



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE DIFERENTES ENMIENDAS EN EL DESARROLLO Y
ESTADO FITOSANITARIO DE MUSAS SPP.**

**LAINES BRAVO KARLA PAULETTE
INGENIERA AGRONOMA**

**PLACENCIO CHAVEZ LUIS ALBERTO
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE DIFERENTES ENMIENDAS EN EL DESARROLLO Y
ESTADO FITOSANITARIO DE MUSAS SPP.**

**LAINES BRAVO KARLA PAULETTE
INGENIERA AGRONOMA**

**PLACENCIO CHAVEZ LUIS ALBERTO
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJOS EXPERIMENTALES

**EFFECTO DE DIFERENTES ENMIENDAS EN EL DESARROLLO
Y ESTADO FITOSANITARIO DE MUSAS SPP.**

**LAINES BRAVO KARLA PAULETTE
INGENIERA AGRONOMA**

**PLACENCIO CHAVEZ LUIS ALBERTO
INGENIERO AGRONOMO**

BARREZUETA UNDA SALOMON ALEJANDRO

**MACHALA
2024**

EFECTO DE DIFERENTES ENMIENDAS EN EL DESARROLLO Y ESTADO FITOSANITARIO DE MUSAS SPP.

por Karla Lainez

Fecha de entrega: 18-jul-2024 11:12a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2418732942

Nombre del archivo: avance_4_de_Proyecto_de_titulacio_n.pdf (1.84M)

Total de palabras: 16781

Total de caracteres: 94773

EFFECTO DE DIFERENTES ENMIENDAS EN EL DESARROLLO Y ESTADO FITOSANITARIO DE MUSAS SPP.

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
2	Submitted to Universidad Nacional de Tumbes Trabajo del estudiante	1%
3	Submitted to Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE Trabajo del estudiante	1%
4	Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD Trabajo del estudiante	<1%
5	Beatriz Gayubas Balaguer. "Función de las proteínas VQ1 y VQ10 codificadas por genes inducibles por hipoxia, óxido nítrico, y estrés oxidativo en la regulación del desarrollo y las respuestas a estrés en Arabidopsis thaliana", Universitat Politecnica de Valencia, 2023 Publicación	<1%

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

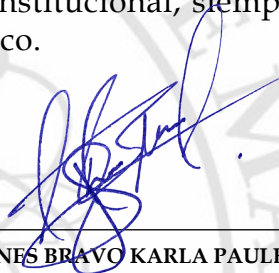
Los que suscriben, LAINES BRAVO KARLA PAULETTE y PLACENCIO CHAVEZ LUIS ALBERTO, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado EFECTO DE DIFERENTES ENMIENDAS EN EL DESARROLLO Y ESTADO FITOSANITARIO DE MUSAS SPP., otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran 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.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen 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.



LAINES BRAVO KARLA PAULETTE

0706256930



PLACENCIO CHAVEZ LUIS ALBERTO

0704521384

UNIVERSITAS
MAGISTRORUM
ET SCHOLARIUM

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación es dedicado a Dios por habernos dado la vida, la voluntad, las ganas y la oportunidad de estudiar. A nuestros padres por siempre estar a nuestro lado, por ser nuestro pilar fundamental a lo largo de nuestra preparación académica, acompañándonos en los buenos y malos momentos de nuestras vidas. A nuestros hermanos que con su constante apoyo nos inspiraron a seguir adelante mostrándonos que todo lo que nos propongamos lo podemos lograr con esfuerzo. A nuestros amigos y personas que se fueron sumando a lo largo de nuestra preparación profesional que siempre nos brindaron su amistad y su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos principalmente a nuestros padres por su amor y apoyo moral en los momentos más difíciles. También expresamos gratitud a nuestros hermanos quienes nos supieron brindar su tiempo para escucharnos y apoyarnos. A nuestros amigos que estuvieron con nosotros en los momentos de estrés, tristezas y alegría durante este largo camino y a las personas que contribuyeron con el desarrollo de nuestro trabajo experimental que nos ayudaron a recopilar datos y a aquellos que nos dedicaron de su tiempo para revisar este trabajo.

Queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a nuestros tutores de tesis Ing. Salomón Barrezueta Unda, Ing. Julio Chabla Carrillo, Ing. Abraham Cervantes Alava por compartir con nosotros sus experiencias, conocimientos, tiempo y su valiosa orientación en todo este proceso.

Nos gustaría agradecer al Sr. Cristian Bueno por habernos abierto las puertas y brindarnos la oportunidad de realizar nuestro trabajo experimental en su finca.

De manera especial Yo, Karla Laines quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi querida mascota Preciosa, quien me brindó su compañía, consuelo y alegría en todo mi proceso de formación profesional. Aunque ya no estés físicamente, tu memoria y amor permanecerán siempre conmigo.

EFFECTO DE DIFERENTES ENMIENDAS EN EL DESARROLLO Y ESTADO FITOSANITARIO DE MUSAS SPP.

Autores:

Laines Bravo, Karla Paulette
Placencio Chávez, Luis Alberto

Tutor:

Ing. Agr. Salomón Barrezueta Unda, Mgs, PhD

RESUMEN:

La investigación llevada a cabo en la finca El Arrozal de la parroquia La Iberia se centra en evaluar la influencia de distintas enmiendas en cuanto al crecimiento y salud de las plantas de banano. El experimento se desarrolla con un diseño experimental DCA dentro de un área de 20 000 m², dividida en cuatro unidades experimentales donde se aplicó tres tratamientos con distintas dosis de Biochar + Silicio Agrícola + *Paecilomyces spp.* y un tratamiento control donde solo se aplicó Biochar + Silicio Agrícola. Los resultados del estudio revelan que, los tratamientos aplicados mostraron un impacto estadísticamente significativo en la mayoría de las variables estudiadas, se identificaron diferencias notables en la disminución de poblaciones de nematodos, sobre todo en *Radopholus* y *Meloidogyne*, además de aumentar significativamente el porcentaje de raíces vivas en las plantas de banano tratadas con *Paecilomyces spp.* y mejorar el crecimiento morfológico. En particular, el Tratamiento 1, que combinó Biochar, Silicio y *Paecilomyces lilacinus*, demostró ser el más efectivo, logrando el mayor incremento en la longitud de circunferencia del pseudotallo, con una media de 48,15 cm. Este tratamiento también fue mejor en cuanto a la altura de la planta con un promedio de 3,22 m. Además, el peso de fruta fue superior, alcanzando una media de 25,48 kg, lo que indica una alta eficacia en la mejora de la productividad. Esto sugiere que los tratamientos aplicados no solo ayudan a controlar plagas, sino que también promueven el vigor general del cultivo.

Palabras clave: Enmiendas, Nematodos, Fitosanidad.

EFFECT OF DIFFERENT AMENDMENTS ON THE DEVELOPMENT AND PHYTOSANITARY STATUS OF MUSAS SPP.

Authors:

Laines Bravo, Karla Paulette

Placencio Chávez, Luis Alberto

Tutor:

Ing. Agr. Salomón Barrezueta Unda, Mgs, PhD

ABSTRACT:

The research carried out at the El Arrozal farm in the parish of La Iberia is focused on evaluating the influence of different amendments on the growth and health of banana plants. The experiment is developed with a DCA experimental design within an area of 20 000 m², divided into four experimental units where three treatments were applied with different doses of Biochar + Agricultural Silicon + *Paecilomyces spp.* and a control treatment where only Biochar + Agricultural Silicon was applied. The results of the study reveal that the treatments applied showed a statistically significant impact on most of the variables studied, with notable differences in the reduction of nematode populations, especially in *Radopholus* and *Meloidogyne*, as well as a significant increase in the percentage of live roots in banana plants treated with *Paecilomyces spp.* and an improvement in morphological growth. In particular, Treatment 1, which combined Biochar, Silicon and *Paecilomyces lilacinus*, proved to be the most effective, achieving the greatest increase in pseudostem girth length, with an average of 48,15 cm. This treatment was also better in terms of plant height with an average of 3,22 m. In addition, fruit weight was higher, reaching an average of 25.48 kg, indicating a high efficacy in improving productivity. This suggests that the treatments applied not only help control pests, but also promote overall crop vigor.

words: *Amendments, Nematodes, Phytosanitary.*

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1 Origen del banano.....	11
2.2 Descripción botánica.....	11
2.3 Morfológica de la planta de banano.....	12
2.3.1 Sistema radical.....	12
2.4.2 Cormo o Rizoma.....	12
2.4.3 Pseudotallo.....	12
2.4.4 Hoja.....	12
2.4.5 Inflorescencia.....	12
2.4.6 Racimo.....	13
2.7 Requerimientos Edafoclimáticos para el cultivo de banano.....	13
2.8 Fenología.....	13
2.8.1 Fase infantil.....	13
2.8.2 Fase juvenil.....	14
2.8.3 Fase reproductiva.....	14
2.9 Valores nutricionales del banano.....	14
2.10 Plagas y enfermedades el cultivo de banano.....	15
2.10.1 Nematodos.....	15
2.11 Enmiendas edáficas.....	17
2.11.1 Biocarbón.....	17
2.11.2 Silicio agrícola.....	18
2.13 Microorganismos eficientes.....	18
2.13.1 <i>Paecilomyces</i> spp.	18

3. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1 Ubicación y caracterización del área experimental	20
3.1.1 Características edafoclimáticas del sitio experimental	20
3.2 Diseño Experimental.....	21
3.2.1 Factor de estudio y tratamientos.....	21
3.2.2 Modelo matemático.....	21
3.2.3 Especificidades del modelo	22
3.3 Variables a medir	22
3.4 Manejo del experimento	23
3.4.1 Conteo de densidad de población en la plantación de banano.	23
3.4.2 Medición de las unidades experimentales	24
3.4.4 Análisis de raíces y nemátodos	25
3.4.5 Análisis de suelos	26
3.4.6 Aplicación de tratamientos edáficos	26
3.4.7 Aplicación de la enmienda de Si + Biochar	27
3.4.8 Registro de datos semanal de las variables altura de planta y circunferencia del pseudotallo.	28
3.4.9 Aplicación de <i>Paecilomyces lilacinus</i>	29
3.5 Procedimiento estadístico	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	31
4.1 Comparación de resultados pre y post aplicación.....	31
4.2 Descripción estadística de las variables y los tratamientos	34
4.2 Verificación de los supuestos de modelo estadístico uticlizado	42
4.2.1 Normalidad de datos.....	42
4.2.2 Homogeneidad de varianzas.....	43

4.3 Determinación de la presencia o no de diferencias estadísticas entre tratamiento	43
4.3.1 Análisis de varianza (ANOVA)	43
4.3.2 Pruebas post hoc.....	44
5. CONCLUSIONES	46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fases fenológicas de una planta de banano.	14
Tabla 2. Tratamientos y cantidades utilizadas en la aplicación.....	21
Tabla 3. Descripción de las variables, unidades, instrumentos, marca y modelo de equipos empleados en las mediciones.....	23
Tabla 4. Comparación en el conteo de nematodos.	31
Tabla 5. Comparación del porcentaje de raíces vivas.....	33
Tabla 6. Estadísticos descriptivos de la variable altura de la planta (m) antes y después de la aplicación de tratamientos.	34
Tabla 7. Estadísticos descriptivos de la variable longitud de circunferencia del pseudotallo antes y después de la aplicación de tratamientos.....	36
Tabla 8. Comparación entre los estadísticos descriptivos del número de hojas a la floración (NHF) y el número de hojas a la cosecha (NHC).....	37
Tabla 9. Estadísticos descriptivos de los tratamientos para la variable Peso de la fruta.	39
Tabla 10. Estadísticos descriptivos de los tratamientos para la variable Número de manos....	40
Tabla 11. Pruebas de normalidad de datos para las variables Altura de la planta, longitud de circunferencia del pseudotallo, Peso del fruto y Número de manos en cada tratamiento.	42
Tabla 12. Prueba de homogeneidad de varianzas para las variables de estudio.....	43
Tabla 13. Análisis de varianza para las variables: Altura de la planta (m); longitud de circunferencia del pseudotallo (cm); Peso del fruto (kg) y Número de manos.	43

