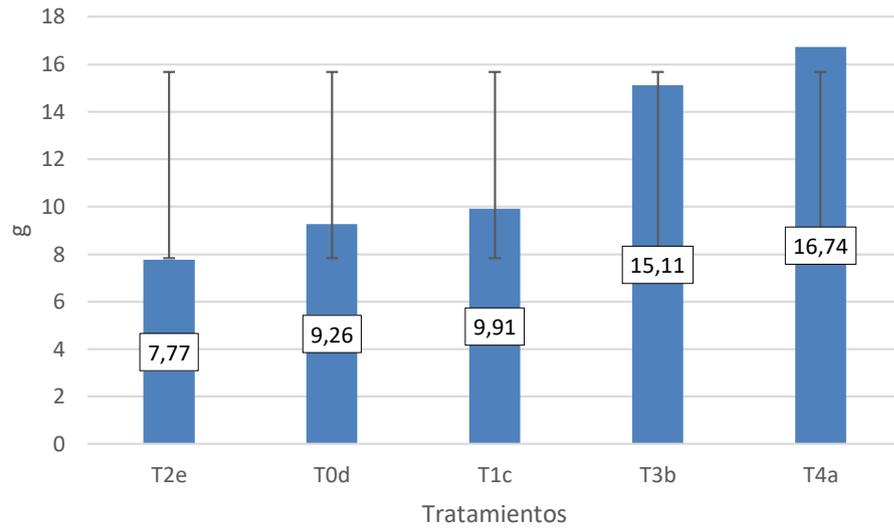


Figura 24. Peso de las raíces en un prisma rectangular de 0,95m²



Figura 25. Muestreo de raíces en T4
Fuente: Autor

4. CONCLUSIONES

Los tratamientos mostraron diferencias significativas en su comparación, destacando el tratamiento 4 con cinco dosis de 30 g de biochar de cacao más 100g de yeso agrícola, dando resultados favorables en las variables medidas sobre las demás dosis, menos la emisión foliar debido a que su emisión foliar es constante durante su fase de crecimiento, destacando el tratamiento 4 sobre las demás dosis.

La medición del peso del racimo cosechado en la planta madre mostraron valores que superan los 20 kg, siendo el mayor el Tratamiento 4, todos los tratamientos muestran similitud en el número de manos, por lo que es importante mencionar que las plantas madres estaban prontas a la cosecha.

En la variable peso de raíces el Tratamiento 4 destaca con 16.74 g en comparación del peso de raíces de los demás tratamientos, sobre todo con el Tratamiento 2 con un peso de 7.77g doblando así el peso del T4 sobre el T2. La distribución de raíces se manifiesta de manera diferente en cada planta, para este caso se realizó el muestreo de raíces en la corona de la planta en todos los tratamientos, que es el lugar donde se ubica el fertilizante de cada unidad de producción, favoreciendo esta propiedad directamente al ciclo vegetativo de la fruta aumentando su capacidad de absorción de nutrientes disponibles en el suelo. La aplicación de biochar tiende a generar cambios positivos sobre las propiedades del suelo, las dosis controladas de biochar en combinación con yeso agrícola incorporó materia orgánica al suelo sirviendo esto de sostén para la retención de humedad debido a la estructura física del fertilizante.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, L., Rivera, J., Marz, F., & Claire, T. (2017). Uso de yeso agrícola como enmienda en el cultivo de maíz forrajero en el valle central de Tarija. *Revistas de Informaciones Agropecuarias*, 4(9), 41–46.
- Acosta Povea, R., Guerrero Cortez, V., & Zambrano Zambrano, L. D. C. (2018). Análisis del consumo de banano en la ciudad de Guayaquil, Ecuador *Analysis. Espacios*, 39(41).
- Aguilar, R. (2015). La producción y exportación del banano y su incidencia en la economía ecuatoriana en el periodo 2008 - 2013. In Universidad de Guayaquil. [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8766/1/trabajo de titulacion robert aguilar.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8766/1/trabajo_de_titulacion_robert_aguilar.pdf)
- Aguirre Buitrago, J. C., Narváez González, S. C., Bernal Vera, M. E., & Castaño Ramírez, E. (2014). Contaminación de operarios con clorpirifos, por práctica de “embolsado” de banano (*Musa sp.*). *Luna Azul*, 38, 191–217. <https://doi.org/10.17151/luaz.2014.38.12>
- Alonso Gómez, L., Cruz Dominguez, A., Jiménez Madrid, D., Ocampo Duran, À., & Parra González, S. (2016). Biochar como enmienda en un oxisol y su efecto en el crecimiento de maíz. *Revista U. D. C. A Actualidad & Divulgación Científica*, 19, 341–349.
- Amaya, A., Santos, M., Morán, I., Vargas, P., Comboza, W., & Lara, E. (2018). Malezas Presentes en Cultivos del Cantón Naranjal, Provincia Guayas, Ecuador. *INVESTIGATIO Research Review*, 11, 1–16.
- Arenas, E., Arteaga, J., López, D., Sanchez, C., & Zapata Benabithe, Z. (2012). Obtención de biocombustibles producto de la pirolisis rápida de residuos de palma africana (*elaeis guineensis jacq.*). *Biología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(2), 144–151.
- Baquero Peñuela, J. E., Yacomelo Hernandez, M. J., & Orduz Rodriguez, J. O. (2018). Efecto del yeso sobre las características químicas de un Oxisol de la Orinoquia colombiana cultivado con lima ácida Tahití. *Temas Agrarios*, 23(2), 154. <https://doi.org/10.21897/rta.v23i2.1299>

