



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EFFECTO DE LA ENMIENDA BIOCARBON DE CACAO Y BIOL EN  
SUELO FRANCO ARENOSO SOBRE EL DESARROLLO VEGETATIVO DE  
MUSA SP.**

**CONDOY GOROTIZA ALEXANDER AUGUSTO  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**MACHALA  
2020**



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

EFFECTO DE LA ENMIENDA BIOCARBON DE CACAO Y BIOL EN  
SUELO FRANCO ARENOSO SOBRE EL DESARROLLO  
VEGETATIVO DE MUSA SP.

CONDOY GOROTIZA ALEXANDER AUGUSTO  
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA  
2020



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO TITULACIÓN  
TRABAJO EXPERIMENTAL

EFFECTO DE LA ENMIENDA BIOCARBON DE CACAO Y BIOL EN SUELO FRANCO  
ARENOSO SOBRE EL DESARROLLO VEGETATIVO DE MUSA SP.

CONDOY GOROTIZA ALEXANDER AUGUSTO  
INGENIERO AGRÓNOMO

BARREZUETA UNDA SALOMON ALEJANDRO

MACHALA, 17 DE DICIEMBRE DE 2020

MACHALA  
2020

# EFECTO DE LA ENMIENDA BIOCARBÓN DE CACAO Y BIOL EN SUELO FRANCO ARENOSO SOBRE EL DESARROLLO VEGETATIVO DE MUSA SP

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

0%

INDICE DE SIMILITUD

%

FUENTES DE  
INTERNET

0%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 25 words

Excluir bibliografía

Activo

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

El que suscribe, CONDOY GOROTIZA ALEXANDER AUGUSTO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado EFECTO DE LA ENMIENDA BIOCARBON DE CACAO Y BIOL EN SUELO FRANCO ARENOSO SOBRE EL DESARROLLO VEGETATIVO DE MUSA SP., 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



CONDOY GOROTIZA ALEXANDER AUGUSTO  
0706300159

## **DEDICATORIA**

*Mi Trabajo de Titulación es dedicado para mis queridos padres, Ermel Condoy Robles y Mercedes Olivia Gorotiza, quienes con su sacrificio me apoyaron incondicionalmente para poder culminar mi carrera universitaria, siendo ellos mi principal motivación.*

*A mis hermanos Carolina, Mateo y David Condoy Gorotiza, esperando ser un ejemplo y logren culminar sus estudios universitarios.*

*A mi Abuela paterna Luz Idelia Robles que me cuida desde el cielo y a mis abuelos maternos, José Gorotiza y Rosa Gorotiza que siempre han estado ahí para mí dándome su amor y ánimos para seguir.*

*A mis Tíos maternos Mariuxi, Pedro, José Luis, Jazmín y Grace, que siempre me aconsejaron, me apoyaron de manera económica y moral para que no deje mis estudios y los pueda culminar.*

*Alexander Augusto Condoy Gorotiza*

## AGRADECIMIENTO

*A Dios por el simple hecho de darnos la vida y porque siempre estuvo presente en mis oraciones cuando ya no tenía ganas ni fuerzas para continuar.*

*A mi padre Ermel porque siempre me aconsejo y estuvo para mí en cada momento, porque él me enseñó lo hermoso de esta carrera y me ha ido preparando constantemente para la vida profesional con sus enseñanzas. A mi madre Mercedes por todo el sacrificio que ha hecho madrugando por nosotros para que no dejemos de estudiar y ayudarnos con los deberes.*

*A mis tíos el Ing. Pedro Morales y la Ing. Mariuxi Gorotiza por todo el apoyo que me brindaron desde el inicio, dándome oportunidad de trabajar en su finca, la misma donde pude realizar mi trabajo de titulación.*

*De manera especial agradezco a la Econ. Angie Chávez Rodríguez quien me brindo su amor y apoyo incondicional para que no me rinda y por qué siempre confió en que lo lograría.*

*A mi tutor el Dr. Salomón Barrezueta quien estuvo predispuesto para guiarme en el proceso de titulación y por sus enseñanzas para realizar de manera correcta mi trabajo y poder obtener el título.*

*Al Dr. Julio Chabla Carrillo por ser un excelente docente y al Ing. Edwin Jaramillo quienes forman parte de mis especialistas.*

*Alexander Augusto Condoy Gorotiza*

# **EFFECTO DE LA ENMIENDA BIOCARBÓN DE CACAO Y BIOL EN SUELO FRANCO ARENOSO SOBRE EL DESARROLLO VEGETATIVO DE MUSA SP.**

## **RESUMEN**

Alexander Augusto Condoy Gorotiza  
Salomón Alejandro Barrezueta Unda

El banano es uno de los productos más consumidos y exportados en el mundo, siendo en el Ecuador uno de los cultivos con mayor representación económica distribuido en tres principales provincias: Guayas, Los Ríos y El Oro, ubicado como principal exportador a nivel mundial. Los suelos dedicados al cultivo de banano o demás cultivos en general han sido explotados de una manera desmedida por diversas malas prácticas, llevándolos a perder su fertilidad y bajar su productividad. Es recomendable y necesario implementar alternativas donde permita la pronta recuperación del suelo y del cultivo, como las enmiendas orgánicas. El biocarbón es una opción que ha sido creada y usada hace muchos años en el ámbito agrícola dando resultados favorables en la estructura del suelo, regular pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, mitigar el efecto de gases invernaderos, aumento de retención de agua y de nutrientes y menor permeabilidad en suelos arenosos. La especie de *Trichoderma spp* son conocidos como hongos antagonistas, tienen un elevado potencial parasítico con una actividad metabólica muy particular que les permite parasitar eficientemente las estructuras fúngicas de los hongos, aumenta el porcentaje de materia orgánica y regula el pH del suelo. Mientras que los biofermentos o bioles son elaborados por la descomposición aeróbica de materiales orgánicos. La técnica implementada en este proceso será combinar los biofermentos, los hongos de la especie *Trichoderma*, más fertilizante orgánico NPK y el Biocarbón elaborado a base de la cáscara de la mazorca de cacao, abundante en lignina, celulosa y rico en Potasio. El efecto del biocarbón va a depender del tipo de pirólisis que se use durante el proceso de incineración para obtener el resultado final. El trabajo de investigación tiene como finalidad, comparar medidas morfológicas de *Musa sp.*, en diferentes tratamientos de biochar de cacao y dosis de 100 ml de biol en combinación con *Trichoderma spp.*, en suelos franco-arenosa, fue el objetivo de la investigación. La investigación experimental completamente al azar



fue realizada en la finca “Los Cambios” del cantón Arenillas, eligiendo 4 bloques de 10 repeticiones cada uno, determinando tres unidades de estudio y control. Las dosis de aplicación fueron: 10g (t1) + 100 ml de biol con trichoderma + 100gr NPK; 20 g (t2) + 100 ml de biol con trichoderma + 100 gr NPK y 30 g (t3) + 100 ml de biol con trichoderma + 100 gr NPK y un tratamiento control (T0) 100 ml de biol +100 gr de NPK. El valor más alto de diámetro del pseudotallo fueron 63,7 cm (t1). El mejor promedio de altura corresponde a t2 (341,4 cm) y el rango máximo a t3 (registro 370,2 cm), la aplicación de biocarbón no tuvo incidencia significativa en la emisión foliar, T0 que llegó con un promedio de (11,4) y T1 (10,9) hojas, teniendo una diferencia de 0,5 hojas a la parición. La dosis recomendada en suelos arenosos de biocarbón es de 30gr demostrando que su aplicación causó efectos positivos en algunos parámetros morfológicos de la planta, mejoró la absorción de agua y nutrientes en esta estructura débil y muy permeable.

**Palabras clave:** *Trichoderma spp*, biocarbón, biofermentos, antagonista, aeróbica

# **EFFECT OF THE AMENDMENT BIOCHAR OF COCOA AND BIOL IN SANDY LOAM SOIL ON THE VEGETATIVE DEVELOPMENT OF MUSA SP.**

## **ABSTRACT**

Alexander Augusto Condoy Gorotiza  
Salomón Alejandro Barrezueta Unda

The banana is one of the most consumed and exported products in the world, being in Ecuador one of the crops with greater economic representation distributed in three main provinces: Guayas, Los Rios and El Oro, located as the main exporter at world level. The soils dedicated to the cultivation of bananas or other crops in general have been exploited in an excessive way by various bad practices, leading them to lose their fertility and lower their productivity. It is advisable and necessary to implement alternatives that allow the rapid recovery of the soil and the crop, such as organic amendments. Biochar is an option that has been created and used for many years in the agricultural field, giving favorable results in the structure of the soil, regulating pH, electrical conductivity, organic matter, mitigating the effect of greenhouse gases, increasing water retention and nutrients and lower permeability in sandy soils. The species of *Trichoderma* spp are known as antagonistic fungi, have a high parasitic potential with a very particular metabolic activity that allows them to efficiently parasitize the fungal structures of the fungi, increase the percentage of organic matter and regulate the pH of the soil. While bioferments or biols are produced by the aerobic decomposition of organic materials. The technique implemented in this process will be to combine the bioferments, the fungi of the species *Trichoderma*, plus organic fertilizer NPK and the Biocarbon elaborated from the shell of the cocoa pod, abundant in lignin, cellulose and rich in Potassium. The effect of the biocoal will depend on the type of pyrolysis used during the incineration process to obtain the final result. The work of investigation has as purpose, to compare morphological measures of *Musa* sp., in different treatments of biochar of cocoa and dose of 100 ml of biol in combination with *Trichoderma* spp., in frank-sandy soils, was the objective of the investigation. The experimental investigation completely at random was carried out in the property "Los Cambios" of the Arenillas canton, choosing 4 blocks of 10 repetitions each one, determining

three units of study and control. The application doses were: 10g (t1) + 100 ml of biol with trichoderma + 100 gr NPK; 20 g (t2) + 100 ml of biol with trichoderma + 100 gr NPK and 30 g (t3) + 100 ml of biol with trichoderma + 100 gr NPK and a control treatment (T0) 100 ml of biol + 100 gr NPK. The highest diameter value of the pseudostem was 63.7 cm (t1). The best average height corresponds to t2 (341.4 cm) and the maximum range to t3 (registration 370.2 cm), the application of biochar had no significant impact on leaf emission, T0 that arrived with an average of (11.4) and T1 (10.9) leaves, having a difference of 0.5 leaves at farrowing. The recommended dose in sandy soils of biochar is 30gr, demonstrating that its application caused positive effects in some morphological parameters of the plant, improved the absorption of water and nutrients in this weak and very permeable structure.