Tabla 14. Tabla de Subconjuntos homogéneos de Duncan.	44
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación georreferenciada del área experimental	20
Figura 2. Delimitación de la densidad poblacional en el área de estudio.....	24
Figura 3. Ubicación y medición de parcelas experimentales de 50 x 25m.	24
Figura 4. Selección de las unidades muestrales en cada UE.	25
Figura 5. Muestro de raíces de banano: A. seleccion de la planta, B.- Toma d ela muestra de suelo y raíces, C. muestra ingresada a laboratorio	26
Figura 6. Dosificación de la enmienda: A.- Dosis de Si 91,18 g planta ⁻¹ ; B.- Dosis de Biochar 6,08 g planta ⁻¹ ; C.- dosis del tratamiento mezclado 97,26 g planta ⁻¹).	27
Figura 7. Aplicación de enmienda: A.- preparación de silicio agrícola + Biochar; B.- aplicación de enmienda en media luna.	28
Figura 8. Medición de las variables; A.- Registro de datos; B.-Longitud de circunferencia del pseudotallo; C.- Altura de la planta.	28
Figura 9. Preparación los tratamientos; A- Preparación de medio líquido; B- Dosificación de <i>paecilomyces spp</i> ; C.- Preparación del tratamiento; D.- Aplicación de tratamiento.	29
Figura 10. Gráfico de barra de la comparación entre el conteo de nematodos al inicio y final de la aplicación de tratamientos.	32
Figura 11. Gráfico de barra de la comparación entre los porcentajes de raíces vivas al inicio y final de la aplicación de tratamientos.	33
Figura 12. Gráfico de barra de la comparación entre las medias de la altura de la planta al inicio y final de la aplicación de tratamientos.	35
Figura 13. Gráfico de barra de la comparación entre las medias de la longitud de circunferencia del pseudotallo de la planta al inicio y final de la aplicación de tratamientos.	37
Figura 14. Gráfico de barra de la media del número de hojas a la floración.....	38
Figura 15. Gráfico de barra de la media del número de hojas a la cosecha.	39
Figura 16. Gráfico de barra de la media del peso de la fruta.....	40
Figura 17. Gráfico de barra de la media del número de manos.....	41

1. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de banano ha experimentado un crecimiento significativo, alcanzando 20,2 millones de toneladas en 2019 (FAO, 2020). Ecuador se destaca como el mayor productor y exportador global, enviando aproximadamente seis millones de toneladas métricas anuales, siendo esta actividad crucial para su economía como la segunda fuente de ingresos después del petróleo (León et al., 2020). También, el sector bananero aporta el 2% del PIB total y el 35% del PIB agrícola de Ecuador (Ministerio de Comercio Exterior, 2017), con la mayor concentración de haciendas en la provincia de El Oro (Apolo, 2021).

La producción de banano en Ecuador es esencial para su economía, pero enfrenta desafíos significativos que requieren una gestión adecuada de plagas y enfermedades, así como la implementación de estrategias sostenibles de fertilización y uso de enmiendas orgánicas para asegurar la productividad y sostenibilidad a largo plazo. En este marco es importante resaltar que, para mantener un nivel competitivo de la producción de banano en Ecuador, se tiene que enfrentar desafíos significativos debido a la gestión inadecuada de plagas y enfermedades, entre las cuales destacan la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), el Moko bacteriano (*Ralstonia solanacearum*), el Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. cubense) y también, varias especies de nematodos (Vegas, 2013). Los nematodos fitoparásitos, como *Radopholus similis*, son particularmente destructivos para el sistema radicular del banano, causando pérdidas económicas de hasta el 50% en condiciones locales (Marín et al., 2002; Vargas et al., 2015).

Para combatir estos problemas, se están desarrollando agentes de control biológico (ACB) como hongos nematófagos, que muestran eficacia en el control de nematodos con un impacto ambiental mínimo (Quevedo et al., 2022). *Paecilomyces lilacinus* es un hongo de suelo que regula significativamente las poblaciones de nematodos, estimulando el desarrollo de las plantas al parasitar los huevos de nematodos y destruyendo sus embriones (Lora y Betancourth, 2008).

La fertilización y las enmiendas orgánicas son cruciales para mejorar la productividad y sostenibilidad del cultivo de banano. El biocabon o biochar, obtenido mediante pirólisis de materiales orgánicos, mejora la estructura y propiedades del suelo, incrementando la absorción

de nutrientes, reteniendo agua, aumentando la biodiversidad microbiana y ayudando a mitigar el cambio climático (Escalante & Pérez, 2016). La combinación de biochar con silicio optimiza la absorción de fósforo, proporciona resistencia a enfermedades fúngicas, aumenta la tolerancia a la sequía y reduce la toxicidad por exceso de metales, contribuyendo a un crecimiento robusto y mayor productividad agrícola (Michajluk, 2019).

Objetivo General

Evaluar el efecto de diferentes enmiendas de biochar + SiO₂ incluyendo la aplicación de *Paecilomyces lilacinus*, en el desarrollo y el estado fitosanitario de *Musa spp.*, mediante un ensayo en campo para el control de nematodos y calidad de sistema radicular.

Objetivos Específicos

- Cuantificar la población de nematodos en el sistema radicular del cultivo de banano aplicado con biochar + SiO₂ y *Paecilomyces spp.*
- Medir el porcentaje de raíces vivas en el cultivo de banano donde fue aplicado biochar + SiO₂ y *Paecilomyces spp.*
- Comparar variables de crecimiento morfológico de las plantas madre e hijo del cultivo de banano.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Origen del banano

El banano es una planta herbácea que tiene sus orígenes en el sureste del continente asiático, específicamente en Malasia. Se estableció un cultivo en esta región, y se estima que las primeras culturas comenzaron a propagarlo hace aproximadamente diez mil años. Durante el siglo XVI, el cultivo de banano se introdujo en el continente americano durante el período de migración de personas europeas hacia el Nuevo Mundo, según Ritchie en su libro “comida y civilización” El cultivo del banano fue introducido por el fraile misionero Tomás Berlanga en los territorios de las Islas Canarias, extendiéndose posteriormente hacia la isla española, conocida actualmente como República Dominicana y Haití (Carreño & Portilla, 2020).

En la actualidad, los cultivos de banano se encuentran presentes en varios países de Latinoamérica y el mundo. El banano más reconocido es el Cavendish, que es exportado y consumido a nivel global. (Ibisi & Asoluka., 2018).

2.2. Descripción botánica

La planta de banano se la considera una hierba gigante monocotiledónea de tipo C3 de gran tamaño, su fruto es rico en hidratos de carbono, se presenta en racimos compuestos por dedos, que son la parte utilizada. La planta se divide en dos secciones principales: la inferior, que incluye el corno o rizoma, las raíces y los hijuelos, también llamados retoños; y la superior, que consiste en el pseudotallo, que puede alcanzar hasta seis metros de altura, además de las hojas y el racimo. (Tirado Vera & Zalazar Rosado., 2018).

El banano, perteneciente al reino *Plantae*, se clasifica dentro de la división *Magnoliophyta* y la clase *Liliopsida*. Este cultivo se encuentra en el orden *Zingiberales* y es miembro de la familia *Musaceae*. Dentro de esta familia, el género *Musa* incluye numerosas especies de importancia económica, siendo una de las más destacadas *Musa × paradisiaca*. Este nombre científico se refiere a un híbrido comúnmente conocido como banano, ampliamente cultivado en regiones tropicales y subtropicales del mundo (Suárez, 2019).

2.3. Morfológica de la planta de banano

2.3.1. Sistema radical

El sistema radicular del banano, compuesto por raíces primarias y secundarias, disminuye su producción después de la floración. Las raíces primarias, de 5 a 8 mm de diámetro, pueden alcanzar 3 metros de longitud y profundizar hasta 1,5 metros, distribuyéndose en capas de 30 a 40 cm. La planta regenera eficazmente sus raíces perdidas por nematodos, insectos y patógenos. Inicialmente blancas y blandas, las raíces se vuelven amarillas y duras con el tiempo, con una penetración limitada y distribución influenciada por la textura y composición del suelo (Aguilar-Ancota et al., 2021).

2.4.2. Cormo o Rizoma

El cormo o rizoma del banano es un tallo subterráneo que crece de manera horizontal. Esta estructura es fundamental para la planta, ya que de ella se originan las raíces que se expanden en el suelo y los brotes nuevos que eventualmente se desarrollarán en nuevas plantas. El rizoma del banano funciona como un reservorio de nutrientes y agua, asegurando así el crecimiento saludable y la propagación de la planta (FAREZ & PINEDA, 2023).

2.4.3. Pseudotallo

El pseudotallo del banano, formado por vainas foliares superpuestas, es carnoso y lleno de agua, proporcionando rigidez y flexibilidad para soportar racimos de hasta 50 kg. Su altura varía según la variedad, siendo algunas más altas y robustas y otras más cortas. Esta estructura es esencial para sostener el peso significativo de los racimos (Domínguez, 2021).

2.4.4. Hoja

La hoja es el principal órgano fotosintético de la planta. Este órgano se desarrolla en el meristemo situado en la parte superior del cormo. Durante su formación, se desarrollan el pecíolo y la nervadura central, y la hoja emerge enrollada como un cigarro. La superficie superior de la hoja se llama adaxial y la inferior se llama abaxial (Gómez, 2008).

2.4.5. Inflorescencia

La inflorescencia incluye dos tipos de flores: las flores femeninas pistiladas, que son las primeras en emerger y se desarrollan en nódulos donde se forman las manos del fruto. A medida

que el fruto crece, surgen las flores masculinas unisexuales, localizadas en la parte distal de la inflorescencia (Niola, 2021).

2.4.6. Racimo

El racimo, un fruto sin semillas, se forma a partir de los ovarios de las flores pistiladas. En los nódulos, las manos del racimo se desarrollan como fruto, transformando las paredes del ovario en una masa parenquimatosa rica en azúcares y almidón. Se cosecha cuando alcanza su madurez fisiológica, aún verde, con un calibre de 38 a 46, según las condiciones climáticas y el tiempo desde el enfunde del racimo (Pasiche, 2018).