- Barrera V, J., Barraza A, F., & Campo A, R. (2016). Efecto del sombrero sobre la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* morelet) en cultivo de plátano cv hartón (*Musa aab simmonds*). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 19(2), 317–323. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262016000200008&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Blasco López, G., & GómezMontaño, F. J. (2014). Propiedades funcionales del plátano (*Musa sp*). *Revista Médica de La Universidad Veracruzana*, 14(2), 22–26. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852016000300006
- Blomme, G., Tenkouano, A., & Swennen, R. (1999). Influencia del deshoje sobre el crecimiento de los retoños y raíces en el banano (*Musa spp.*). *INFOMUSA*, 10(2), 10–13.
- 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. *Terra Latinoamericana*, 34, 367–382.
- 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*. *Ciencia Y Agricultura*, 12(2), 13–20. <https://doi.org/10.19053/01228420.4349>
- Finol, J., Fernández, L., Nava, C., & Esparza, D. (2004). Efecto de fuentes y dosis de nitrógeno sobre la producción y calidad del fruto del banano (*Musa* grupo AAA subgrupo Cavendish clon “Gran Enano”) en la Planicie Aluvial del Río Motatán. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 21(3), 221-232. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182004000300002&lng=es&tlng=es.
- Galan, V., Rangel, A., Lopez, J., Hernandez, J. B. P., Sandoval, J., & Rocha, H. S. (2018). Propagación del banano: técnicas tradicionales, nuevas tecnologías e innovaciones. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40(4). <https://doi.org/10.1590/0100-29452018574>
- García Batista, R. M., Quevedo Guerrero, J. N., & Socorro Castro, A. R. (2020). Prácticas para el aprovechamiento de residuos sólidos en plantaciones bananeras y resultados de su implementación. *Universidad y Sociedad*, 12(1), 280–291. <https://doi.org/10.1155/2010/706872>

- Gonzabay, R. (2010). Cultivo de banano en el Ecuador. *Asociación de Funcionarios y Empleados Del Servicio Exterior*, 58, 113–142.
- Guzhñay Guapacasa, E. del P. (2017). Análisis del uso de la hoja de plátano (musa paradisíaca) en la gastronomía del cantón General Antonio Elizalde (Bucay), provincia del Guayas. (Vol. 5, Issue 1). <https://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/siklus/article/view/298%0Ahttp://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jana.2015.10.005%0Ahttp://www.biomedcentral.com/1471-2458/12/58%0Ahttp://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&P>
- Hernández, Y., Marín, M., & García, J. (2007). Respuesta en el rendimiento del plátano (Musa AAB cv. Hartón) en función de la nutrición mineral y su ciclo fenológico. Parte I. Crecimiento y producción. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 24(4), 607–626. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182007000400001&lng=es&tlng=es.
- Hoyos Leyva, J. D., Jaramillo Jiménez, P. A., Giraldo Toro, A., Dufour, D., Sánchez, T., & Lucas Aguirre, J. C. (2012). Caracterización física, morfológica y evaluación de las curvas de empastamiento de musáceas [Musa spp.]. *Acta Agronomica*, 61(3), 214–229.
- INFOCOMM. (2016). Banano. Conferencia de Las Naciones Unidas Sobre El Comercio y Desarrollo UNCTAD, 1–19. http://unctad.org/es/PublicationsLibrary/INFOCOMM_cp01_Banana_es.pdf
- Klug, M. (2012). Pirólisis, un proceso para derretir la biomasa. *Revista de Química*, 26, 1–4. <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/5547>
- León Agatón, L., Mejía Gutiérrez, L. F., & Montes Ramírez, L. M. (2015). Caracterización Socioeconómica Y Tecnológica De La Producción Del Plátano En El Bajo Occidente Del Departamento De Caldas. 41, 184–200. <https://doi.org/10.17151/luaz.2015.41.11>
- López Aguilar, R., Rodríguez Quezada, G., Naranjo Murillo, A., Beltrán Morales, L. F., Troyo Diéguez, E., & Peralta Patrón, Ofelia Casanova Cruz, A. (2012). Uso de yeso para una agricultura Organica sustentable en Zonas Áridas y Semiáridas. *Interciencia*, 37(8), 594–601.