**Keywords:** Trichoderma spp, biocoal, bioferments, antagonist, aerobic

## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>I. REVISIÓN LITERARIA</b>	<b>13</b>
1.1 Origen del Banano	13
1.2 Banano en el Ecuador y el mundo	13
1.3 Banano orgánico en el Ecuador	15
1.3.1 Importancia del banano orgánico en la provincia de El Oro	15
1.4 Descripción Botánica	15
1.5 Taxonomía	16
1.6 Morfología	16
1.6.1 Cormo	16
1.6.2 Sistema Radicular	17
1.6.3 Pseudotallo	17
1.6.4 Hojas	17
1.6.5 Inflorescencia	18
1.6.6 Fruto	18
1.6.7 Fenología del Cultivo	18
1.7 Etapa Vegetativa	19
1.7.1 Etapa Reproductiva	19
1.8 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo	19
1.8.1 Suelo	20
1.9 Requerimientos nutricionales del Banano	20
1.10 Fertilización	21
1.11 Origen del Biocarbón	21
1.11.1 Biocarbón en la Agricultura	21
1.11.2 Impacto y beneficios al ambiente	22
1.11.2.1 Beneficios al ambiente	22
1.11.3 Efectos del uso de Biocarbón en el suelo	22
1.12 Elaboración de Biocarbón	23
1.12.1 Materia Prima	23
1.12.2 Obtención del Biocarbón	23
1.13 Pirólisis	24

1.13.1 Pirólisis lenta	24
1.13.2 Pirólisis rápida	24
1.14 Microorganismo de Control	24
1.14.1 <i>Trichoderma spp.</i>	24
1.14.2 Taxonomía	25
1.15 Biofermentos	26
1.15.1 Modo de elaboración	26
1.15.2 Biofermentado con <i>Trichoderma</i>	27
1.15.2.1 fermentación líquida	27
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>28</b>
2.1 Zona del ensayo	28
2.2 Ubicación Geográfica	28
2.3 Diseño del Experimento	28
2.4 Hipótesis	29
2.5 Parámetros objeto de estudio	29
2.6 Recolección de muestras de suelo	31
2.7 Recolección y secado de las cáscaras de cacao	32
2.8 Elaboración del horno	32
2.9 Producción de <i>Trichoderma spp</i>	33
2.10 Elaboración del Biofermento	35
2.11 Aplicación de Biocarbón, biol y fertilizante a los tratamientos	35
<b>III. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	<b>36</b>
3.1 Número de hojas a la cosecha-planta madre	36
3.2 Peso de Racimo	37
3.3 Número de manos	38
3.4 Altura de planta-hijo	38
3.5 Grosor del pseudotallo-hijo	39
3.5.1 Diferencia Grosor de pseudotallo	40
3.6 Número de Hojas-hijo	40
<b>IV. CONCLUSIONES</b>	<b>42</b>
<b>V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>43</b>
<b>VI. ANEXO</b>	<b>51</b>

## ÍNDICE DE TABLA

<b>Tabla 1.</b> Principales países productores año (2018)(tn).	14
<b>Tabla 2.</b> Porcentaje del mercado mundial de Ecuador.	14
<b>Tabla 3.</b> Clasificación taxonómica.	16
<b>Tabla 4.</b> Clasificación taxonómica de trichoderma spp.	25
<b>Tabla 5.</b> Tabla de tratamientos y Dosificación del ensayo	29
<b>Tabla 6.</b> ANOVA de un factor de la variable número de hoja inicio-final (madre)	36
<b>Tabla 7.</b> A NOVA de un factor de variable altura de planta	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Toma de datos con cinta métrica.	30
Figura 2. Peso y calibración del racimo.	30
Figura 3. a) Toma de muestra en campo, b) Muestra de suelo dentro del cilindro	31
Figura 4. Determinación de materia orgánica.	32
Figura 5. Elaboración de tanque para quemar biomasa.	32
Figura 6: Incineración de la biomasa y Biocarbón molido	33
Figura 7. Vista de Trichoderma en microscopio 100x y caja petri.	33
Figura 8. Solidificación correcta de las cajas petri.	34
Figura 9. Cocción, peso y llenado de botellas con arroz.	34
Figura 10. Colocación de la cepa en los recipientes y sellado de los mismos	35
Figura 11. Aplicación del biol al drench y de biocarbón + fertilizante.	35
Figura 12. Diferencia de número de hojas a la cosecha (madre)	37
Figura 13. Peso de racimo de todos los tratamientos	37
Figura 14. Número de manos por racimo	38
Figura 15. Promedio de altura de plantas por tratamiento	39
Figura 16. Rangos de grosor del pseudotallo en los tratamientos (cm)	39
Figura 17. Diferencia de grosor del pseudotallo en los tratamientos (cm)	40
Figura 18. Número de hojas a la parición en los tratamientos	41
Figura 19. Diferencia de número de hojas hasta la parición	41

## INTRODUCCIÓN

El suelo es considerado como uno de los principales recursos para la producción agrícola, sin embargo, en las últimas décadas su explotación desmedida ha traído consigo deterioro. Es así, que el 14% de toda la degradación de los suelos en el mundo se provocó en América Latina y el Caribe; los principales factores son: la erosión hídrica, el sobrepastoreo, la deforestación y prácticas agrícolas poco sustentables como la aplicación excesiva de agroquímicos (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2019), lo que ha generado consecuencias negativas en la producción de muchos cultivos.

En el Ecuador, el banano es uno de los cultivos de gran importancia económica, aproximadamente son 230.000 hectáreas cultivadas. Distribuidos en varias zonas del litoral ecuatoriano, puesto que una parte han sido sembradas sin previo estudio de suelo, es así que en estos sitios el desarrollo de la plantación se ve afectada por las diversidad de daños que presentan los suelos (Domínguez & Efraín, 2019, p. 5).

En este marco, los suelos dedicados al monocultivo del banano están perdiendo su fertilidad, por los factores antes mencionados, una alternativa son las enmiendas orgánicas como el uso del biocarbón o también denominado carbón vegetal o biochar. Es así como su aplicación en el suelo combinado con un bio-fermento de hongos benéficos (*Trichoderma spp.*), generan una simbiosis entre ambos abonos en beneficio del suelo y de las plantas.

(Escalante Rebolledo et al., 2016), manifestaron que el biocarbón o biochar es el resultado de la descomposición térmica de materiales orgánicos con escaso suministro de oxígeno o también llamado (pirólisis) a temperaturas relativamente bajas.

Las principales funciones del biocarbón son: mitigar la emisión de CO<sub>2</sub>, retención hídrica, mejora el pH del suelo y aumento de materia orgánica. (Sánchez-Reinoso et al., 2020) encontraron que el biocarbón puede modificar las propiedades químicas del suelo aumentando la capacidad de intercambio catiónico y mejorando la fertilidad del suelo a través de la disponibilidad de nutrientes benéficos para las plantas. Mientras que los bio fermentados o bioles son elaborados por la descomposición aeróbica de materiales orgánicos, combinados con una cepa elaborada de hongos *Trichoderma spp.*



La especie de *Trichoderma* son conocidos como hongos antagonistas, tienen un elevado potencial parasítico con una actividad metabólica muy particular que les permite parasitar eficientemente las estructuras fúngicas de los hongos, compitiendo con ellos por espacio y nutrientes (Infante et al., 2009).

En este marco los objetivos de la investigación fueron:

### **Objetivo General**

Comparación de los efectos de la enmienda de biochar obtenido de las mazorcas de cacao más biofermentos compuesto con *Trichoderma spp* y fertilizante completo NPK, en suelos francos-arenosos cultivados con banano, mediante medición de parámetros agronómicos de la planta.

### **Objetivos Específicos**

- Describir los efectos del biochar + biol con *Trichoderma* y NPK en el desarrollo de las plantas de banano con las diferentes dosis planteadas
- Comparar los efectos de la aplicación en el estado evolutivo de la planta en las variables de altura, grosor del pseudotallo y el número de hojas desde selección hasta la cosecha.
- Analizar el efecto en el peso y número de manos de los racimos cosechados de la planta madre con las dosis planteadas a los tres tratamientos y el control.

## **I. REVISIÓN LITERARIA**

### **1.1 Origen del Banano**

Son muchas las teorías sobre el origen del banano y la del Sudeste asiático fue la más aceptada. Las musáceas son plantas que se cultivan desde hace 10000 años, y cuyas primeras huellas se encontraron en la región de India, Malasia, Indonesia y Papúa Nueva Guinea en el siglo VII a. C. Esta herbácea gigante, perteneciente a la clase de las monocotiledóneas y a la familia de las musáceas, era originalmente salvaje y su reproducción fue por semillas. Al pasar los años se produjeron cruces naturales generando una importante diversidad genética, apareciendo así las nuevas variedades sin semillas. Con el transcurso del tiempo y la mano del hombre estas variedades viajaron casi por todos los continentes, comenzando por el Sudeste Asiático, Nueva Guinea, Indostán, el Pacífico y América; para el siglo XV ya los comerciantes árabes formaron parte de este trayecto en donde llegaron a: Oriente, África, Europa, las islas del Caribe y el Nuevo Mundo (INFOCOMM, 2010).

### **1.2 Banano en el Ecuador y el mundo**

Las plantas de banano son cultivos de reproducción asexual, pueden producir un racimo maduro antes del año y los vástagos siguen brotando de una única mata año tras año y esto es lo que los convierte en perennes (FAO, 2004). El banano es uno de los productos más consumidos en el mundo y también uno de los más exportados, según (FAOSTAT, 2020) en datos obtenidos hasta el año 2018, manifiesta que la producción mundial es de 115.737,861 toneladas, dividiéndose en las 5 regiones; siendo los continentes de Asia y América quienes lideran la lista con 52.6% y 27.8% respectivamente, luego África 17.7% , Oceanía 1.4% y finalizando con Europa con 0.4% . Los principales países productores se describen en la siguiente tabla.

**Tabla 1.** Principales países productores año (2018) (t.) **Fuente;** (FAOSTAT, 2020).

<b>PAÍS</b>	<b>PRODUCCIÓN (t.)</b>
<b>India</b>	23 701 707.89
<b>China</b>	8 682 063.16
<b>Filipinas</b>	6 854 911.05
<b>Brasil</b>	6 753 834.32
<b>Ecuador</b>	6 523 618.11
<b>Indonesia</b>	5 877 881.26
<b>República unida</b>	2 671 627.84
<b>Guatemala</b>	2 6333 512.89
<b>Ruanda</b>	2 624 184.89
<b>Colombia</b>	2 466 492.37

De acuerdo con (Banana Export, 2019), afirmó que el Ecuador exportó 6 640 000 t. representando el 34.86% de las exportaciones mundiales, es decir que nuestro país se convirtió en el primer exportador mundial de banano. Ecuador exporta prácticamente a todo el mundo siendo su principal mercado:

**Tabla 2.** Porcentaje del mercado mundial de Ecuador. **Fuente;** (Banana Export, 2019).

<b>PAÍSES</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Unión Europea</b>	32.6%
<b>Rusia</b>	22.2%
<b>Turquía</b>	13.9%
<b>Estados Unidos</b>	10.4%
<b>Argentina</b>	7.5%
<b>Japón</b>	6%
<b>Corea del Sur</b>	6%
<b>China</b>	6%

<b>Europa del Este</b>	4.10%
<b>África</b>	2.0%
<b>Nueva Zelanda</b>	1.0%
<b>Otros mercados</b>	0.3%

### **1.3 Banano orgánico en el Ecuador**

Actualmente la producción y exportación de productos orgánicos a nivel mundial han incrementado considerablemente con respecto a los de origen convencional, esto ha generado impacto en el reciente crecimiento de la extensión de suelos fértiles, el principal objetivo de la producción orgánica es llevar a cabo la correcta utilización de los productos naturales básicos; producción de desechos, material reusable y reciclable en equilibrio con la unidad productiva y el ecosistema (Villanueva et al., 2019). La producción orgánica de banano en el Ecuador cuenta aproximadamente con 39.824 hectáreas de suelo cultivado, que representa el 0,7% de su totalidad ya que se concentra en 5 productos agrícolas destinado para la exportación que son: banano, cacao, café, caña de azúcar y frutas tropicales, siendo el banano el principal producto orgánico del país (Villanueva et al., 2019).

#### **1.3.1 Importancia del banano orgánico en la provincia de El Oro**

La producción bananera es el principal rubro económico no petrolero del país, las principales provincias exportadoras son: Guayas, Los Ríos, y El Oro. “El Oro presenta un número relativamente bajo de productores que se dedican a la producción de banano orgánico. Un total de 162 039 ha de superficie cultivada de banano solo el 12% corresponden a plantaciones orgánicas”(Villanueva et al., 2019).

De acuerdo a información de (Cabrera et al., 2020) comprobaron que en la provincia de El Oro la producción del cultivo se ha aumentado particularmente provocando que el 45% se encuentren aquí, ubicándose en el segundo lugar en producción del país con (24.8%) después de los Ríos (32.4%).