2.7 Requerimientos Edafoclimáticos para el cultivo de banano

El cultivo óptimo del banano requiere condiciones específicas. La altitud ideal se encuentra entre 1 y 300 metros sobre el nivel del mar, proporcionando el ambiente necesario para un desarrollo y producción óptimos (AGROCALIDAD, 2014). El suelo debe tener una textura que varíe entre franco arenosa, franco arcilloso y franco limoso, con menos del 40% de arcilla, un contenido de materia orgánica del 2 al 5%, buen drenaje y un pH entre 5 y 7 (Caicedo et al., 2021; Santa Cruz de León & Santa Cruz de León, 2020; Padovan et al., 2022; Quichimbo, 2014). La precipitación necesaria oscila entre 1000 y 2000 mm/año, siendo esencial el riego durante la temporada seca (SICA, 2008). La humedad relativa óptima es del 80 al 82%, ya que valores superiores al 95% aumentan significativamente el riesgo de enfermedades (Hernández, 2005; Jaramillo, 2016). Se requieren de 3 a 5 horas diarias de sol brillante, totalizando aproximadamente 1200 horas anuales, para la fotosíntesis y el desarrollo adecuado de los frutos (Pereira, 2021). La temperatura ideal para el cultivo es entre 18,5°C y 35,5°C, con un manejo adecuado del riego para evitar estrés por calor a temperaturas superiores a 40°C (Arata, 2022).

2.8 Fenología

2.8.1. Fase infantil

La etapa infantil del banano comienza con la germinación del cormo, produciendo retoños que dependen de la planta madre. A los tres meses, el hijo alcanza una altura promedio de 50 cm, con hojas escuamiformes y pardas, desarrollando entre 7,5 y 12,5 hojas. Cuando las hojas alcanzan los 10 cm de ancho, se consideran hojas F10 y los retoños se vuelven independientes. Esta fase dura 104 días. (Arboleda, 2019).

2.8.2. Fase juvenil

La fase juvenil del banano comienza con la aparición de la hoja F10 y se caracteriza por el desarrollo de nuevas hojas hasta la aparición de la hoja Fm, que marca el inicio de la fase autónoma. Durante esta etapa, la planta adquiere características similares a la planta madre y puede ocurrir entre la hoja 13 y 20. La hoja Fm aparece de 10 a 50 días antes de la cosecha de la planta madre, y esta fase dura 91 días (Vargas, Watler, Morales, & Vignola, 2017).

2.8.3. Fase reproductiva

La etapa morfológica final del banano, marcada por la aparición de las hojas Fm, representa el período desde el cual comienza la diferenciación de las flores hasta la cosecha del fruto. Al inicio de esta fase, la planta ha perdido todas sus hojas, pero solo ha crecido aproximadamente a la mitad de su tamaño final. Esta etapa se divide en dos subetapas: de Fm 10 a F, que abarca aproximadamente 125 días, incluyendo el período de floración; y de F a C, que dura alrededor de 84 días hasta la cosecha del fruto (Arboleda, 2019).

Tabla 1. Fases fenológicas de una planta de banano.

Fase	Fase infantil	Fase juvenil		Frase reproductiva		
		F10	Fm	Parición	Llenado	Cosecha
Madre	Y	F10	Fm	Parición	Llenado	Cosecha
Días acumulados	50-100	150	200	300	350	400
Promedio fase (días)	104	91	116	132	77	98
Promedio altura de la planta (cm)	135.5	237.12	250	300
Retorno (hijo)			Y	F10	Fm	Parición
Promedio fase (días)			104	91	116	132

Fuente: (Barrezueta-Unda et al., 2022)

2.9. Valores nutricionales del banano

El banano es una fruta altamente nutritiva, caracterizada por su alto contenido de carbohidratos en forma de almidón. En una porción comestible de 100g de banano maduro, se encuentran aproximadamente 90 calorías, de las cuales provienen de 70g de agua, 0,3g de grasa,

27g de carbohidratos, 1,2g de proteína y 0,5g de fibra. Además, el banano maduro es rico en minerales, incluyendo magnesio (30-35 mg/100g), potasio (385-500 mg/100g), fósforo (22-30 mg/100g), calcio (3-8 mg/100g), hierro (0,42-0,6 mg/100g) y zinc (0,18 mg/100g). También es una buena fuente de vitaminas, como vitamina C (10-20 mg/100g), riboflavina (0,04-0,07 mg/100g), ácido pantoténico (0,26 mg/100g) y piridoxina (0,51 mg/100g) (Hapsari & Lestari, 2016).

2.10. Plagas y enfermedades el cultivo de banano

El cultivo del banano enfrenta serias dificultades debido a diversas plagas y enfermedades que causan graves daños y reducen la producción. Entre las enfermedades más importantes se incluyen la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), el Moko (*Ralstonia solanacearum*), la pudrición acuosa del pseudotallo (*Dickeya chrysanthemi*) y el Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* y *Fusarium sp. cubense*). Además, las plagas como el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), el picudo rayado (*Metamasius hemipterus*), los nematodos (*Radopholus similis* y *Helicotylenchus multicinctus*), la mosca blanca espiral (*Aleurodicus floccissimus*) y el trips de la mancha roja (*Chaetanaphothrips signipennis*) también son cruciales. Manejar estos problemas fitosanitarios de manera integral es fundamental para asegurar la viabilidad del cultivo de banano (Roderick et al, 2016).

2.10.1. Nematodos

- ***Radopholus Similis*:**

Es un nematodo fitoparásito que se alimenta de las raíces y cormos de bananos y plátanos a nivel global, impactando negativamente el crecimiento y desarrollo de estos cultivos y provocando pérdidas en la producción que varían entre el 20 y el 100%. Como estas musáceas han sido tradicionalmente propagadas de forma asexual mediante colinos ("cormos") o cepas ("rizomas"), y dado que este fitonematodo penetra y se desplaza dentro de las células de las raíces y los cormos, el intercambio de material de siembra infectado se ha convertido en el principal método de su propagación en todo el mundo (Guzmán, 2011).

La distribución de *R. similis* depende de sus preferencias de temperatura, que oscilan entre 24 y 32°C, siendo su reproducción óptima alrededor de 30°C y deteniéndose si la

temperatura es menor de 16-17°C o supera los 33°C. Este nematodo endoparásito migratorio completa su ciclo de vida en 20-25 días dentro de los tejidos de la raíz y el rizoma. Las hembras juveniles y adultas son móviles y pueden abandonar la raíz en condiciones adversas, mientras que los estadios migratorios en el suelo pueden invadir fácilmente raíces sanas. Presenta dimorfismo sexual, con machos no parásitos debido a un estilete atrofiado (Meneses, 2003).

La penetración ocurre preferentemente cerca del ápice radical, aunque puede invadir cualquier parte de la raíz. Durante su migración ínter e intracelular, se alimenta del citoplasma y las células del parénquima cortical, destruyendo paredes celulares y causando cavidades y túneles que se necrosan y pueden extenderse a toda la región parenquimática, aunque raramente penetra el cilindro vascular (Meneses, 2003).

- *Helicotylenchus spp*

Está presente en todas las regiones donde se cultivan bananos y plátanos. En las áreas tropicales donde *R. similis* se encuentra, *H. multicinctus* es de importancia secundaria. Sin embargo, en áreas subtropicales donde *R. similis* es raro o no está presente, *H. multicinctus* puede ser el principal problema nematológico del cultivo (McSorley, 1994).

Se alimentan de las células externas de la corteza de la raíz, produciendo pequeñas lesiones necróticas. El desarrollo de las lesiones radiculares causadas por *Helicotylenchus multicinctus* es lento en comparación con las producidas por *Radopholus similis*. Las lesiones en las raíces primarias son superficiales, pequeñas y numerosas, con líneas de color rojizo a negro; sin embargo, en infestaciones intensas, estas lesiones pueden también encontrarse en el cormo. Los efectos de *H. Multicinctus* en el banano y el plátano pueden provocar el retraso del crecimiento de las plantas, la reducción del peso del racimo y la disminución de la vida productiva de la plantación. Además, el volcamiento puede ocurrir en situaciones de infestaciones severas (Campos, 2021).

- *Prathylenchus coffeae.*

Es el nematodo más ampliamente distribuido e importante en las zonas altas de África y el más peligroso para el banano. Este nematodo se encuentra distribuido en los trópicos de América del Sur y Central, y parece estar más asociado con el plátano (Gowen, 1994).

Conocidos como los nematodos de la lesión, causan daños similares a los producidos por *R. Similis*: retraso en el crecimiento de las plantas, prolongación del ciclo vegetativo, reducción del tamaño y número de hojas, disminución del peso del racimo, reducción de la vida productiva y volcamiento de plantas. Las raíces fuertemente infestadas por *Pratylenchus coffeae* presentan necrosis negra o púrpura en el tejido epidérmico y cortical, a menudo acompañada de podredumbre secundaria y ruptura de la raíz. Necrosis similares pueden observarse en las partes externas del corno (Bridge & Page, 1984).

2.11 Enmiendas edáficas

2.11.1. Biocarbón.

El biocarbón es un material altamente carbonizado y resistente que se produce mediante el proceso de pirólisis, el cual descompone la biomasa a temperaturas superiores a 300 °C en un entorno con poco o ningún oxígeno. Este proceso resulta en un material con baja densidad aparente, alta porosidad y una elevada superficie específica, lo que le confiere una alta capacidad de intercambio catiónico. Además, el biocarbón actúa como un abono altamente alcalino, lo que puede beneficiar la calidad del suelo al aumentar su pH. Esto lo hace útil como enmienda para mejorar la productividad de los cultivos (Meyer, et al., 2018; Jindo, et al., 2020).

Los biocarbones presentan una diversidad de grupos funcionales, entre los que se incluyen hidroxilo, carbonilo, carboxilo, éter, éster, sulfónico, alifático, fenólico y aromático. Sin embargo, se ha observado que los grupos funcionales enriquecidos con carbono, como los grupos carbonilo y carboxilo, poseen una mayor capacidad de intercambio catiónico. Esta característica les permite no solo ofrecer una mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas, sino también la capacidad de inmovilizar metales pesados como el cadmio o el plomo, lo que resulta fundamental para reducir su impacto en el medio ambiente y evitar su absorción por parte de los cultivos, garantizando así la seguridad alimentaria y la salud del suelo (Jindo, et al., 2020).

Los biocarbones derivados de los residuos de la cosecha del banano representan una alternativa viable no solo como enmienda para suelos degradados, sino también para abordar problemas de compactación y bajos niveles de materia orgánica. Además de mejorar la estructura del suelo, el uso de biocarbón puede potenciar el desarrollo de las plantas de banano, ofreciendo un medio más propicio para su crecimiento y productividad (Sial, et al., 2019).

2.11.2. Silicio agrícola

El silicio (Si) tiene un efecto positivo en el crecimiento de ciertas plantas, por lo que se considera beneficioso para algunas de ellas. Se absorbe en forma de ácido monosilícico H_4SiO_4 y es transportado por la xilema, donde es distribuido en los diferentes órganos de la planta involucrados en su desarrollo. El silicio puede mejorar la resistencia de las plantas a factores bióticos y abióticos, como patógenos, insectos, y estrés por sequía o salinidad (Acosta, 2017; Peña & Galecio, 2019).

Al aplicar fertilizantes que contienen silicio, se produce un doble efecto sobre el sistema suelo-planta. En las plantas, fortalecen los mecanismos de protección contra enfermedades y condiciones climáticas desfavorables, mientras que, en el suelo, los tratamientos con silicio optimizan biogeoquímicamente la fertilidad del suelo, mejorando sus propiedades físicas, químicas e hídricas. Esto, a su vez, favorece la asimilación de nutrientes por parte de las plantas, lo que contribuye a mejorar su crecimiento y desarrollo (SEPHU, 2009).