- Marín Armijos, J., Barrezueta, S., & Batista, R. (2018). *Elaboración de biocarbon obtenido a partir de cascara de cacao y raquis del banano*. Obtenido de Revista científica Agroecosistemas: <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/404/383>
- Marín Armijos, J., García Batista, R., & Barrezueta Unda, S. (2020). Resultados de la aplicación de biochar obtenido de residuos de banano y cacao, en el cultivo del maíz. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(2), 83–88. <https://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/siklus/article/view/298%0Ahttp://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jana.2015.10.005%0Ahttp://www.biomedcentral.com/1471-2458/12/58%0Ahttp://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&P>
- Martínez Acosta, A. M., & Cayón Salinas, G. (2011). Dinámica del Crecimiento y Desarrollo del Banano (Musa AAA Simmonds cvs. Gran Enano y Valery). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 64(7), 6055–6064.
- Martínez, G., Pargas, R., & Manzanilla, E. (2012). Orden Zingiberales: las musáceas y su relación con plantas afines. *Agronomía Tropical*, 62(1–4), 171–178. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2012000100014&lng=es&tlng=es.
- Mathias Schlegel, M., Rössel-Kipping, D., Bassel, I., Ortiz-Laurel, H., & Fras, J. (2018). Generación De Biocarbón a Partir Del Material Sólido En La Hidrólisis Aeróbico-Microbiológica. *AgroProductividad*, 11(11), 27–33. <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i11.1279>
- Menalled, F. D. (2010). Consideraciones ecológicas para el desarrollo de programas de manejo integrado de malezas. *Agroecología*, 73–78. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/160581/140441>
- Méndez, C., & Rodríguez, M. (2016). Deshijado de la platanera. In *Agro Cabildo* (Vol. 0, Issue 0).
- Milesi Delaye, L. A., Ullé, J. Á., & Andriulo, A. (2020). Aplicación de biochar en un suelo degradado bajo producción de batata. Efecto sobre propiedades edáficas. *Cienc. Suelo* (Argentina), 38(1), 162–173.
- Oses Orbegozo, A. (2013). Efectos de la aplicación de biochar en el modelo jerárquico de agregación de un suelo forestal bajo condiciones oceánicas. Universidad

Autónoma de Barcelona, 96.

- Pedraza Abril, C. G. (2019). Caracterización de la fibra del pseudo tallo de plátano Como refuerzo y desarrollo de un material compuesto para fabricación de tejas. (Issue 2). <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>
- Por Gonzalo Plazas, M. (1951). Una Afeccion de la Musa Paradisiaca y otras Musaceas. Una Afeocion de La Musa Paradisiaca, 134–167.
- Quevedo Guerrero, J. N., Delgado Pontón, A. M., & García Batista, R. M. (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. *Revista Científica Agroecosistemas*, 190–197.
- 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>
- Restrepo Osorno, Y. C., Patiño Hoyos, L. F., & Castañeda Sánchez, D. A. (2008). Efecto de los nematodos en la cantidad y calidad de raíces y métodos de evaluación. *Revista Politécnica*, 4(7), 47–57. <https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/111>
- Rodríguez, A. T., Vera Bernal, E. M., & Castaño Ramírez, E. (2013). Evaluación ambiental de la práctica “embolsado” en plátano (*Musa Aab Simmonds*). *Revista Luna Azul*, 36, 91–109.
- Trasviña Barriga, A. M., Borquez Olguin, R., Leal Almanza, J., Castro Espinoza, L., & Gutiérrez Coronado, M. A. (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>
- Ulloa Fierro, J. I., & Rojas Villacres, E. C. (2014). Diagnóstico de la cadena logística de Exportación del banano ecuatoriano hacia Estados Unidos de américa. *SABER, CIENCIA Y Libertad*, 8(2), 77–90.
- Vargas Calvo, A., Acuña Chinchilla, P., & Valle Ruiz, H. (2015). La emisión foliar en plátano y su relación con la diferenciación floral. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1),

119. <https://doi.org/10.15517/am.v26i1.16935>

Vásquez Castillo, W., Racines Oliva, M., Moncayo, P., Viera, W., & Seraquive, M. (2019). Calidad del fruto y pérdidas poscosecha de banano orgánico (*Musa acuminata*) en el Ecuador. *Enfoque UTE*, 10(4), 57–66. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n4.545>

Vásquez Orozco, R. (2020). El impacto del comercio del Banano en el desarrollo del Ecuador. *Estudios y Perspectivas En Turismo*, 29, 167–182.

Villanueva, V. A., Añazco Correa, C. D., & Bonisoli, L. (2020). Introducción de marca de banano orgánico en el mercado ecuatoriano. *INNOVA Research Journal*, 5(1), 180–197. <https://doi.org/10.33890/innova.v5.n1.2020.1150>

6. ANEXOS



Anexo 1. Materia prima en proceso de secado



Anexo 2. Proceso de pirólisis



Anexo 3. Resultado de materia prima sometida a pirólisis.



Anexo 4. Procesamiento y tamizado de biochar.



Anexo 5. Recolección de muestras en campo



Anexo 6. Análisis de M.O y pH



Anexo 7. Selección de plantas.



Anexo 8. Aplicación de biochar en combinación con yeso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)



Anexo 9. Peso de racimo (T4)