### **1.4 Descripción Botánica**

El banano es una de las más grandes plantas herbáceas perenne, su pseudotallo puede llegar a medir de 2 hasta 8m en variedades cultivadas (Karamura & Karamura, 1995) .Sus tejidos son de

fibras compuestas 90% de agua, su pseudotallo da origen a los bulbos o “cormos” que es donde se forman las yemas o “hijos”. Sus hojas salen desde la base del cormo teniendo una distribución helicoidal, cada planta se conforma normalmente entre 5 a 15 hojas, cuyo interior se forma el eje floral en donde un grupo de flores alternadas salen cuando se abren las brácteas de la bellota y emerge el racimo (Fernández, 2006).

## 1.5 Taxonomía

**Tabla 3. Clasificación taxonómica, elaborada por el autor.**

<b>Reino:</b>	<b>Plantae</b>
<b>División:</b>	<b>Magnoliophyta</b>
<b>Clase:</b>	<b>Liliopsida</b>
<b>Orden:</b>	<b>Zingiberales</b>
<b>Familia:</b>	<b>Musaceae</b>
<b>Género:</b>	<b>Musa</b>
<b>Especie:</b>	<b>Musa x</b>

## 1.6 Morfología

Varios autores encontraron teorías de que podría existir una tercera especie, la cual fue quien dio origen a un grupo de híbridos triploides, siendo esta la especie que fue seleccionada por su vigor y tamaño de frutos (Simmonds et al., 2008).

De acuerdo con (Price, 1995), afirmó que una gran parte de investigaciones en banano fueron centradas principalmente en las variedades de mayor importancia y con alto valor de exportación, que son las variedades AAA Gros Michel y reemplazadas por Cavendish.

### 1.6.1 Cormo

El cormo es la base en donde emerge el bulbo y su tamaño está relacionado con la edad de la planta y las condiciones de la variedad, su tamaño promedio es de 20-25 cm, su forma es cilíndrica compuesto por un tejido meristemático cubierto de una corteza de 1-3 cm de espesor (Price, 1995).

### **1.6.2 Sistema Radicular**

Su forma es vertical pueden llegar hasta 1.5m en vertical y de manera horizontal alcanzan los 3m (Azüero Gaona, 2020), dependiendo del tipo de suelo en el que se desarrollen. El diámetro de una raíz oscila entre 8-10 mm de espesor y probablemente sea la característica morfológica que más información brinde sobre sus propiedades funcionales y estructurales (Lecompte & Pagès, 2005). Se encargan de transportar el agua y los nutrientes al brote, son muy susceptibles a la falta de oxígeno. En condiciones de escasez de agua las raíces cierran sus estomas lo que hace posible mantener la planta hidratada, pero disminuye la asimilación de carbono y el rendimiento (David W. Turner & Rosales, 2005).

Demanda las mejores condiciones de suelo para un óptimo crecimiento, debe ser poroso y profundo con adecuada aireación, todo tipo de barrera física o química que obstruya su crecimiento, reduce el potencial productivo de la planta (López. M. A & Espinosa, 1995).

Los problemas con mayor impacto significativo que inciden en el crecimiento de la raíz son: la compactación del suelo, manejo deficiente de drenajes, bajo contenido de materia orgánica y escasez de actividad microbiana (Villarreal-Núñez et al., 2013).

### **1.6.3 Pseudotallo**

Considerado un falso tallo formado por una apretada serie de vainas foliares superpuestas, es el elemento más carnoso de la planta, compuesto en su totalidad por agua y a medida que las hojas emergen, crece hasta que el tallo verdadero o tallo floral surge del interior de la planta para brindarle soporte a la inflorescencia (Vézina & Baena, 2014).

Basado en estudios (Vargas, A., Guillén, C. & Arce, R., 2013) indicaron que luego de la planta madre ser cosechada el pseudotallo contribuye a la nutrición mineral del hijo hasta sus primeros meses. Siendo así que es recomendable no cortar el pseudotallo luego de la cosecha de su racimo, prácticas habituales que prevalecen en el ámbito bananero (Vargas Calvo & Cubillo Sánchez, 2010).

### **1.6.4 Hojas**

Son toda el área fotosintética de la planta, compuesta por: pecíolo, limbo, nervadura central, haz y

envés. (Martínez Acosta, Ana María, & Cayón Salinas, Daniel Gerardo, 2011) afirman que el crecimiento y desarrollo del cultivo dependen del estado evolutivo de las hojas y su ciclo debe ser funcional a partir de la emisión floral hasta el cuajado del fruto.

De acuerdo con (Vargas-Calvo et al., 2015), el número de hojas que puede emitir una planta de banano durante su ciclo vegetativo oscila entre 38 - 40 dependiendo de la variedad del cultivo, son cantidades que se encuentran inversamente proporcional al tamaño del cormo. Las Hojas pueden alcanzar hasta los 3m de largo y 60 cm de ancho, su peciolo tiene hasta 60 cm rangos que pueden cambiar según la variedad (Torres Guzmán, 2013).

### **1.6.5 Inflorescencia**

Es considerada una estructura compleja, se desarrolla en el punto de crecimiento del rizoma y va emergiendo a través del pseudotallo hasta la parte alta de la planta una vez que haya brotado la última hoja cigarro (Vézina & Baena, 2014). Espiga formada de flores que se encuentran cubiertas por sus brácteas gruesas color púrpura, el mayor número de flores femeninas se encuentran en las primeras hileras, unas pocas hermafroditas y al final en el ápice las flores masculinas (Violeta, 2010).

### **1.6.6 Fruto**

Se desarrolla en los ovarios de las flores pistiladas, la etapa de cuajado tarda de 10- 12 semanas. En lugares con temperaturas de 20°C-26°C y períodos cortos de luminosidad tarda de 14-16 semanas (Torres, 2012). Los frutos son partenocárpicos, la longitud del fruto fluctúa entre 10 y 30 cm; un racimo pesa 11 Kg. en promedio, pero es normal que algunos superen los 18 Kg.

Según (Salazar et al., 2107) comprobaron que su valor calórico es alto y sobresalen: Potasio, ácido fólico y magnesio.

El banano fue considerado una fruta climatérica (Vásquez-Castillo et al., 2019). Es decir madura luego de ser cosechada.

### **1.6.7 Fenología del Cultivo**

El ciclo fenológico comprende en 2 etapas, desde la fases infantil hasta la fase reproductiva y este

ciclo fenológico en promedio oscila los 404 día, se determina de acuerdo a la variedad y a las condiciones edafoclimáticas de la región en donde se encuentra ubicado (Vargas et al., 2017).

## **1.7 Etapa Vegetativa**

La etapa vegetativa en la primera generación va desde la siembra hasta la iniciación floral, a partir de ahí inicia cuando aparece la yema lateral, se divide en 2 fases: infantil, juvenil o independiente.

- **Fase infantil.**- Inicia desde que germina el cormo hasta cuando el hijo alcanza sus primeros 50 cm de alto, cuando aparece la primera hoja con lámina foliar de 10 cm de ancho culmina la etapa infantil, es conocida como F10 y dura 104 días (Vargas et al., 2017).
- **Fase juvenil o independiente.**- Comienza cuando el hijo se vuelve independiente y empieza a emitir hojas normales con la mínima relación foliar (fm), este periodo dura entre 50 - 60 días y al mismo tiempo el retoño emite de 3 a 6 hojas adicionales e inicia su proceso de fotosíntesis (Sunshine, 2012).

### **1.7.1 Etapa Reproductiva**

Esta última etapa fenológica comienza desde que aparece la hoja y comprende el inicio de la diferencia floral (df) y la cosecha (c) y su duración es alrededor de 125 días (Vargas et al., 2017).

## **1.8 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo**

(AGROCALIDAD, 2016) recomienda alturas de 0 a 300 msnm. Las plantaciones que se encuentran entre 400 a 600 msnm tendrían consecuencias, ya que por cada 100 m de altitud se retrasa un mes de ciclo vegetativo de la planta (INTAGRI, 2018). Las condiciones en las que se desarrolla son de clima tropical y subtropical húmedo, Los requerimientos necesarios para el cultivo son de 120 a 200 mm mensuales o podrían ser 44mm semanales auxiliándose con el riego si se reconoce épocas de sequía en la zona o 1200- 3000 mm anuales bien distribuidos.

Las condiciones óptimas para el buen desarrollo oscilan entre 20° a 30°C, en temperaturas inferiores a 17°C su crecimiento se detiene, necesita de 1.000 a 1.500 horas luz al año, la humedad relativa oscilan entre 70 - 90%. Vientos no mayores a 20 km/hora para poder evitar volcamientos de las plantas, en zonas mayores se pueden implementar barreras vivas que bloquean el viento.



(INFOAGRO, 2007) señala que las plantaciones de banano tienen una gran tolerancia a la acidez del suelo, su pH varía entre 4,5-8 pero lo óptimo es 6,5.

### **1.8.1 Suelo**

Los suelos aptos para la siembra del cultivo de banano son aquellos que tienen características de textura franco arenosa, franco arcillosa, franco arcillo limosa y franco limosa, además deben ser suelos bien drenados, ricos en materia orgánica, fértiles y permeables. La profundidad idónea es de 1,2 - 1,5 m (INFOAGRO, 2007).

### **1.9 Requerimientos nutricionales del Banano**

Los requerimientos suelen ser bajos debido a la demanda que manifiesta el cultivo, la porción de superficie que utiliza y la producción adquirida. Sin embargo el uso correcto de los fertilizantes aporta al desarrollo de los cultivos, puesto así que es importante el previo análisis para cumplir con lo que requiere la planta desde su fase vegetativa hasta su fase final que es la reproductiva (Cedeño et al., 2018). El banano requiere 16 de los elementos químicos para su óptimo desarrollo y producción, siendo el nitrógeno (N) y el potasio (K) los elementos más absorbidos por la planta (Buste, 2019).

De los primordiales son 3 los que se encuentran en el agua y la atmósfera que son: el carbono (C), hidrógeno (H) y el oxígeno (O). Por otra parte están los que se subdividen en 3 grupos que son los primarios, secundarios conocidos como macro elementos y menores o micro elementos; los primarios son: nitrógeno (N), fósforo (P), y potasio (K); los secundarios están conformados por: calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S). Finalmente los que son requeridos en cantidades muy bajas son: zinc (Zn), Boro (Br), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y sodio (Na) (Leal, 2017).

Generalmente podemos encontrar en las bananeras interacción entre nutrientes ya sea positiva o negativa, es decir antagonismo y sinergismo entre ellos, que a su vez causan un efecto en el rendimiento. La relación antagónica más conocida es la que existe entre potasio (K), Calcio (Ca) y magnesio (Mg). La excesiva aplicación de estos nutrientes sin tener un previo conocimiento bloquea la asimilación de otros provocando problemas en el cultivo (Buste, 2019).

## **1.10 Fertilización**

Tiene varias formas de ser aplicada, se puede realizar granular edáfica y foliar dependiendo de las necesidades del cultivo en relación con los análisis. La dosis puede variar de acuerdo con el estado fenológico de la planta entre 60 - 120 gr por planta; lo admisible sería ampliar la frecuencia de fertilización y disminuir la dosis, 3 sacos de 45 kg/ha cada 3 semanas o 4 sacos de 45 kg/ha por mes. Esto acorde a la formulación necesaria (Vargas et al., 2017).

## **1.11 Origen del Biocarbón**

Actualmente se le conoce como Carbón vegetal, Biocarbón o Biochar, es originario de la amazonia brasileña hace 2500 años y su nombre es “Terra Preta do indio”, llamado así debido a la coloración negra que presenta y por la cantidad de nutrientes que aporta, fue utilizado por los indígenas en parcelas de 1 a 80 hectáreas logrando inadmisibles resultados (Agroenfoque, 2015).