El silicio ejerce múltiples funciones vitales en el desarrollo vegetativo de las plantas. Entre sus roles principales se destaca la formación de fitolitos en las paredes celulares, lo cual contribuye al engrosamiento y refuerzo estructural de dichas paredes. Además, el silicio incrementa la resistencia de las plantas frente a insectos fitófagos mediante la creación de una barrera física. Este elemento también facilita la mitigación de la toxicidad causada por metales como Al, As, Cd, Fe y Mn. Además, el silicio mejora la tolerancia de las plantas a temperaturas extremas, ya sean elevadas o bajas. Finalmente, este mineral juega un papel crucial en el soporte de los efectos nutricionales, particularmente en situaciones de exceso de N o deficiencia de P, asegurando así el equilibrio nutricional óptimo para el crecimiento saludable de las plantas (Michajluk, 2019).

2.13 Microorganismos eficientes.

2.13.1 *Paecilomyces* spp.

Paecilomyces lilacinus: Es un hongo filamentoso anamórfico que forma colonias de tonalidades violáceas, con un reverso de color incoloro a vináceo. Es un organismo heterótrofo y aerobio, cuya pared celular está compuesta de quitina. Presenta un crecimiento rápido y puede utilizar una amplia variedad de sustratos complejos, como celulosa, quitina, pectina y almidón,

como fuentes de carbono. Muchas cepas de este hongo crecen eficientemente tanto en medios sólidos como líquidos, y pueden adaptarse a un amplio rango de temperaturas. Además, son relativamente tolerantes a bajos niveles de humedad y tienden a prosperar en suelos ácidos (Thom, 1974).

Este organismo actúa como un agente de control biológico contra varios géneros de nematodos y algunos insectos, como la mosca blanca y el chinche. Es especialmente eficaz contra nematodos de los géneros *Meloidogyne*, *Pratylenchus* y *Radopholus* (Thom, 1974).

Según (Thom Samson, 1974) la clasificación taxonómica es la siguiente: pertenece al Reino Fungi, dentro de la División Ascomycota. Está clasificado en la Clase Eurotiomycetes, Orden Eurotiales, y Familia Trichocomaceae. El Género es *Paecilomyces* y la especie es *lilacinus*. Esta clasificación sitúa a *P. lilacinus* dentro de un grupo de hongos con características morfológicas y genéticas específicas que le permiten desempeñar un papel importante en el control biológico de nematodos.

El hongo parasita los huevos y larvas de nematodos, provocando deformaciones, vacuolizaciones y pérdida de movimiento mediante la acción de enzimas líticas. Esto resulta en la destrucción de los ovarios y una reducción en la eclosión. El hongo es capaz de penetrar los huevos, crecer en su interior y destruir el embrión, llevándolo a la muerte (Monzon, 2010).

El hongo *Paecilomyces lilacinus* actúa parasitando los huevos de nematodos en sus etapas juveniles y adultas. Durante la fase inicial de este proceso, no se produce ninguna toxina. El contacto de las esporas de *Paecilomyces lilacinus* con los nematodos desencadena la infección, ya que encuentran condiciones óptimas para germinar. Las esporas generan enzimas que disuelven la cutícula del nematodo y permiten la penetración al interior del mismo, las *Paecilomyces lilacinus* reduce las poblaciones de nematodos y la formación de nódulos en el sistema radicular. Las raíces nuevas presentan baja nodulación y un bajo porcentaje de áreas necrosadas (Avilac; Umaña ,2010).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación y caracterización del área experimental

La presente investigación se realizó en la finca “El Arrozal”, ubicada en la parroquia rural La Iberia, a 4 km de la cabecera cantonal de El Guabo en la orilla derecha del río Jubones, en la provincia de El Oro, dentro de las coordenadas 3°15'10" de latitud Sur y 79°52'32" de longitud Oeste a una altitud de 16 metros sobre el nivel del mar (Figura 1).

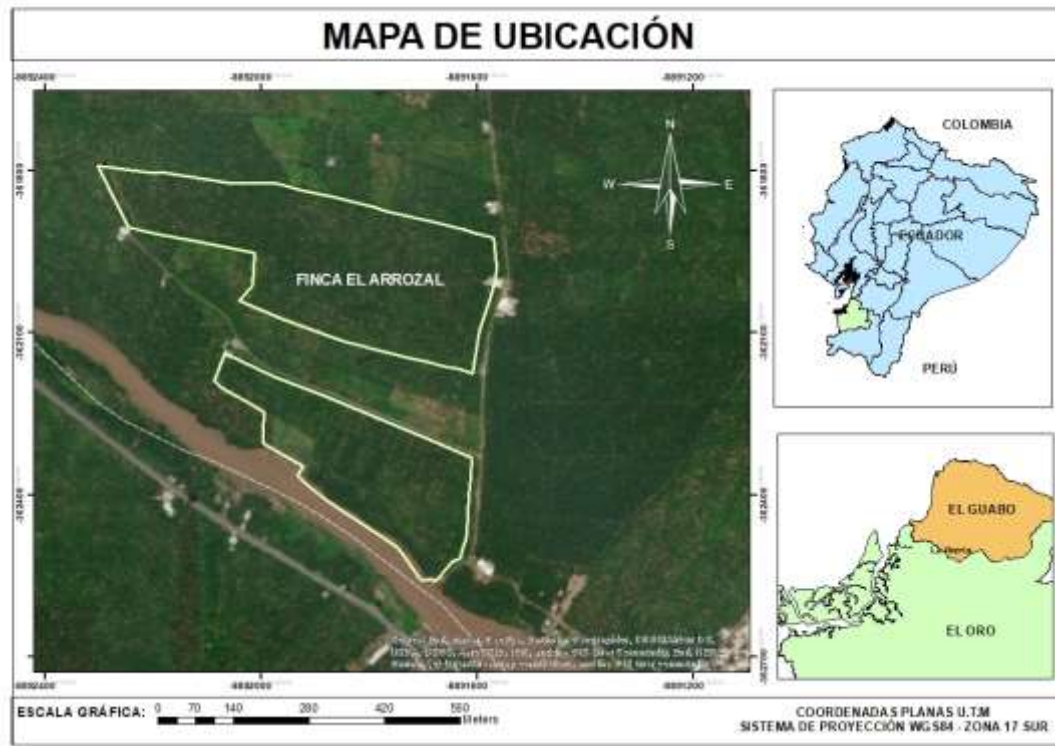


Figura 1. Ubicación georreferenciada del área experimental

3.1.1 Características edafoclimáticas del sitio experimental

El suelo en esta área presenta una clase textural franco arcillosa y se forma a partir de sedimentos aluviales. Se encuentran definidas las dos épocas del año la lluviosa y la poca lluviosa, presenta un clima Tropical Mega térmico Semi – Árido. La temperatura media anual de la parroquia es de 22 a 26 °C (Calle, 2014).

Previo al inicio de la parte experimental se llevó a cabo un análisis del suelo con el fin de conocer sus propiedades fundamentales. Los resultados obtenidos revelaron un pH de 5.6, una conductividad eléctrica (C.E.) de 0,92 dS/m. Además, se determinó que la materia orgánica presente en el suelo del 2.76%.

3.2 Diseño Experimental

El presente trabajo de investigación experimental de carácter cuantitativo se lo aplicó en un diseño completamente al azar (DCA) cuyo esquema completamente al azar es usado en la investigación de la influencia de un factor de estudio con cuatro versiones (tratamientos), una repetición y con seis variables de estudio, el manejo de la parcela fue de manera homogénea al resto de la finca.

3.2.1 Factor de estudio y tratamientos

El factor de estudio fue la aplicación de enmiendas y *paecilomyces spp* de forma edáfica en el cultivo de banano, el mismo que se fracciona en los tratamientos: T1, T2, T3, T4 (Tabla 2).

Tabla 2. Tratamientos y cantidades utilizadas en la aplicación

Identificación	Tratamientos	Dosis (g planta ⁻¹)
T1	Biochar + Silicio Agrícola + paecilomyces spp	97,26 g planta ⁻¹ – 0,12 g planta ⁻¹
T2	Biochar + Silicio Agrícola + paecilomyces spp	97,26 g planta ⁻¹ – 0,09 g planta ⁻¹
T3	Biochar + Silicio Agrícola + paecilomyces spp	97,26 g planta ⁻¹ – 0,06 g planta ⁻¹
T4	Biochar + Silicio agrícola	97,26 g planta ⁻¹

3.2.2 Modelo matemático

El modelo matemático de un diseño completamente aleatorio (DCA) puede expresarse como:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = es la observación de la j -ésima unidad experimental que recibe el i -ésimo tratamiento.

μ = es la media general de todas las observaciones.

τ_i = es el efecto del i -ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} = es el error aleatorio asociado con la observación Y_{ij} .

3.2.3 Especificidades del modelo

- Tratamientos: 4
- Réplicas: 1
- Unidades experimentales (UE): 4
- Unidades muestrales por UE: 15
- Total, de muestras: 60 plantas

El diseño experimental se realizó en un área de 20000 m², donde se dividió en 4 partes para colocar cada unidad experimental (UE) (500 m²); y considerando una separación de 16 m entre cada UE, se estableció un área neta de trabajo de 25 m de ancho por 50 m de largo para cada UE.

3.3 Variables a medir

Las variables dependientes objeto de evaluación comprenden aspectos relacionados con las medidas biométricas tal como se indica en la tabla 4.

Formas de medición de las variables:

- **Medición de la altura de la planta:** Para este procedimiento se utilizó un flexómetro, colocando un extremo al nivel del suelo, en la base del cormo de la planta, y extendiéndolo hasta la bifurcación del pseudotallo. La altura se registró en metros (m) y se tomó esta medición cada 7 días hasta el día de la cosecha de la planta madre.
- **Medición de la longitud de circunferencia del pseudotallo:** En este procedimiento se utilizó una cinta métrica, colocándola alrededor de la circunferencia del pseudotallo a una altura de 1,30 m desde el suelo. La medida de la circunferencia se registró en centímetros (cm) cada 7 días, hasta el día de la cosecha de la planta madre.
- **Número de hojas de planta madre a la inflorescencia:** se contaron de manera manual la cantidad de hojas presentes en la planta madre poco antes de parir, con el fin de tener el dato de con cuantas hojas inicia esta fase la planta.
- **Número de hojas de planta madre a la cosecha:** el día de corte de fruta se contaron el número de hojas con que la planta llegó, con el fin de conocer el número de hojas perdidas en este periodo de tiempo.

- **Peso del racimo:** Para registrar esta variable, se utilizó una balanza. Los racimos cosechados se colgaron en la balanza y se registró el peso obtenido en kilogramos (Kg), repitiendo este procedimiento para todos los racimos de todas las unidades experimentales (UE).
- **Manos del racimo:** Con los racimos cosechados y ya pesados, se procedió a contar las manos mientras estaban en los funiculares. Se anotaron estos datos para determinar el número de manos por racimo y por cada tratamiento.

Tabla 3. Descripción de las variables, unidades, instrumentos, marca y modelo de equipos empleados en las mediciones.

Variables evaluadas	Unidades	Instrumento de medición	Marca y modelo
Altura de la planta	m	Cinta métrica	-
Circunferencia del pseudotallo	cm	Cinta métrica	-
Peso del fruto	Kg	Balanza	JONTEX- OCS-500KG
Peso del raquis	Kg	Balanza	JONTEX- OCS-500KG
N. de manos por racimo	Unidad	--	--
N. de hojas en inflorescencia	Unidad	--	--
N. de hojas en cosecha	Unidad	--	--

3.4 Manejo del experimento

3.4.1 Conteo de densidad de población en la plantación de banano.

Se comenzó con un recorrido por el área destinada a la parte experimental. A continuación, se determinó el número de plantas por hectárea utilizando el método de muestreo por el pogo circular con cuerdas de 9 metros de longitud cada una. Se llevaron a cabo un total de 10 muestreos en dos hectáreas, obteniendo una media de 1645 plantas por hectárea.



Figura 2. Delimitación de la densidad poblacional en el área de estudio.

3.4.2 Medición de las unidades experimentales

Se llevó a cabo la medición y delimitación de las parcelas experimentales para la aplicación de los distintos tratamientos a lo largo de la investigación. Se midieron cuatro unidades experimentales, cada una con dimensiones de 50 m de largo X 25 m de ancho, cubriendo un área de 1250 m² cada una y la distancia entre parcelas fue establecida en 16 m.

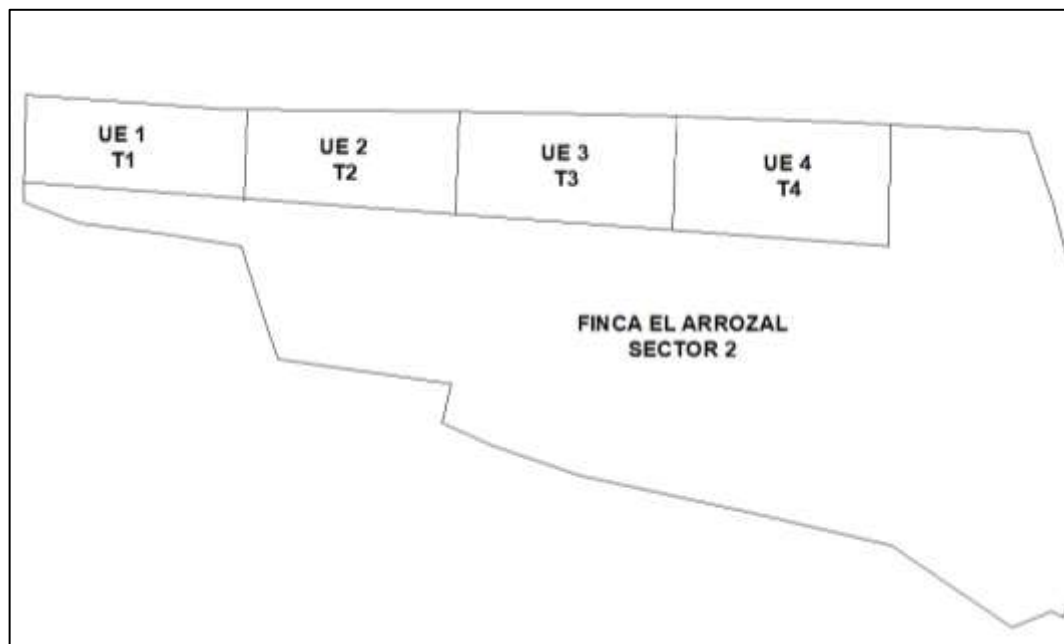


Figura 3. Ubicación y medición de parcelas experimentales de 50 x 25m.

3.4.3. Selección de unidades muestrales:

Esta actividad se realizó antes del inicio de la aplicación de los tratamientos. Se eligieron 15 plantas de referencia por cada Unidad Experimental (UE), sumando un total de 60 plantas en las 4 parcelas. Para la elección de las plantas se consideraron los siguientes criterios: que la planta madre tuviera entre 1 y 3 semanas de inflorescencia o bellota, y que el hijo o retorno tuviera una altura de entre 1.60 y 1.80 metros. Una vez seleccionadas, las plantas fueron etiquetadas para ser evaluadas semanalmente durante el ensayo.



Figura 4. Selección de las unidades muestrales en cada UE.

3.4.4. Análisis de raíces y nemátodos

Al inicio del experimento, se procedió a la toma de muestras de raíces que fueron enviadas posteriormente a un laboratorio para su análisis. Se extrajo una muestra por cada Unidad Experimental (UE), siguiendo las especificaciones del laboratorio. Para el muestreo, se seleccionaron plantas que presentaran las siguientes características: próximas a su inflorescencia o con un máximo de cinco días desde la aparición de la bellota, y con el retorno o hijo a una altura de 1.30 metros. Utilizando un palín, se cavó frente al retorno un área de 20 cm de largo por 20 cm de ancho y 30 cm de profundidad. En esta área se extrajeron todas las raíces presentes en el suelo removido, las cuales se colocaron en una funda para su análisis posterior.



Figura 5. Muestro de raíces de banano: A. selección de la planta, B.- Toma d ela muestra de suelo y raíces, C. muestra ingresada a laboratorio

3.4.5 Análisis de suelos

Para determinar los valores de ciertos parámetros del suelo, como pH, conductividad eléctrica (CE), y materia orgánica (MO), así como el tipo de suelo en el área experimental, se realizó un análisis de suelo conforme a las indicaciones proporcionadas por el laboratorio. Se utilizó un barreno, el cual se introdujo a una profundidad de 30 cm. El suelo removido se colocó en una funda, repitiendo este procedimiento un total de 10 veces siguiendo un patrón en zigzag a lo largo de toda el área experimental. Se tomó una muestra de suelo de cada Unidad Experimental (UE) para obtener una muestra representativa del área asignada.

3.4.6. Aplicación de tratamientos edáficos

Se estableció realizar dos aplicaciones de cada tratamiento en el periodo de duración del experimento, en el cual se dosifico siguiendo las indicaciones técnicas de cada producto comercial.

- **Calculo de dosificación de Si + Biochar:**

$$Si = 150 \frac{kg}{ha} \times \frac{1000 g}{1 kg} \times \frac{1 ha}{1645 plantas} = 91.18 \frac{g}{planta}$$

$$\text{Biochar} = 10 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ ha}}{1645 \text{ plantas}} = 6.08 \text{ g/planta}$$

- **Calculo de dosificación de los tratamientos de *paecilomyces spp* por UE:**

Tratamiento 1

$$\text{paecilomyces spp} = 200 \frac{\text{g}}{\text{ha}} \times \frac{1 \text{ ha}}{1645 \text{ plantas}} = 0.12 \text{ g/planta}$$

Tratamiento 2

$$\text{paecilomyces spp} = 150 \frac{\text{g}}{\text{ha}} \times \frac{1 \text{ ha}}{1645 \text{ plantas}} = 0.09 \text{ g/planta}$$

Tratamiento 3

$$\text{paecilomyces spp} = 100 \frac{\text{g}}{\text{ha}} \times \frac{1 \text{ ha}}{1645 \text{ plantas}} = 0.06 \text{ g/planta}$$

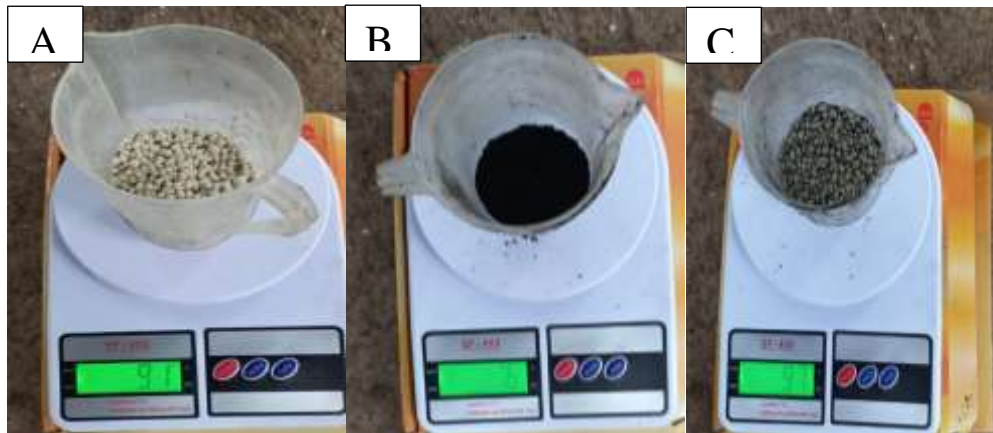


Figura 6. Dosificación de la enmienda: A.- Dosis de Si 91,18 g planta⁻¹; B.- Dosis de Biochar 6,08 g planta⁻¹; C.- dosis del tratamiento mezclado 97,26 g planta⁻¹).

3.4.7. Aplicación de la enmienda de Si + Biochar

Se realizó la primera fase del trabajo de investigación que consiste en la aplicación de la enmienda edáfica que contiene Si + Biochar para proporcionar MO y aumentar el crecimiento de raíces y la protección de la pared celular. La enmienda edáfica fue aplicada con la utilización de un balde de veinte litros cada dos meses a lo largo de la duración del trabajo siendo un total de dos aplicaciones (Figura7).



Figura 7. Aplicación de enmienda: A.- preparación de silicio agrícola + Biochar; B.- aplicación de enmienda en media luna.

3.4.8. Registro de datos semanal de las variables altura de planta y circunferencia del pseudotallo.

El registro de datos de las variables biométricas de altura y longitud de circunferencia en las plantas de banano se realizó semanalmente, el mismo día cada semana. Las mediciones comenzaron una semana antes de la aplicación de los tratamientos y continuaron hasta la semana antes de cosecha de la fruta. Para garantizar la precisión en las mediciones, se empleó una lectura directa en campo. Se utilizó una cinta métrica para medir la longitud de circunferencia del pseudotallo a una altura de 1.30 cm una vez cada semana, y un flexómetro para determinar la altura de la planta, midiendo desde la base hasta la parte superior de la misma.

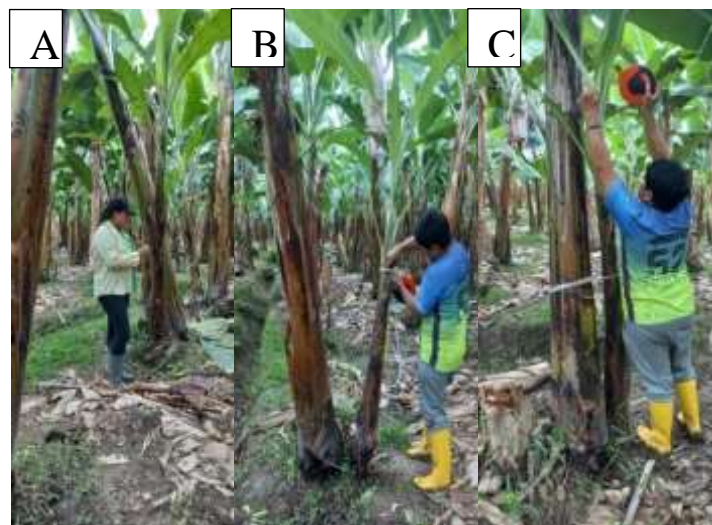


Figura 8. Medición de las variables; A.- Registro de datos; B.-Longitud de circunferencia del pseudotallo; C.- Altura de la planta.