El resultado de la creación de dichos suelos se dio gracias al acaparamiento de desechos orgánicos, biomásas de residuos y resto de madera no quemada que dieron lugar a suelos con una fertilidad alta, pero en la actualidad se ven afectados ya que 1.035 millones de hectáreas de suelo del mundo son degradados debido a impactos antropogénicos: la industria, la deforestación, urbanización, agricultura y sobre pastoreo excesivo (Horák et al., 2020).

### **1.11.1 Biocarbón en la Agricultura**

La fertilidad del suelo es un factor que ha sido afectado y que impide mejorar el potencial productivo de alimentos, alrededor de 1.5000 millones de hectáreas de tierras de cultivo han sido degradadas, por lo que se requiere un extremo rejuvenecimiento a estos suelos (Aydin et al., 2020).

La utilización de la biomasa vegetal se ha incrementado considerablemente y ha despertado un gran interés que se convirtió en un material cotidiano por lo que su participación es importante a nivel jerárquico respecto a la protección del ambiente (Schlegel et al., 2018).

De acuerdo con (Sánchez-Reinoso et al., 2020), el BC ha demostrado ser muy eficiente en la productividad agrícola convencional, favoreciendo al estado nutricional de la planta y la estructura del suelo. Aportando grandes beneficios cuando es combinado con fertilizantes gracias a las propiedades físico-químicas que comparte.

Limpia los suelos infestados de pesticidas y agroquímicos y varios estudios han demostrado que es posible utilizar BC como sustrato alternativo para producción de plantas sin suelo (Sánchez-Reinoso et al., 2020).

### **1.11.2 Impacto y beneficios al ambiente**

La emisión de gases invernaderos y dióxido de carbono resultados de la quema de combustibles fósiles son las principales causas del cambio hostil de la atmósfera, alcanzando un récord a nivel mundial de 37.000.000 millones de toneladas en el año 2018 (Majchrzak-Kucęba & Sołtysik, 2020).

Según (Toková et al., 2020) afirman que a consecuencia del cambio climático aumenta la evapotranspiración y disminuye la humedad de los suelos, esto indica que los suelos se secan gradualmente afectando negativamente el desarrollo vegetativo del cultivo.

#### ***1.11.2.1 Beneficios al ambiente***

La biomasa es de fácil acceso, el costo de producción es barato, suave y respetuosos con el medio ambiente ya que no tiene disolventes orgánicos ni catalizadores (Ma'rifah et al., 2019).

Beneficios económicos para el agricultor por el aumento potencial de las cosechas, mejorando las propiedades y estructura del suelo. Secuestra el carbono bloqueando su liberación desde el suelo evitando que llegue a la atmósfera, mitigación del cambio climático, va asociado con la respiración de microorganismos y tiene una alta solidez por lo que es resistente a los procesos naturales, químicos y biológicos, cuenta con una longevidad de 1000 años luego de ser aplicado (Schlegel et al., 2018).

### **1.11.3 Efectos del uso de Biocarbón en el suelo**

Se lo considera un producto valioso ya que es obtenido por medio de la descomposición térmica (pirólisis), y proporciona posibilidades de mejorar el suelo, la calidad podría ser permanente una vez aplicado el biocarbón (Toková et al., 2020).

De acuerdo con (Toková et al., 2020) encontraron efectos positivos en la hidrofísica y propiedades hidráulicas del suelo como: mejora la densidad aparente, porosidad y CIC.

Enmarcando la importancia de esta investigación que fue llevada a cabo en un suelo tipo franco arenoso, basándonos en los estudios de (Toková et al., 2020) manifestaron que, la aplicación de biocarbón o biochar crea nuevos poros atribuyendo a rellenar los espacios de las grandes cavidades de las gruesas partículas de arena mejorando así la porosidad del suelo y el agua disponible para las plantas.

Los suelos arenosos son considerados no aptos y su uso en la agricultura es limitado, son altos en permeabilidad, bajos en agua, en nutrientes y bajos en materia orgánica (Šrank & Šimanský, 2020). Por lo tanto la aplicación de biochar reduce la escorrentía y mejora los costos en riego, mejora la aireación del suelo haciendo más sencillo su laboreo, funciona como portador de microorganismos por lo que aumentaría la población de hongos entomo-patógenos benéficos (Escalante Rebolledo et al., 2016)

## **1.12 Elaboración de Biocarbón**

### **1.12.1 Materia Prima**

Para obtener mejores resultados sobre las propiedades del biocarbón depende escasamente de la materia prima que se elija y el tipo de pirólisis que se utilice en el transcurso de su transformación (Matykiewicz, 2020).

Los materiales más utilizados, mencionados por (Escalante Rebolledo et al., 2016) son: residuos de cosechas, plantas secas, biomasa de árboles, residuos de aceitunas y desperdicios orgánicos de la urbe.

### **1.12.2 Obtención del Biocarbón**

El proceso de pirólisis realizado a la biomasa completamente seca es de forma termoquímica y pueden ser clasificados en pirólisis rápida y pirolisis lenta (Escalante Rebolledo et al., 2016). Para la transformación de la biomasa se requiere un ambiente escaso de oxígeno a temperaturas recomendadas (Ladygina & Rineau, 2013). La temperatura óptima para obtener el biocarbón es inferior a 700°C, lo que permite diferenciarlo del carbón (combustible) y carbón activado (Trujillo et al., 2019).

### **1.13 Pirólisis**

Llamada pirólisis al proceso termoquímico que ocurre dentro de una atmósfera controlada de oxígeno, involucrando al calentamiento de materiales a temperaturas mayores de 400°C, el proceso de pirólisis está basada en 3 etapas: Alimentación y dosificación de la materia orgánica y el resultado final que es la obtención del biocarbón (Marín Armijos, J., García Batista, R. M., & Barrezueta-Unda, S, 2018).

#### **1.13.1 Pirólisis lenta**

Es realizada a temperaturas inferiores entre 300 - 500°C con periodos de tiempo pausados de 100°C/min por lo que para la biomasa podrían ser horas y el carbonizado es mayor (Sisalima, 2020).

#### **1.13.2 Pirólisis rápida**

(Arteaga et al., 2012) manifiestan que la pirólisis rápida ha tenido una gran acogida en el mundo académico y la industria, siendo preferible cuando de transportar líquidos se trata, aunque también producen gases y sólidos, tiene excesivas tasas de calentamiento y transferencia de calor con temperaturas cercanas a los 500°C.

### **1.14 Microorganismo de Control**

#### **1.14.1 *Trichoderma spp.***

El género *trichoderma spp*, es un hongo saprófito entomo-patógeno, capaz de reproducirse en cualquier tipo de ambiente, considerado como una estrategia alternativa para el control biológico de enfermedades fúngicas, gracias a sus capacidades de mico parasitismo, antibiosis, competencia por espacio y nutrientes (Castillo et al., 2019).

La especie de *Trichoderma* es conocido por actuar en simbiosis con la planta produciendo defensa vegetal contra patógenos e insectos, produce ácidos orgánicos que disminuyen el pH, ayuda a solubilizar el fósforo (P), magnesio (Mg) y hierro (Fe), además de ser un agente de bio-control produce enzimas capaces de degradar residuos orgánicos sólidos (Hernández-Melchor et al., 2019).

La competencia física que realiza por el espacio y los nutrientes le permite realizar metabolitos secundarios, siendo eficiente al momento de parasitar directamente degradando la pared celular del huésped o inducir resistencia, pese a que su capacidad antagónica es altamente viable, las cepas nativas son más eficientes que las importadas (Garrido & Vilela, 2019). Se reproducen asexualmente y su ubicación radica con frecuencia en suelos de regiones templadas y tropicales (Machado & Silva, 2013).

Antagonista natural de Fito patógenos como: *Rhizoctonia spp*, *Fusarium spp*, *Pythium spp*, *Botrytis spp*, *Alternaria spp*, *Phytophthora spp*, *Rosellinia spp*, *Armillaria spp* y *Sclerotium spp.*, entre otras (CQ, 2020).

### 1.14.2 Taxonomía

**Tabla 4. Clasificación taxonómica de trichoderma spp. Elaborada por el autor.**

<b>Reino:</b>	<b>Fungi</b>
<b>Filum:</b>	<b>Ascomicetes</b>
<b>Orden:</b>	<b>Hipocreales</b>
<b>Familia:</b>	<b>Hipocreacea</b>
<b>Género:</b>	<b>Trichoderma</b>
<b>Especie:</b>	<b>T. viride</b>

(Martínez et al., 2013) agregaron en su literatura que Persoon introdujo nueve especies: *Trichoderma piluliferum Webster & Rifai*, *Trichoderma polysporum Rifai*, *Trichoderma hamatum (Bon) Bain*, *Trichoderma koningii Rifai*, *Trichoderma aureoviride Rifai*, *Trichoderma harzianum Rifai*, *Trichoderma longibrachiatum Rifai*, *Trichoderma pseudokoningii Rifai* y *Trichoderma viride*. Fueron identificadas por tener diferencias morfológicas y fisiológicas, como tipo de ramificación del conidióforo, forma del conidio, crecimiento y coloración de la colonia, entre otras. *T. viride*, fue una de las primeras especies identificadas únicamente por la rugosidad de la pared del conidio, que presenta dos tipos morfológicamente distintos.

La taxonomía de este género fue considerada complicada y aun en la actualidad su indagación continua, siendo así que de las especies descritas *Trichoderma viride* se conserva, demostrando que identificar este género no es simple (Martínez et al., 2015).

## **1.15 Biofermentos**

Alternativas que se vienen utilizando en América Latina son el uso de biofermentos o biofertilizantes para la recuperación e incorporación de nutrientes al suelo, son abonos líquidos producto de procesos de fermentación de materiales orgánicos (InfoAgro, 2008). Además son productos que contienen una intensa actividad microbiológica, son microorganismos solubilizadores de nutrientes, hongos antagonistas del suelo los cuales logran efectos significativos en el suelo.

### **1.15.1 Modo de elaboración**

Su elaboración es sencilla, casera y de bajo costo, se los realiza con productos propios de las fincas, también se le puede agregar sales minerales que son obtenidas en un almacén de la localidad, buscando como consecuencia un mejor funcionamiento microbiano (Chaves Benavides & Guzmán Díaz, 2009).

*Los materiales necesarios para la elaboración de biofermentos son los siguientes:*

Leche, levadura, melaza, agua, harina de trigo, microorganismos de montaña y las fuentes minerales pueden ser: sodio, sulfato de zinc, sulfato de magnesio, boro, ácido cítrico, sulfato de manganeso (Chaves Benavides & Guzmán Díaz, 2009).

En un tambor de 200 litros se mezclan los ingredientes, al 1% la maleza con agua, luego se va incorporando la leche, levadura, harina de trigo se mezcla bien y al final se agregan los minerales con los microorganismos de montaña, se le coloca una tapa hermética y se deja reposar por alrededor de 30 días (Pacheco et al., 2017).

### **1.15.2 Biofermentado con *Trichoderma***

Es el proceso en el cual los sustratos sólidos o líquidos son descompuestos por microorganismos procariotas y eucariotas en productos altamente valorados útiles para el ser humano (Hernández-Melchor et al., 2019).

#### ***1.15.2.1 fermentación líquida***

Es llevada a cabo en condiciones anaeróbicas o aeróbicas, en condiciones en las que el suministro de aire se puede realizar con un sistema de agitación mecánica, en donde los materiales solubles en agua son utilizados para la reproducción del microorganismo, siendo las más utilizadas melazas y caldo de cultivo con azúcares y sales minerales. *Trichoderma* es considerado un microorganismo anaerobio por lo tanto su crecimiento y reproducción requiere de bajas concentraciones de oxígeno en la fermentación (Hernández-Melchor et al., 2019).



## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Zona del ensayo

El ensayo se realizó en la finca bananera “Los Cambios” en el sector de la ciudadela Lautaro Sánchez ubicada en el Cantón Arenillas, provincia de El Oro cultivada con el clon Cavendish Gigante.