3.4.9. Aplicación de *Paecilomyces lilacinus*

Se llenó un tanque de 200 litros con agua, al cual se le añadieron 1,5 litros de melaza, mezclándose bien. Sabiendo que la aplicación de un tanque del producto es suficiente para 1 hectárea y que el área de cada unidad experimental (UE) es mucho menor, se procedió de la siguiente manera: se prepararon los tratamientos de forma individual utilizando bombas de 20 litros, con dosis de 200 g ha⁻¹, 150 g ha⁻¹ y 100 g ha⁻¹.

Primero, se llenó la mitad de la bomba con el agua del tanque, luego se pesaron 20 g del producto en una balanza digital y se colocaron en un balde con agua para mezclar bien. Esta mezcla se transfirió a la bomba, completando su llenado para su posterior aplicación. Este proceso se repitió para los siguientes tratamientos.

Una vez que el producto estuvo en la bomba, se procedió a su aplicación mediante riego directo. Se recomienda que el suelo esté en capacidad de campo y aprovechar las horas de la mañana, evitando la aplicación en horas del mediodía. El producto se aplicó en la corona de la planta en forma de media luna, realizando un total de 5 pasadas para asegurar una cantidad adecuada del producto aplicado. Este procedimiento se repitió en todas las demás plantas de la UE.



Figura 9. Preparación los tratamientos; A- Preparación de medio líquido; B- Dosificación de *paecilomyces spp*; C.- Preparación del tratamiento; D.- Aplicación de tratamiento.

3.5 Procedimiento estadístico

El análisis estadístico de los datos fue llevado a cabo utilizando el software estadístico SPSS versión 22 para el sistema operativo Windows. Se estableció un nivel de confianza del 95%, lo que implica un nivel de significancia $\alpha = 0,05$. Este nivel de confianza asegura que los resultados obtenidos tengan una alta fiabilidad y puedan ser generalizados a la población de interés con un margen de error aceptable (Sánchez M, 2021).

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Comparación de resultados pre y post aplicación

- **Población de Nematodos**

En el resultado de la comparación dado en la tabla 5, indica que la población más alta de nematodos de la especie *Radopholus similis* era de 2800 individuos por cada 100 g de raíz antes de la aplicación de los tratamientos, de los cuales se observó una disminución al término del experimento, siendo el tratamiento T1 quien presentó la población más baja de nematodos. La especie *Helicotylenchus* presento la población más alta en la UE 4 con 11200 individuos por cada 100g de raíz previo al inicio de la aplicación de tratamientos.

Dado que en el tratamiento T4 no se aplicó *Paecilomyces lilacinus* se puede observar un incremento en la población de esta especie a 12800 individuos; por otro lado, también se observa la disminución en la población de nematodos *Meloidogyne* en cada uno de los tratamientos donde se aplicó *Paecilomyces lilacinus*.

Paecilomyces lilacinus es conocido por su capacidad para controlar nematodos, actuando como un agente de biocontrol efectivo que ataca directamente a los huevos y juveniles de estos patógenos (Moreno-Gavira et al., 2020; Holland et al., 2000). La efectividad de T1 en reducir significativamente las poblaciones de estos nematodos sugiere que la combinación de biochar, silicio y *Paecilomyces lilacinus* está funcionando sinérgicamente para mejorar las condiciones del suelo y alterar el ciclo de vida de los nematodos.

Tabla 4. Comparación en el conteo de nematodos.

	Tratamientos	CONTEO DE NEMATODOS (100 gr de raíz)		
		Radoph.	Helicot.	Meloid.
Antes de aplicación	T1	2800	7200	800
	T2	1600	9200	800
	T3	2400	8400	0
	T4	3200	11200	1200
Después de aplicación	T1	100	6800	400
	T2	800	5600	0
	T3	1600	7600	0
	T4	2600	12800	1000

Investigaciones adicionales han demostrado que el uso de biochar puede influir en la actividad de los nematodos al mejorar la capacidad del suelo para soportar comunidades microbianas beneficiosas que inhiben patógenos (Moreno-Gavira et al., 2020). Esto podría estar relacionado con la capacidad del biochar para modificar la estructura física del suelo y del silicio para fortalecer las defensas físicas de las plantas.

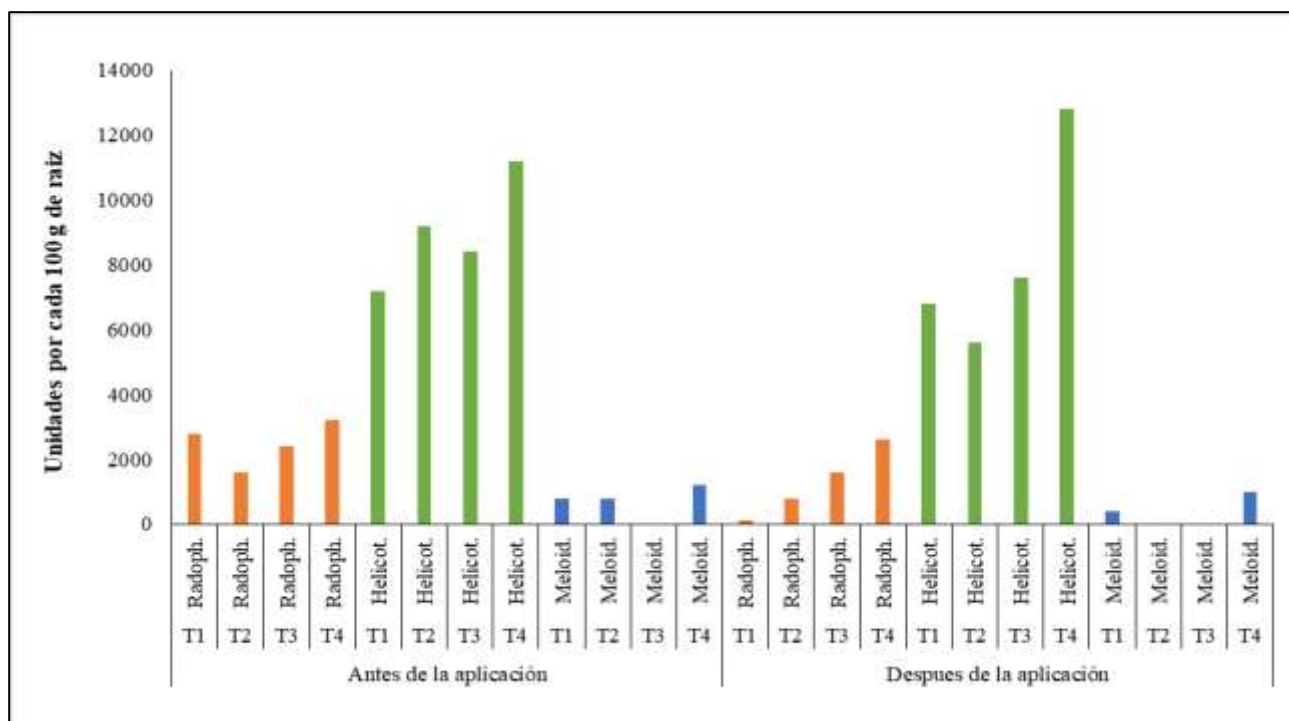


Figura 10. Gráfico de barra de la comparación entre el conteo de nematodos al inicio y final de la aplicación de tratamientos.

- **Raíces vivas**

En la tabla 6 se observa que antes de la aplicación en cada una de las UE el porcentaje de raíces vivas es < 70% lo cual indica que el sistema radicular es deficiente. Sin embargo, los resultados luego de la aplicación revelan el incremento de raíces > 70% tanto en los tratamientos donde se aplicó *Paecilomyces lilacinus* (T2 y T3) como también en el tratamiento donde solo se usó la aplicación de Biochar + SiO₂ (T4). Este notable incremento sugiere una robusta mejora en la salud radicular, facilitando así una mayor resiliencia y capacidad de las plantas para absorber nutrientes esenciales y agua, lo que es crucial para su desarrollo y productividad.

Tabla 5. Comparación del porcentaje de raíces vivas.

	Tratamientos	Peso de raíz (g)	Raíces vivas (g)	% R.V.
Antes de aplicación	T1	62	37,2	60,00
	T2	176	117	66,48
	T3	218	104	47,71
	T4	141	96	68,09
Después de aplicación	T1	162	99	61,11
	T2	226	159,42	70,54
	T3	331	244	73,72
	T4	151	123	81,46

La combinación de biochar y silicio, demostró ser el más efectivo en mejorar el porcentaje de raíces vivas. Dicha combinación parece ser particularmente beneficiosa, posiblemente debido a la dosis adecuada de ambos componentes que favorece una sinergia entre la mejora de la estructura del suelo y la resistencia biótica y abiótica de las plantas, lo cual no solo mejora la estructura física del suelo, sino que también potencia la barrera natural de las plantas contra patógenos y estrés ambiental.

La literatura reciente resalta los beneficios de integrar silicio en la agricultura, particularmente en el fortalecimiento de las paredes celulares y la optimización de la absorción de nutrientes y agua. Según Kovács et al. (2022), el silicio facilita la mejora en la resistencia de las plantas a estreses abióticos y bióticos, contribuyendo a una mayor integridad estructural en las raíces y mejor eficiencia en el uso de recursos (MDPI). Además, Liang et al. (2015) argumentan que el silicio puede mitigar el estrés abiótico mejorando la eficiencia en el uso del agua y protegiendo contra el daño por radicales libres.

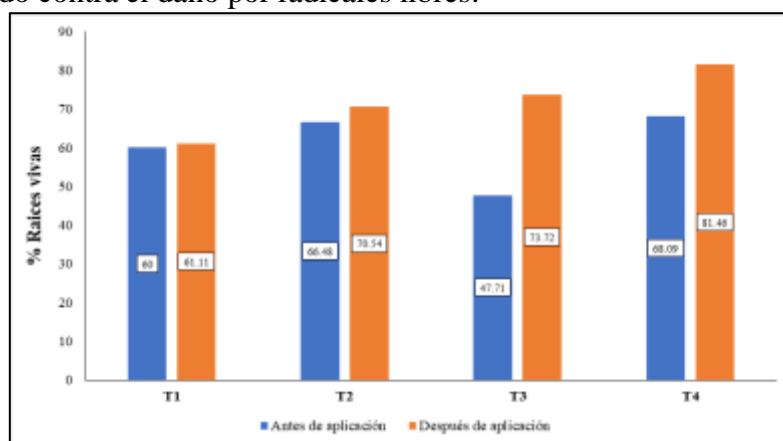


Figura 11. Gráfico de barra de la comparación entre los porcentajes de raíces vivas al inicio y final de la aplicación de tratamientos.

4.2 Descripción estadística de las variables y los tratamientos

- **Altura de la planta previo a aplicación de los tratamientos**

La altura de las plantas muestra un aumento significativo desde la semana 1 (antes de la aplicación) hasta la semana 13 (después de la aplicación). Todas las plantas experimentaron un crecimiento considerable, con las medias de altura aumentando de aproximadamente 1,73 m a 3,13 m. El tratamiento 1 (T1) presentó la mayor media de altura después de la aplicación (3,18 m), seguido por el tratamiento 2 (T2) con 3,14 m. El tratamiento 3 (T3) y el tratamiento 4 (T4) mostraron medias ligeramente menores, pero aún sustanciales (3,06 m y 3,13 m, respectivamente).