### 2.2 Ubicación Geográfica

Geográficamente se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas:

**Coordenadas:** UTM (Universal Transverse Mercator)

**Datum:** WGS 84 (World Geodetic System 1984)

**Zona:** 17 Sur

**Latitud:** 3°33'0" S

**Longitud:** 80°3'36" W

**Altitud:** 15 msnm

### 2.3 Diseño del Experimento

La finca cuenta con 3 tipos de suelos; franco arcillo limoso, franco arcilloso y franco arenoso, se escogió el lote de 4 ha de suelo arenoso con un diseño completamente al azar, donde se establecieron cuatro unidades de estudio de 10 repeticiones cada uno. Los tratamientos consisten en diferentes dosis de Biocarbón (10gr, 20gr y 30gr), Biol + Trichoderma (100ml) y Fertilizante (100 gr Urea), con un testigo que lleva solo Biol + Fertilizante, detallado en la siguiente tabla:

**Tabla 5.** *Tabla de tratamientos y Dosificación del ensayo*

<b>Tratamiento</b>	<b>Dosis Biocarbón (gr)</b>	<b>Dosis biol + Trichoderma(ml)</b>	<b>Dosis fertilizante (gr)</b>
Tratamiento control (T0)	-	100 ml	100 gr
Tratamiento 1 (T1)	10 gr	100 ml	100 gr
Tratamiento 2 (T2)	20 gr	100 ml	100 gr
Tratamiento 3 (T3)	30 gr	100 ml	100 gr

## **2.4 Hipótesis**

Se plantearon las siguientes hipótesis:

*Hipótesis nula (Ho):* ¿Existe un efecto en el desarrollo vegetativo de las plantas de banano clon Cavendish al aplicar varios tratamientos de biochar + biol en suelos de clase textural franco arenoso?

*Hipótesis alternativa (Ho):* ¿No existe un efecto en el desarrollo vegetativo de las plantas de banano clon Cavendish al aplicar varios tratamientos de biochar + biol en suelos de clase textural franco arenoso?

## **2.5 Parámetros objeto de estudio**

Las variables que se midieron fueron: Número de hojas a la parición, número de hojas a la cosecha (madre), altura, grosor del pseudotallo y número de hojas (hijo), peso, grado y número de manos por racimo cosechado (madre).

*Número de hojas, inicio - final (madre)*

Para contabilizar el número de hojas de la madre, la primera toma fue a la selección de las plantas para cada tratamiento y el dato final se realizó al momento de la cosecha de la planta madre.

### *Peso, grado y número de manos por racimo de la madre*

Se tomaron datos de los racimos de todos los tratamientos el día de la cosecha de la planta madre, utilizando una balanza y un calibrador para lo siguiente (Figura 1).

- Peso de racimo (lb)
- Grado de la última mano
- Número de manos



**Figura 1:** *Peso y calibración del racimo. Fuente: Autor*

### *Altura, Grosor del pseudotallo y número de hojas (hijo)*

Para la toma de altura se realizó con una cinta métrica desde el suelo hasta donde se forma una V entre la última hoja emitida y la hoja cigarro, cada 15 días hasta cuando la planta sobrepasa los 3 metros de alto. Para el diámetro y número de hojas se utilizó la metodología anterior de la planta madre, cada 15 días hasta la parición (Figura 2).



**Figura 2.** *Toma de datos con cinta métrica. Fuente: Autor.*

## 2.6 Recolección de muestras de suelo

Antes de la selección de las plantas para el ensayo, previamente se tomaron muestras de suelo (Figura 3A y 3B) para realizar un análisis en laboratorio para medir los siguientes parámetros: pH, materia orgánica y conductividad eléctrica.

Para ello se tomaron varias muestras aleatoriamente haciendo una calicata de 0 -15 y de 15 - 30 cm de profundidad, 1 kg de suelo en fundas plásticas y varias en cilindros de hierro. Trituradas y tamizadas a 2 mm de espesor.

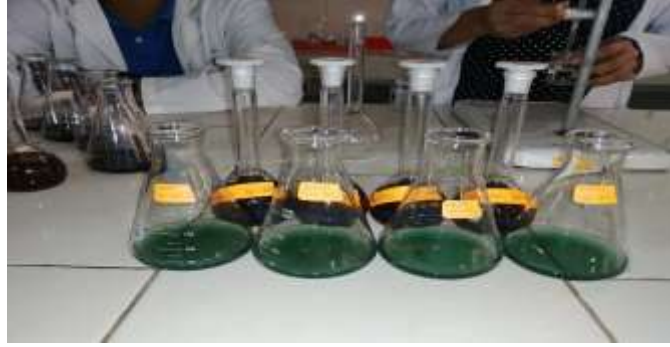


**Figura 3.** a) Toma de muestra en campo, b) Muestra de suelo dentro del cilindro

**Fuente:** Autor

### *Análisis en laboratorio*

Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias. Para medir el pH y conductividad eléctrica del suelo, fue mediante el método del potenciómetro (Álzate Rodríguez et al., 2012). El porcentaje de materia orgánica fue determinado por el método de Walkley-Back (Figura 4), considerado como el más utilizado en el mundo para los niveles de MOS (Barrezueta-Unda et al., 2020).



**Figura 4.** Determinación de materia orgánica por el método de Walkey-Back. **Fuente:** Autor

## 2.7 Recolección y secado de las cáscaras de cacao

Las cáscaras fueron recolectadas en el cantón de Arenillas en el sitio vía Callanca, el total de biomasa fresca que se recolectó fue de 215 lb. Las cáscaras se las esparcieron en el suelo para ser secadas al ambiente alrededor de 15 días, lo que dio luego 28,75 lb de biomasa seca.

## 2.8 Elaboración del horno

La estrategia de trabajo que se utilizó para realizar el horno fue de (Marín Armijos, J., García Batista, R. M., & Barrezueta-Unda, S, 2018), en donde se usó aluminio como material resistente haciendo de ello dos tanques de forma cilíndrica de 70 cm de largo a 40 cm de ancho y otro de 120 cm de largo y 50 cm de ancho (Figura 5A y 5B). Al tanque grande se le hicieron orificios en la parte de abajo para poder introducir la leña (Figura 5C), el recipiente pequeño fue llenado con 7 kg de biomasa seca y el tiempo de quema fue alrededor de 2 horas (Pilcorema et al., 2020).



**Figura 5:** Elaboración de tanque para quemar biomasa **Fuente:** (Pilcorema et al., 2020)

## *Producción de Biocarbón*

Luego de haber elaborado el horno, la función del tanque grande fue de horno y el pequeño como recipiente para la biomasa, posteriormente para obtener el biocarbón a través de la pirólisis lenta se debió mantener el fuego constantemente para que la quema resulte homogénea durando alrededor de 1 h 45 min a 2 horas, luego de eso el material quemado se trituro y se molio varias veces con un molino casero hasta obtener un polvo de biocarbón listo para la aplicación (Figura 6).



**Figura 6:** Incineración de la biomasa y Biocarbón molido **Fuente:** Autor.

## **2.9 Producción de *Trichoderma* spp**

Para obtener los hongos *Trichoderma* la estrategia de trabajo fue tomada del manual de (Troya & Vaca Granda, 2014). La cepa de *Trichoderma spp* se obtuvo de una suspensión comercial de (Bio Fertilizante Orgánico de *Trichoderma*) a una concentración de  $10 \times 10$  UFC (unidades formadoras de colonias) de la empresa FENEC S.A (*Pilcorema et al., 2020*)).



**Figura 7:** Vista de *Trichoderma* en microscopio 100x y caja Petri.  
**Fuente:** Autor



Para la preparación de medios de cultivo, colocar las cepas de *Trichoderma spp* en las cajas Petri con AGAR y 50 % de agua destilada. Luego en la cámara de siembra se procede a dispensar el medio del cultivo para que solidifique cerca del mechero (Figura 8).



**Figura 8:** Solidificación correcta de las cajas Petri. **Fuente:** Autor

Posteriormente se realizó la cocción de arroz en agua destilada por un tiempo de 10 minutos, no cocinar por completo (Figura 9A), luego se llenaron varias fundas de polifan y botellas de vidrio con 120 gr de arroz (Figura 9B y 9C).



**Figura 9:** Cocción, peso y llenado de botellas con arroz. **Fuente:** Autor

Abrir la caja Petri que contiene la cepa de *Trichoderma spp* y con la ayuda de un bisturí flameado cortar un pequeño cuadrado de 0.5x0.5 cm y colocarlos dentro de las botellas y fundas con arroz, sellar y etiquetar (Figura 10A y 10B). La cosecha se realiza luego de 5 a 10 días de incubación.



**Figura 10:** Colocación de la cepa en los recipientes y sellado de los mismos.  
**Fuente:** Autor

## 2.10 Elaboración del Biofermento

En un tanque de 200 litros agregar la cuarta parte de agua para mezclar con 4 litros de melaza, seguido incorporar 4 litros de leche, 1 kg de levadura, harina de trigo y 1 kg alfalfa (opcional), mezclar bien luego aforar el tanque con agua limpia hasta 15 cm abajo del borde, al final incorporar 2 de las botellas de 120 gr de arroz que contienen *Trichoderma spp* tapar bien y dejar fermentar de 8 a 12 días, levantar la tapa periódicamente para eliminar los gases que se producen.

## 2.11 Aplicación de Biocarbón, biol y fertilizante a los tratamientos

Las aplicaciones fueron realizadas a partir del mes de Diciembre del año 2019, la frecuencia de aplicación fueron cada 6 semanas, divididas a 6 aplicaciones hasta Julio del presente año. La aplicación del biol fue al drench 10 cm delante del hijo en la superficie del suelo (Figura 11A) y el biocarbón + fertilizante fueron edáficas a 20 cm delante del hijo formando una media luna (Figura 11B), todo a la vez.



**Figura 11:** a) Aplicación del biol al drench. b) Aplicación de biocarbón + fertilizante.  
**Fuente:** Autor



### III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 3.1 Número de hojas a la cosecha-planta madre

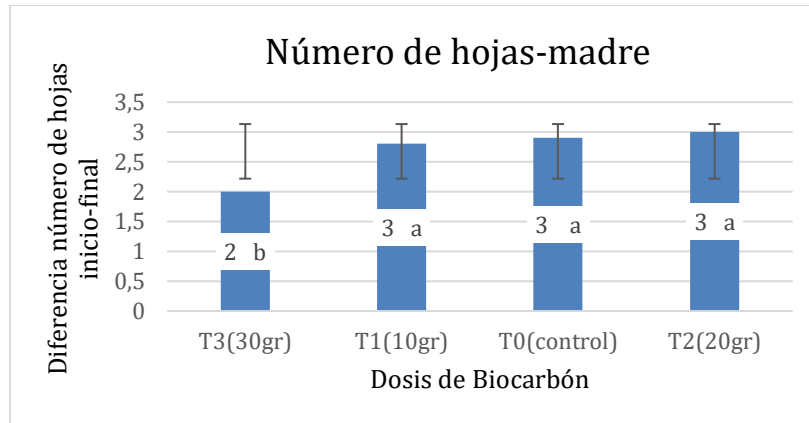
Para determinar si hay diferencias estadísticamente significativas en la variable de número de hoja de la planta al inicio de la investigación y en la cosecha de la planta madre, se realizó un ANOVA de un factor Tabla 6 cuyos resultados indican que no hubo significancia porque los valores son mayores a ( $p=0.05$ ).

**Tabla 6.** ANOVA de un factor de la variable número de hoja inicio-final (madre)

Número de hojas planta madre inicio-final

ANOVA					
	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>gl</i>	<i>Media cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<b>Entre grupos</b>	6,28	3	2,09	2,317	0,092
<b>Dentro de grupos</b>	32,50	36	0,90		
<b>Total</b>	38,78	39			

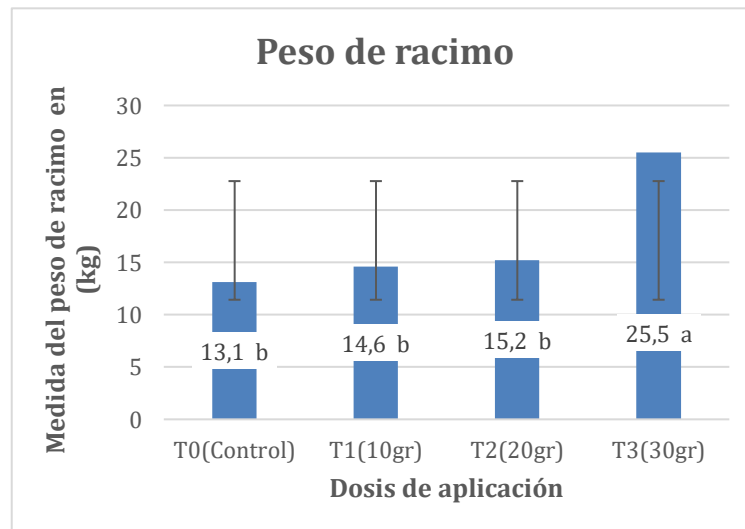
En la Figura 12 muestra un promedio de la variable número de hojas tomadas en la selección y en la cosecha de la planta madre de cada tratamiento, con una prueba de Duncan confirmando que la aplicación de biocarbón no presenta diferencia significativa en la emisión foliar, el valor de  $p$  fue mayor a  $0.05$  demostrando estadísticamente que los tratamiento son homogéneos, teniendo en cuenta que T2 fue de 3 seguido de T0, T1 y T3 con 2 , dando un rango de 1 hoja de diferencia al T3 por lo que no existe diferencia entre ellos.



**Figura 12.** Diferencia de número de hojas a la cosecha (madre)

### 3.2 Peso de Racimo

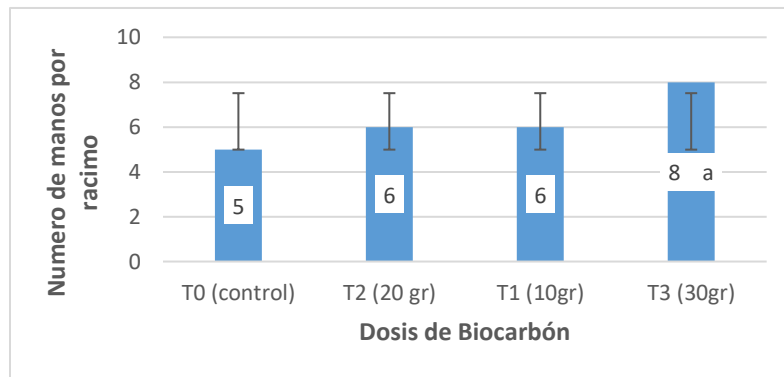
En la Figura 13 nos muestra el peso de los racimos de todos los tratamientos, según el análisis estadístico ANOVA sometidos una prueba de homogeneidad de Duncan ( $p= 0.05$ ), demostrando que si hay diferencia entre ellos; el T3 fue el mejor resultado con (25,5 kg), los demás tratamientos obtuvieron rangos atípicos siendo el T0 (13,1 kg) con menor resultado, la aplicación de biocarbón fue de 30 gr en el T3 brindándole al suelo franco arenoso mayor absorción de nutrientes.



**Figura 13.** Peso de racimo de todos los tratamientos

### 3.3 Número de manos

Los análisis estadísticos de ANOVA, refleja que si hay diferencia significativa entre los tratamientos si el valor de  $p$  es menor a 0.005 mediante una prueba de Duncan, si se observa en la **figura 14** se puede verificar que el Tratamiento que mejor resultó tuvo fue T3 con un racimo con (8) manos seguido de T1, T2 (6) y finalmente T0 que fue el resultado más bajo con (5) manos por racimo.



**Figura 14.** Número de manos por racimo

### 3.4 Altura de planta-hijo

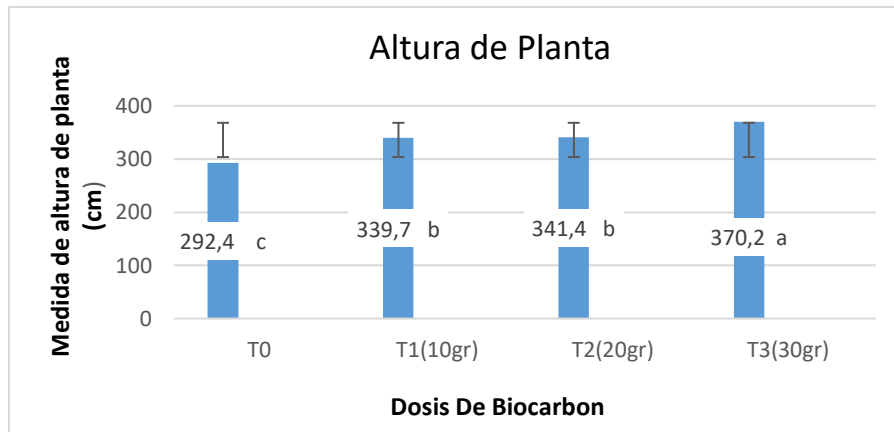
El análisis ANOVA de un factor, determina que si hubo significancia entre los tratamientos que sus valores son menores a ( $p= 0.05$ ) en la variable de altura de planta entre los diferentes tratamientos, según el análisis estadístico (Tabla 7).

**Tabla 7.** ANOVA de un factor de variable altura de planta

Altura de planta (cm)

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Entre grupos</b>	31134,28	3	10378,09	15,980	0,000
<b>Dentro de grupos</b>	23380,50	36	649,46		
<b>Total</b>	54514,78	39			

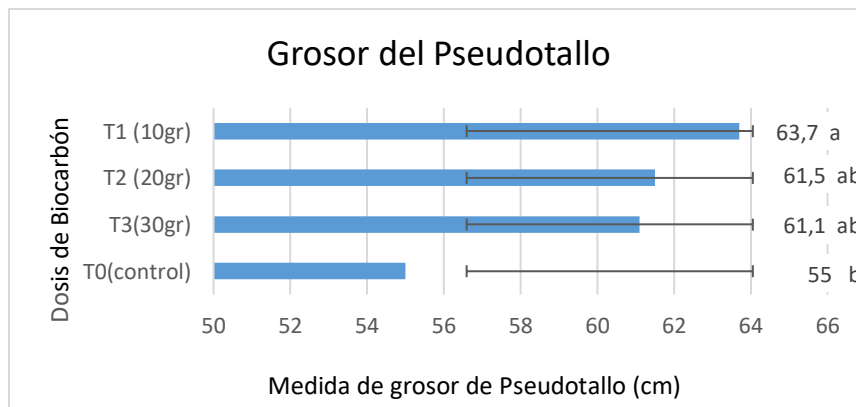
En la Figura 15 muestra los promedios de altura de planta de cada tratamiento y la prueba de homogeneidad de Duncan sí indicó diferencia significativa entre los tratamientos ( $p= 0.05$ ), siendo el T3 que alcanzó una mayor altura con (370,2 cm) y el menor valor que corresponde a T0 con (292,4 cm). La incidencia de la aplicación de biocarbón en el suelo franco arenoso fue mayor en la altura de la planta con el T3 que tuvo mayor dosis.



**Figura 15.** Promedio de altura de plantas por tratamiento.

### 3.5 Grosor del pseudotallo-hijo

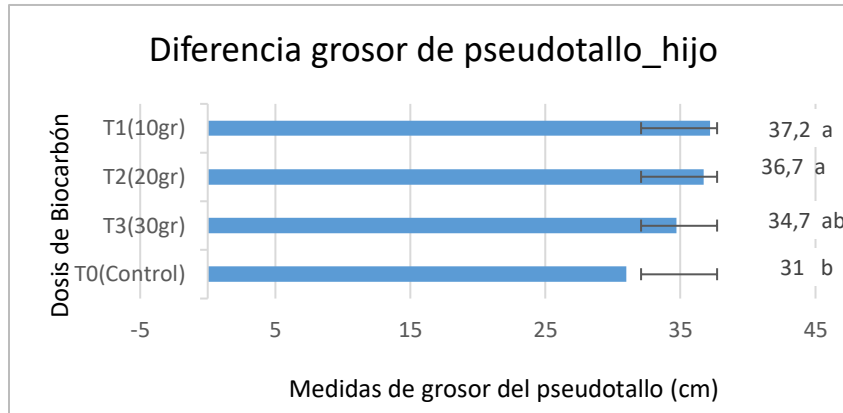
En la Figura 16 nos muestra los rangos del grosor de la planta al final del ensayo en los diferentes tratamientos que fueron sometidos a una prueba de Duncan ( $p=0.05$ ). Los valores indican estadísticamente que en el T1 tuvo diferencia significativa con el mayor promedio de (63,7 cm), el T2 y T3 con rangos de 61,5 y 61,1 respectivamente, siendo T0 que solo llegó a 55 cm de grosor.



**Figura 16.** Rangos de grosor del pseudotallo en los tratamientos (cm)

### 3.5.1 Diferencia Grosor de pseudotallo

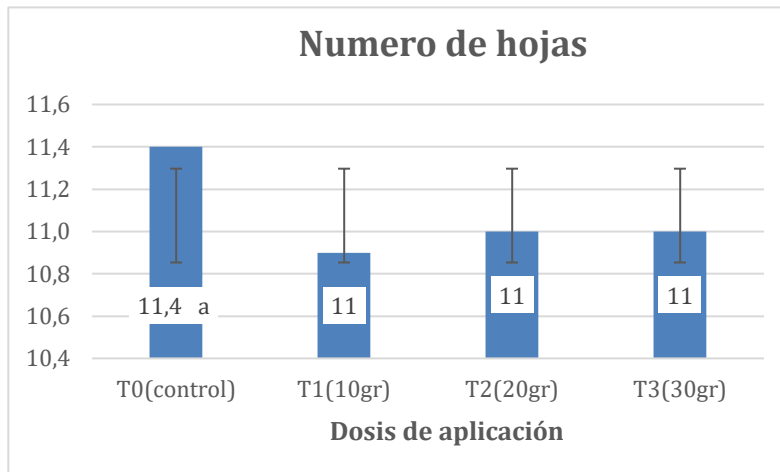
Según los análisis estadísticos basados en la prueba de homogeneidad de Duncan donde sí hubo diferencia significativa ( $p=0.05$ ) entre los tratamientos observando en la (Figura 17) sobre las medidas al inicio y al final del ensayo, donde T1 obtuvo un mayor rango (37,2cm) de diferencia, mientras que T0 su diferencia fue de (31 cm) de crecimiento del grosor del pseudotallo hasta el final.



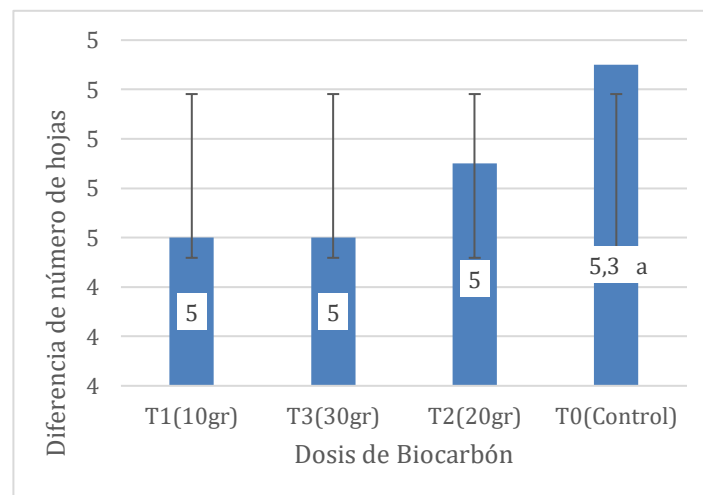
**Figura 17.** Diferencia de grosor del pseudotallo en los tratamientos (cm)

### 3.6 Número de Hojas-hijo

Según el análisis estadístico de ANOVA demuestra que no hubo diferencia significativa ya que el valor de  $p$  excede al 0.05 en los tratamientos, sometidos a una prueba de Duncan ( $p=0.05$ ) observando en la (Figura 18) que el Tratamiento Control T0 obtuvo un valor de 11,4 los demás tratamientos dando resultados homogéneo con un valor de 11 hojas, por lo que no hay diferencia entre ellos. Demostrando que la aplicación de biocarbón no incide en la emisión foliar de los tratamientos. En el rango de diferencia de hojas hasta el brote de la bellota dieron valores homogéneos en los tratamientos como lo demuestra la (Figura 19) en T0 el rango mayor fue de 5,3 y T1, T2 y T3 con 5 hojas dando como resultado la diferencia de 0,3 de los demás tratamientos. Llegando con 11 hojas a la parición en el cultivo de banano orgánico.