El incremento en la altura de las plantas observado en todos los tratamientos sugiere que la combinación de biochar, silicio y *Paecilomyces lilacinus* mejora significativamente la estructura y el vigor de las plantas de banano. Estos resultados coinciden con investigaciones previas que han reportado beneficios similares al usar enmiendas edáficas y agentes biocontroladores. Por ejemplo, Agegnehu et al. (2016) encontraron que la aplicación de biochar mejoró significativamente el crecimiento de las plantas y la retención de agua en el suelo. Además, Ma et al. (2015) demostraron que el uso de silicio puede mejorar la resistencia de las plantas a estreses abióticos, contribuyendo al incremento en la altura y biomasa.

Tabla 6. Estadísticos descriptivos de la variable altura de la planta (m) antes y después de la aplicación de tratamientos.

Altura de la planta (m)						
	Trat.	Media	Desviación estándar	CV %	Mín	Máx
Antes de aplicación	1	1,73	± 0,055	3,17	1,64	1,80
	2	1,71	± 0,059	3,45	1,64	1,80
	3	1,72	± 0,052	3,02	1,60	1,78
	4	1,75	± 0,034	1,94	1,68	1,79
	Total	1,73	0,050	2,90	1,64	1,79
Después de aplicación	1	3,22	± 0,185	5,82	2,90	3,45
	2	3,10	± 0,177	5,64	2,83	3,45
	3	3,06	± 0,230	7,52	2,65	3,30
	4	3,11	± 0,266	8,50	2,64	3,48
	Total	3,13	0,215	6,87	2,76	3,42

El tratamiento 1, que mostró el mayor incremento en la altura de las plantas (Figura 10), subraya la importancia de una adecuada dosificación de los componentes del tratamiento. La menor variabilidad observada en los valores de la altura de la planta después de la aplicación también indica una respuesta más uniforme de las plantas al tratamiento, lo cual es deseable en el manejo agronómico. Estos hallazgos son corroborados por estudios que destacan la sinergia entre biochar y microorganismos beneficiosos en la mejora de la estructura del suelo y el crecimiento de las plantas (Lehmann et al., 2011).

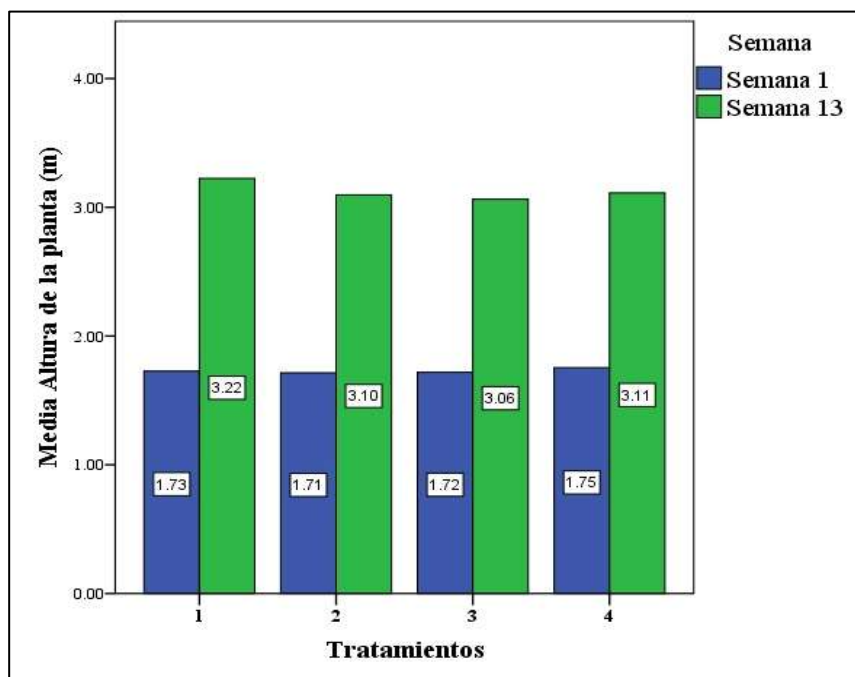


Figura 12. Gráfico de barra de la comparación entre las medias de la altura de la planta al inicio y final de la aplicación de tratamientos.

- **Longitud de circunferencia del pseudotallo**

El análisis de la variable de longitud de circunferencia del pseudotallo muestra que todos los tratamientos resultaron en un incremento significativo en la longitud de circunferencia del pseudotallo después de la aplicación de los tratamientos. El tratamiento T1 tuvo el mayor incremento con una media de 48,15 cm, lo que sugiere que la combinación de biochar, silicio y *Paecilomyces lilacinus* es particularmente efectiva en mejorar el crecimiento de la circunferencia del pseudotallo.

El incremento en la longitud de circunferencia del pseudotallo observado en los tratamientos indica que las enmiendas utilizadas mejoran significativamente la estructura y el

vigor de las plantas de banano. Esto es consistente con estudios anteriores que demuestran los beneficios del biochar y el silicio en la mejora del crecimiento y la resistencia de las plantas.

Tabla 7. Estadísticos descriptivos de la variable longitud de circunferencia del pseudotallo antes y después de la aplicación de tratamientos.

Longitud de circunferencia del pseudotallo (cm)						
	Trat.	Media	Desviación estándar	CV %	Mín	Máx
Antes de aplicación	1	21,05	± 1,873	8,70	18,0	23,9
	2	22,48	± 1,557	6,93	19,5	24,5
	3	21,40	± 1,999	9,34	18,2	24,5
	4	22,35	± 1,330	5,95	20,0	24,5
	Total	21,82	1,690	7,73	18,93	24,35
Después de aplicación	1	48,15	± 2,015	4,18	45,3	51,7
	2	47,00	± 5,240	11,15	38,0	58,0
	3	44,18	± 3,116	7,05	40,2	51,0
	4	44,75	± 4,127	9,22	35,6	50,0
	Total	46,02	3,625	7,90	39,78	52,68

Un estudio realizado por Agegnehu et al. (2016) encontró que la aplicación de biochar en combinación con compost mejoró significativamente el crecimiento de las plantas, la calidad del suelo y la retención de agua. Estos beneficios son atribuibles a la capacidad del biochar para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, lo cual facilita un mejor desarrollo radicular y, consecuentemente, un mayor crecimiento del pseudotallo.

Además, estudios han mostrado que el silicio tiene un efecto positivo en la resistencia de las plantas a varios estreses abióticos y bióticos, lo que resulta en un crecimiento más vigoroso y robusto (Guntzer et al., 2012). El silicio fortalece las paredes celulares y mejora la absorción de nutrientes, contribuyendo así al aumento de la longitud de circunferencia del pseudotallo. La aplicación de *Paecilomyces lilacinus* también ha mostrado efectos beneficiosos en la salud de las plantas al actuar como agente de control biológico contra nematodos fitoparásitos, lo que mejora indirectamente el crecimiento y el vigor de circunferencia del pseudotallo (Kerry & Hominick, 2002).

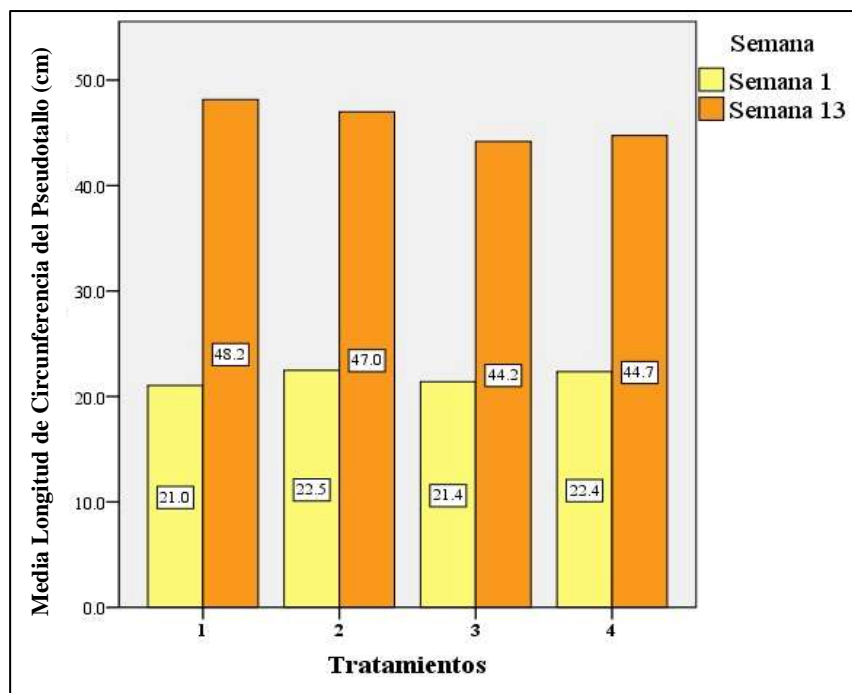


Figura 13. Gráfico de barra de la comparación entre las medias de la longitud de circunferencia del pseudotallo de la planta al inicio y final de la aplicación de tratamientos.

- **Número de hojas a la floración y cosecha**

Los datos muestran una relativa uniformidad en el número de hojas a la floración (NHF) y a la cosecha (NHC) entre los diferentes tratamientos. El tratamiento 2 presenta la media más alta de hojas a la floración (12,93), mientras que el tratamiento 4 presenta la menor desviación estándar, indicando menor variabilidad. En cuanto al número de hojas a la cosecha, el tratamiento 1 muestra la media más alta (6,53), sugiriendo una mejor retención de hojas.

Tabla 8. Comparación entre los estadísticos descriptivos del número de hojas a la floración (NHF) y el número de hojas a la cosecha (NHC).

Trat.	NHF					NHC				
	Media	Desviación estándar	CV %	Mín	Máx	Media	Desviación estándar	CV %	Mín	Máx
1	12,60	± 1,121	8,90	11	14	6,53	± 0,640	9,80	6	8
2	12,93	± 0,884	6,84	11	14	6,20	± 0,561	9,05	5	7
3	12,73	± 0,799	6,28	11	14	6,20	± 0,561	9,05	5	7
4	12,53	± 0,743	5,93	11	14	6,33	± 0,488	7,71	6	7
Total	12,70	0,887	6,98	11	14	6,32	0,563	8,91	5,5	7,25

El número de hojas a la floración y a la cosecha es un indicador importante de la salud y vigor de las plantas de banano. En este estudio, los tratamientos con biochar, silicio y *Paecilomyces lilacinus* mostraron resultados consistentes en términos de retención de hojas. Los tratamientos 2 y 4 destacaron por tener la menor variabilidad en NHF, lo cual es favorable para la uniformidad del cultivo. Estos hallazgos son congruentes con investigaciones recientes que han demostrado que las enmiendas orgánicas y los biocontroladores pueden mejorar la retención de hojas y la salud general de las plantas (Guntzer et al., 2012; Ma & Yamaji, 2015).