**Figura 18.** *Número de hojas a la parición en los tratamientos*



**Figura 19.** *Diferencia de número de hojas hasta la parición*

#### IV. CONCLUSIONES

El Biocarbón de cacao y el biol de trichoderma causó un impacto significativo en el suelo de textura franco arenosa respecto a la absorción de nutrientes y agua, efectos favorables en la altura de la planta de banano, con una dosis de 30 gr de Biocarbón + 100 ml biol con trichoderma y 100 gr de NPK en el T3, atribuyendo que la máxima dosis es conveniente para disminuir la permeabilidad del suelo y mejorar el estado evolutivo del cultivo.

En las características de peso y número de manos por racimo la incidencia también fue favorable en el T3 siendo la máxima dosis aplicada. El peso del racimo fue de 25,5 kg y el número de manos fue de 8 por racimo, demostrando que la dosis de 30 gr de Biocarbón + 100 ml biol con trichoderma y 100 gr de NPK, también favorece al llenado y cuajado de la fruta.

En el diámetro del grosor del pseudotallo el tratamiento de menor dosis T1 con 10 gr de Biocarbón + 100 ml biol con trichoderma y 100 gr de NPK dando un resultado de 63,7 cm de grosor siendo el valor máximo, alegando que la aplicación en baja dosis si ayuda considerablemente al desarrollo de la planta.

En donde no hubo incidencia con la aplicación de biocarbón fue en la emisión foliar, llegando a la cosecha en la planta madre con 6 hojas, con una diferencia de inicio a fin de 1 hoja entre T3 y los demás tratamientos. En la planta hijo los resultados también fueron homogéneos llegando a la parición con 11 hojas, donde T0 fue el mayor resultado obteniendo 11,4 hojas de los demás tratamientos y una diferencia de inicio a fin de 0,3 hojas de los demás tratamientos.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROCALIDAD. (2016). *MANUAL DE APLICABILIDAD DE BUENAS PRACTICAS AGRICOLAS PARA BANANO*. Web.agrocalidad.gob.ec. <http://web.agrocalidad.gob.ec/>
- Agroenfoque. (2015). ACCA: AUMENTANDO LA PRODUCTIVIDAD DE LA TIERRA CON BIOCARBÓN. *Agroenfoque*, 29(198), 51–51.
- Álzate Rodríguez, E. J., Montes Ocampo, J. W., & Escobar Escobar, R. M. (2012). Conditioning pH and temperature sensor for potentiometric titration. *Scientia et Technica*, 17(51), 188–196.
- Arteaga, J., Arenas, E., López, D., Sánchez, C., & Zapata, Z. (2012). BIOFUELS PRODUCTION BY FAST PYROLYSIS OF PALM OIL WASTES (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 10(2), 144–151.
- Aydin, E., Šimanský, V., Horák, J., & Igaz, D. (2020). Potential of biochar to alternate soil properties and crop yields 3 and 4 years after the application. *Agronomy*. <https://www.mdpi.com/>
- Azuero Gaona, B. (2020). *EFECTO DEL BIOCARBÓN Y MICROORGANISMOS EN LA PRODUCCIÓN Y ESTADO FITOSANITARIO DE BANANO ORGÁNICO EN LA PARROQUIA “LA VICTORIA”* (Q. G. J. Nicasio (ed.)) [Ingeniero Agrónomo , Universidad Técnica de Machala ]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec>
- Banana Export. (2019). *La competitividad de las exportaciones de banano afectadas por un exceso de regulación*. Banana Exporta.com. <http://www.bananaexport.com/>
- Barrezueta-Unda, Cervantes-Alava, Ullauri-Espinoza, M., J., B.-L., & Condoy-Gorostiza, A. (2020). EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE IGNICIÓN PARA DETERMINAR MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS DE LA PROVINCIA EL ORO-ECUADOR. *Revista FAVE -*



*Ciencias Agrarias*, 19(2), 12.

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2019). *Los suelos, la agricultura y el cambio climático - Programa Americas*. <http://www.bcn.cl/>

Buste, C. (2019). *Crecimiento de hijuelos de banano (Musa sp.) en respuesta al abonamiento potásico* (P. Freddy Amores (ed.)) [Agrónomo, UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/>

Cabrera, J. B. Z., Guerrero, J. N. Q., & Batista, R. M. G. (2020). La producción de banano en la Provincial de El Oro y su impacto en la agrobiodiversidad. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(3), 189–195.

Castillo, A. G., Puig, C. G., & Cumagun, C. J. R. (2019). Non-Synergistic Effect of *Trichoderma harzianum* and *Glomus* spp. in Reducing Infection of Fusarium Wilt in Banana. *Pathogens*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/pathogens8020043>

Cedeño, J., José, R., González Ramírez, I., Álava Cruz, D., & Meza Loor, M. (2018). Fertilization of banana with nitrogen, phosphorus and potassium in established culture. *Dominio de las Ciencias*, 4(1), 633–647.

Chaves Benavides, A., & Guzmán Díaz, G. (2009). *Elaboración de Biofermentos y su aplicación como abono foliar*. <Http://www.mag.go.cr/>

CQ. (2020). *FICHA TÉCNICA Trichoderma sp.* <Croper-production.s3.amazonaws.com>. <https://croper-production.s3.amazonaws.com/>

Dominguez, M., & Efrain, K. (2019). ESTUDIOS DE SUELOS, NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN EN VARIAS ZONAS BANANERAS DEL ECUADOR. *X Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo*, 14.

Escalante Rebolledo, A., Pérez López, G., Hidalgo Moreno, C., López Collado, J., Campo Alves,

- J., Valtierra Pacheco, E., & Etchevers Barra, J. D. (2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Terra Latinoamericana*, 34(3), 367–382.
- FAO. (2004). *LA ECONOMÍA MUNDIAL DEL BANANO 1985-2002* (P. Arias, C. Dankers, P. Liu, & P. Pilkauskas (eds.)).
- FAOSTAT. (2020). *Cultivos*. Fao.org. <http://www.fao.org/>
- Fernández, A. (2006). *El cultivo del Banano en el Ecuador, 2da Edición* (J. Solórzano (ed.); Vol. 16). Editorial CCC.
- Garrido, M., & Vilela, N. (2019). Capacidad antagónica de *Trichoderma harzianum* frente a *Rhizoctonia*, *Nakatea sigmoidea* y *Sclerotium rolfsii* y su efecto en cepas nativas de *Trichoderma* aisladas de cultivos de arroz. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 199–206.
- Hernández-Melchor, D. J., Ferrera-Cerrato, R., & Alarcón, A. (2019). Trichoderma: AGRICULTURAL AND BIOTECHNOLOGICAL IMPORTANCE, AND FERMENTATION SYSTEMS FOR PRODUCING BIOMASS AND ENZYMES OF INDUSTRIAL INTEREST. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 35(1), 98–112.
- Horák, J., Šimanský, V., Igaz, D., Juriga, M., Aydin, E., & Lukac, M. (2020). Biochar: An Important Component Ameliorating the Productivity of Intensively Used Soils. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(5), 2995–3001.
- Infante, D., Martínez, B., & González, N. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Revista de Protección*. <http://scielo.sld.cu/scielo>.
- INFOAGRO. (2007). *Agricultura. El cultivo del plátano. 1era parte*. Infoagro.com. InfoAgro.
- (2008). *Elaboración de Biofermentos*. [Www.infoagro.go.cr](http://www.infoagro.go.cr).<http://www.infoagro.go.cr/>
- INFOCOMM. (2010). BANANO. *CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE*

*COMERCIO Y DESARROLLO, Ginebra, 201, 23.*

INTAGRI. (2018). Requerimientos de Clima y Suelo para el Cultivo de Banano. *Artículos Técnicos de INTAGRI, 33, 3.*

Karamura, E. B., & Karamura, D. A. (1995). Banana morphology — part II: the aerial shoot. In *Bananas and Plantains* (pp. 190–205). Springer, Dordrecht.

Ladygina, N., & Rineau, F. (2013). *Biochar and Soil Biota*. CRC Press.

Leal, F. P. (2017). FISILOGIA VEGETAL. Perú.

Lecompte, F., & Pagès, L. A. H. O.-L. (2005). Patterns of variability in the diameter of lateral roots in the banana root system. *New Phytologist, 167, 841–850.*

López. M. A, & Espinosa, J. (1995). *MANUAL DE NUTRICIÓN Y FERTILIZACION DEL BANANO (UNA VISION PRACTICA DEL MANEJO DE LA FERTILIZACION )*. International plant Nutrition Institute. <http://nla.ipni.net/>

Machado, D. F. M., & Silva, A. C. F. da. (2013). Trichoderma no controle in vitro de fungos presentes em diásporos de *Gochnatia polymorpha*. *Revista de Ciências Agrárias, 36(2), 182–191.*

Majchrzak-Kuceba, I., & Sołtysik, M. (2020). The potential of biocarbon as CO<sub>2</sub> adsorbent in VPSA unit. In *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* (Vol. 142, Issue 1, pp. 267–273). <https://doi.org/10.1007/s10973-020-09858-7>

Ma'rifah, Y. N., Nata, I. F., Wijayanti, H., Mirwan, A., Irawan, C., Putra, M. D., & Kawakita, H. (2019). ONE-STEP SYNTHESIS TO ENHANCE THE ACIDITY OF A BIOCARBON-BASED SULFONATED SOLID ACID CATALYST. *International Journal of Technology, 10(3), 512–520.*

Marín Armijos, J., García Batista, R. M., & Barrezueta-Unda, S. (2018). Elaboration of biocarbon

- obtained from the husk of cacao and the rachis of banana. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(3), 75–81.
- Martínez Acosta, Ana María, & Cayón Salinas, Daniel Gerardo. (2011). Dinámica del Crecimiento y Desarrollo del Banano (Musa AAA Simmonds cvs. Gran Enano y Valery). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 64(2), 6055–6064.
- Martínez, B., Infante, D., & Peteira, B. (2015). Taxonomía polifásica y variabilidad en el género *Trichoderma*. *Protección Veg*, 30 (Especial), 11–22.
- Martínez, B., Infante, D., & Reyes, Y. (2013). *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Protección Veg*, 28(1), 1–11.
- Matykiewicz, D. (2020). Biochar as an Effective Filler of Carbon Fiber Reinforced Bio-Epoxy Composites. *Processes*, 8(6), 724.
- Pacheco, F., Borrero González, G., & Villalobos Rodríguez, M. (2017). *Evaluación de la calidad bioquímica resultante de biofermentos agrícolas para uso de familias productoras orgánicas (Resumen)* (p. 10). Asociación de Productores Orgánicos de la Zona Norte de Cartago (APROZONOC). <http://agroecologia.org/>
- Pilcorema, S. S., Condoy Gorotiza, A., Morales, P. S., Unda, S. B., & Aguilar, E. J. (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.
- Price, N. S. (1995). Banana morphology — part I: roots and rhizomes. In *Bananas and Plantains* (pp. 179–189). Springer, Dordrecht.
- Salazar, V., Duran, G., & Acosta, A. (2107). El banano y su consumo en el Ecuador. *Revista Publicando*, 4(13), 283–292.
- Sanchez-Reinoso, A. D., Ávila-Pedraza, E. A., & Restrepo, H. (2020). Use of Biochar in

- agriculture. In *Acta Biológica Colombiana* (Vol. 25, Issue 2, pp. 327–338).  
<https://doi.org/10.15446/abc.v25n2.79466>
- Schlegel, M., Ibrahim, B., Rössel-kipping, Ortiz-Laurel, & Frías, J. (2018). BIOCARBON PRODUCTION USING SOLID MATERIAL FROM THE AEROBIC-MICROBIOLOGICAL H. *AGROproductividad*, 11(11), 27–33.
- Simmonds, M., M. A., A I C T, F. L. S., K., & Shepherd, B. S. C. (2008). The taxonomy and origins of the cultivated bananas. *BOTANICAL Journal of the Linnean Society*, 55(359), 302–312.
- Sisalima, P. (2020). *EFFECTOS DE BIOCARBÓN EN UN CULTIVO DE CACAO (THEOBROMA CACAO L.) OBTENIDO A PARTIR DE SU CÁSCARA* (S. B. Unda (ed.)) [INGENIERÍA AGRONÓMICA]. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA.  
*Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 23(3), 117–124.
- Sunshine, F. (2012). *FENOLOGÍA DEL BANANO Ó CAMBUR (Musa AAA) EN VENEZUELA*.  
Sunshineflorio.blogspot.com. <http://www.sunshineflorio.blogspot.com/>
- Toková, L., Igaz, D., Horák, J., & Aydın, E. (2020). Effect of Biochar Application and Re-Application on Soil Bulk Density, Porosity, Saturated Hydraulic Conductivity, Water Content and Soil Water Availability in a Silty Loam Haplic Luvisol. *Agronomy*, 10(7), 1005.
- Torres Guzmán, K. P. (2013). *Experimentación tecnológica de la fibra de banano aplicada en el diseño de objetos* [Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/2641>
- Torres, S. (2012). *Guía práctica para el manejo de banano orgánico en el valle del Chira*.  
Swisscontact.org. <https://www.swisscontact.org/>
- Troya, C., & Vaca Granda, L. (2014). *PROTOCOLO PARA LA REPRODUCCIÓN DE CEPAS NATIVAS DE Trichoderma spp. EN LABORATORIOS ARTESANALES* (Proyecto De

- Innovación Tecnológica Participativa Y Productividad Agrícola PITPPA). Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. <https://mail.google.com/>
- Trujillo, A., A. C. E. V., A. M. C. A., C., M. F. C., & M, A. H. S. (2019). PRODUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE BIOCHAR A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS AVÍCOLAS. In *Revista de la Sociedad Química del Perú* (Vol. 85, Issue 4, pp. 489–504). <https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i4.262>
- Turner, D. W., & Rosales, F. E. (2005). *Banana Root System: towards a better understanding for its productive management* (D. W. Turner & F. E. Rosales (eds.)). Bioversity International.
- Vargas, A., Guillén, C. & Arce, R. (2013). Efecto del manejo del pseudotallo de banano (*Musa AAA*) a la cosecha sobre la planta sucesora. *Revista Agronomía*, 21(2), 19–28.
- Vargas, A., William, W., Morales, M., & Vignola, R. (2017). *PRÁCTICAS EFECTIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE IMPACTOS POR EVENTOS CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE BANANO EN COSTA RICA*. MAG. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/>
- 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), 120–128.
- Vargas Calvo, A., & Cubillo Sánchez, D. (2010). Evaluación de dos modalidades de manejo del pseudotallo después de la cosecha sobre el crecimiento, producción y sanidad de plantas de banano (*Musa aaa*). *Agronomía Costarricense*, 34(2), 287–297.
- 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.
- Vézina, A., & Baena, M. (2014). *Morfología de la planta del banano*. Promusa - Improving the Understanding of Banana. <http://www.promusa.org/>

Villanueva, A., Añazco, C., & Bonisoli, L. (2019). Introducción de marca de banano orgánico en el mercado ecuatoriano. *INNOVA Research Journal*, 5(1), 166–183.

Villarreal-Núñez, J., Pla-Sentis, I., Agudo-Martínez, L., Villaláz-Pérez, J., Rosales, F., & Pocasangre, L. (2013). Índice de calidad del suelo en áreas cultivadas con banano en Panamá. In *Agronomía Mesoamericana* (Vol. 24, Issue 2, p. 301). <https://doi.org/10.15517/am.v24i2.12530>

Violeta. (2010, January 29). *El Banano*. <http://www.florflores.com/el-banano/>

## VI. ANEXO



Anexo 1. Recolección y peso de muestras de suelo

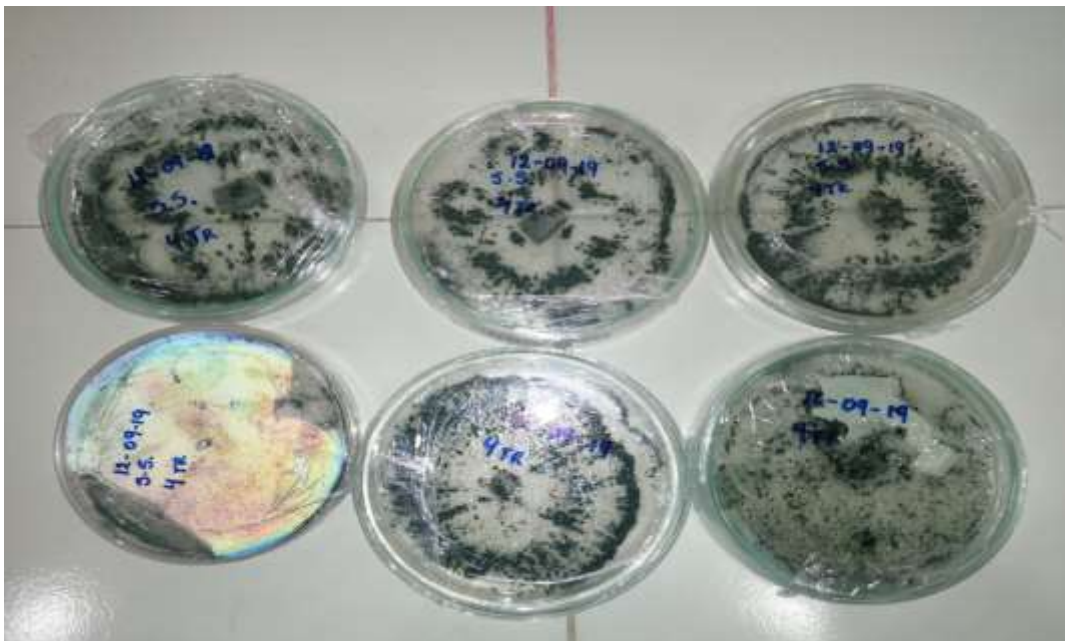


Anexo 2. Análisis de las propiedades químicas de las muestras de suelo





Anexo 3. Elaboración del hongo trichoderma a partir de una cepa comercial



Anexo 4. Multiplicación del hongo trichoderma en el laboratorio de la Facultad



Anexo 6. Mazorcas de cacao secas y elaboración de biocarbón en horno artesanal



Anexo 7. Evaluación de compatibilidad entre *Trichoderma* y biocarbón en el laboratorio





Anexo 8. Dosificación de Biocarbón para aplicación en campo



Anexo 9. Toma de datos de la variable altura en los tratamientos.



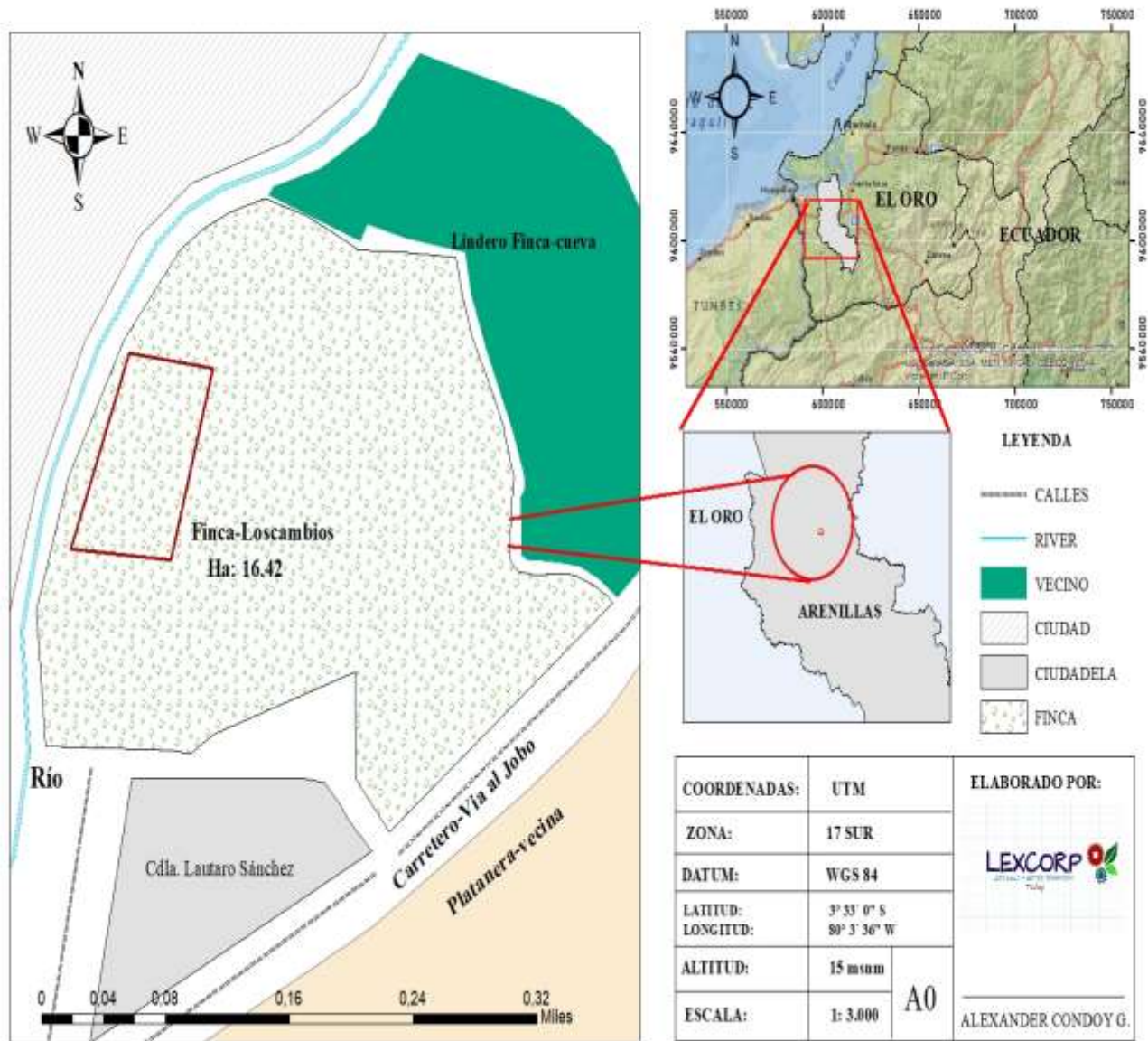
Anexo 10. Aplicación del biol con trichoderma al drench + aplicación de Biocarbón y NPK edáfica.



Anexo 11. Peso de racimos cosechados y calibración de fruta



## MAPA DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA FINCA-LOS CAMBIOS



Anexo 12. Ubicación Geográfica de la Finca “Los Cambios”