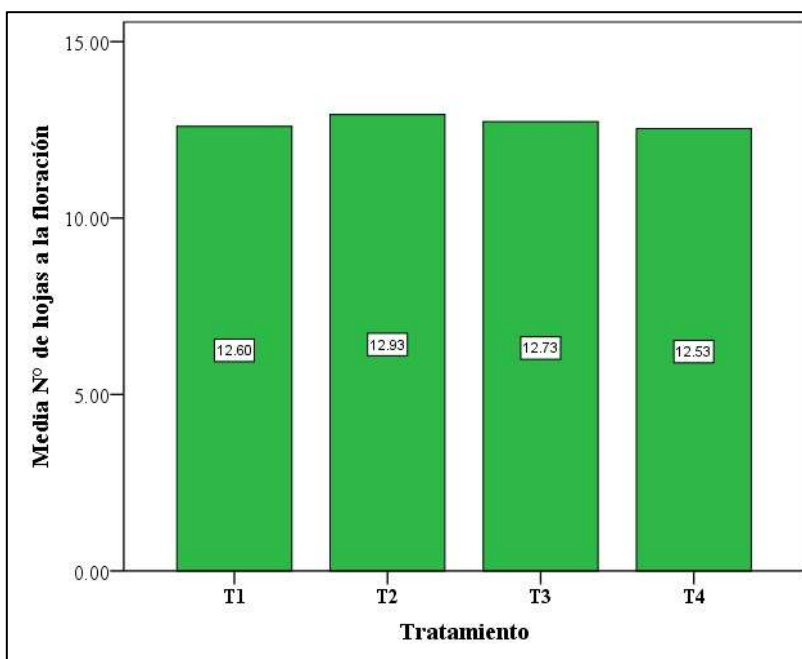


Figura 14. Gráfico de barra de la media del número de hojas a la floración.

El tratamiento 1, que mostró la mayor media de NHC, sugiere que la combinación de biochar, silicio y *Paecilomyces lilacinus* puede contribuir significativamente a la retención de hojas, posiblemente debido a una mejora en la absorción de nutrientes y en la salud radicular. El silicio es conocido por fortalecer las paredes celulares y mejorar la resistencia de las plantas a estreses abióticos y bióticos, lo que resulta en una mejor retención de hojas (Epstein, 1999). Esto coincide con estudios previos que reportan que el uso de biochar y agentes biocontroladores puede reducir el estrés hídrico y nutricional en las plantas, resultando en una mejor retención de hojas (Liang et al., 2015).

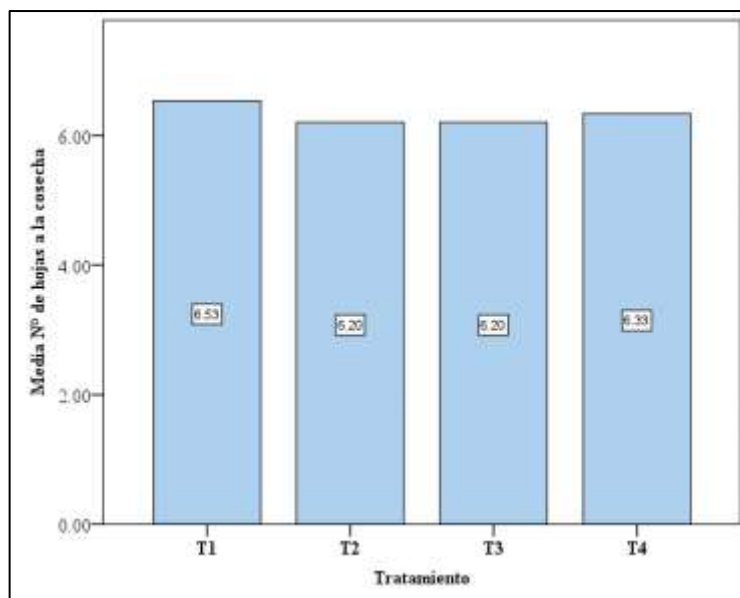


Figura 15. Gráfico de barra de la media del número de hojas a la cosecha.

- **Peso de la fruta**

Tabla 9. Estadísticos descriptivos de los tratamientos para la variable Peso de la fruta.

Tratamiento	Peso de la fruta (kg)				
	Media	Desviación estándar	CV %	Mín	Máx
T1	25,48	± 2,24	8,79	22,40	29,20
T2	22,05	± 3,42	15,51	16,40	28,40
T3	22,93	± 3,16	13,78	16,40	27,00
T4	23,04	± 3,21	13,93	16,80	27,40
Total	23,38	3,01	12,87	18,00	28,00

La variable de peso de la fruta muestra diferencias notables entre los diferentes tratamientos. El Tratamiento 1 (T1) presentó la mayor media de peso de la fruta con 25,48 kg y la menor variabilidad (CV% de 8.79%), lo que sugiere una alta eficacia en la aplicación de este tratamiento. Los tratamientos 2 (T2), 3 (T3) y 4 (T4) tuvieron menores medias de peso (22,05 kg, 22,93 kg y 23,04 kg respectivamente) y una mayor variabilidad en comparación con T1.

El peso de la fruta es un indicador crucial de la productividad y calidad en cultivos de banano. Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que la combinación de biochar, silicio y *Paecilomyces lilacinus* en el Tratamiento 1 (T1) mejora significativamente el peso de la fruta en comparación con los otros tratamientos. Este hallazgo es consistente con estudios recientes

que han demostrado los beneficios del biochar y el silicio en la mejora del crecimiento y la productividad de las plantas.

Por ejemplo, la investigación realizada por Alotaibi y Schoenau (2019) encontró que la aplicación de biochar mejora la fertilidad del suelo y la retención de agua, resultando en un mayor rendimiento de las plantas. Además, el estudio de Al-Wabel et al., (2017) destacó que el silicio fortalece las paredes celulares de las plantas, mejora la resistencia a estreses abióticos y bióticos, y en última instancia contribuye a un mayor peso de la fruta. Estos estudios confirman la efectividad de las enmiendas con biochar y silicio para mejorar la producción agrícola. La aplicación de *Paecilomyces lilacinus* como biocontrolador también podría haber contribuido a estos resultados positivos.

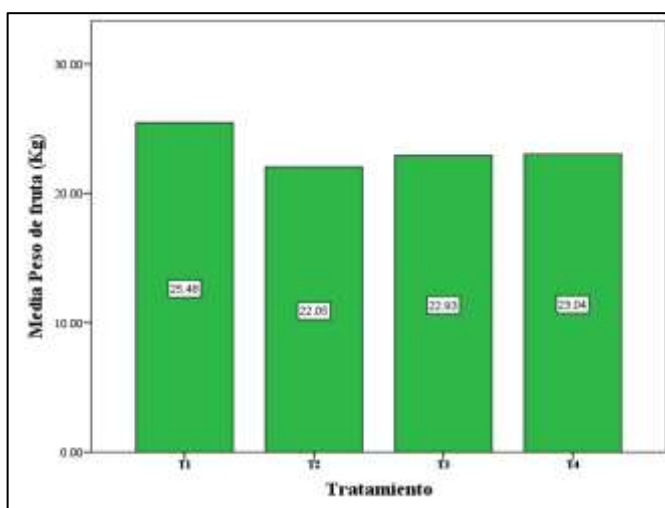


Figura 16. Gráfico de barra de la media del peso de la fruta.

- **Número de manos**

Tabla 10. Estadísticos descriptivos de los tratamientos para la variable Número de manos.

Tratamiento	Número de manos				
	Media	Desviación estándar	CV %	Mín.	Máx.
T1	6,73	± 0,59	8,77	6,00	8,00
T2	6,07	± 0,70	11,53	5,00	7,00
T3	6,20	± 0,68	10,97	5,00	7,00
T4	6,33	± 0,82	12,95	5,00	7,00
Total	6,33	0,70	11,06	5,25	7,25

La variable "Número de Manos" muestra que el Tratamiento 1 (T1) tuvo la media más alta con 6,73 manos por racimo y la menor variabilidad (CV% de 8,77%). Los tratamientos T2, T3 y T4 tuvieron medias ligeramente inferiores y variabilidad mayor, lo que sugiere que T1 fue el tratamiento más efectivo en términos de aumentar el número de manos por racimo y con menor variabilidad entre muestras.

El número de manos en los racimos de banano es un indicador esencial de la productividad del cultivo. Los resultados obtenidos indican que la aplicación de biochar y silicio en el Tratamiento 1 (T1) mejora significativamente el número de manos en comparación con los otros tratamientos. Este hallazgo es congruente con investigaciones recientes que han demostrado los beneficios del biochar y el silicio en la mejora de la salud del suelo y la productividad de las plantas.

En estudios realizados por Farouk et al. (2023), se encontró que la aplicación combinada de biochar y silicio mejora significativamente las características fisiológicas y bioquímicas de las plantas, lo cual se refleja en un aumento del rendimiento. Este estudio destaca que el biochar mejora la retención de agua y la fertilidad del suelo, mientras que el silicio fortalece las paredes celulares y aumenta la resistencia al estrés abiótico y biótico.

Otro estudio realizado por Song et al., (2009) reportó que la adición de biochar y silicio no solo mejora el crecimiento de los cultivos, sino que también aumenta el rendimiento al promover la absorción de nutrientes esenciales. Estos resultados confirman la efectividad de las enmiendas con biochar y silicio para mejorar la producción agrícola.

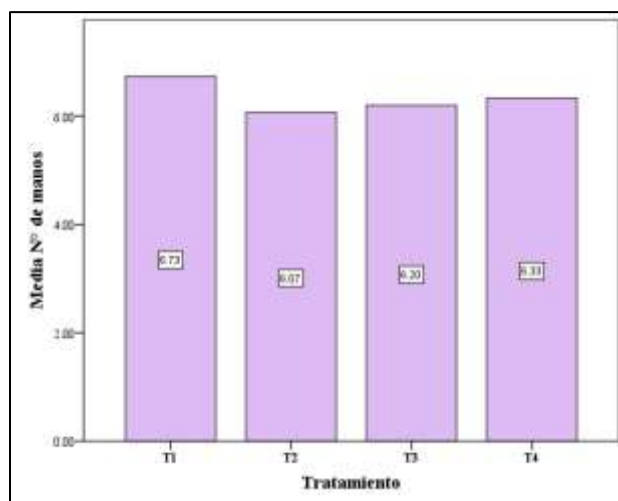


Figura 17. Gráfico de barra de la media del número de manos.

4.2 Verificación de los supuestos de modelo estadístico utilizado

4.2.1 Normalidad de datos

Tabla 11. Pruebas de normalidad de datos para las variables Altura de la planta, longitud de circunferencia del pseudotallo, Peso del fruto y Número de manos en cada tratamiento.

Variables	Trat.	Kolmogorov-Smirnov ^a		
		Estadístico	gl	p-valor
Altura de la planta (m)	T1	0,148	15	0,200*
	T2	0,133	15	0,200*
	T3	0,259	15	0,008
	T4	0,144	15	0,200*
Longitud de circunferencia del pseudotallo (cm)	T1	0,148	15	0,200*
	T2	0,094	15	0,200*
	T3	0,225	15	0,039
	T4	0,150	15	0,200*
Peso del fruto (kg)	T1	0,199	15	0,114
	T2	0,180	15	0,200*
	T3	0,192	15	0,141
	T4	0,150	15	0,200*
Número de manos	T1	0,340	15	0,000
	T2	0,271	15	0,004
	T3	0,283	15	0,002
	T4	0,326	15	0,000

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La Tabla 11, que presenta los resultados de la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para diferentes variables de crecimiento en plantas de banano bajo cuatro tratamientos revela que con una confiabilidad del 95%, la mayoría de los datos se ajustan a una distribución normal, excepto en casos específicos para el tratamiento T3 en altura de la planta y longitud de circunferencia del pseudotallo, y para el número de manos en todos los tratamientos excepto T4.

Esto implica que, mientras que las variables de altura y peso del fruto generalmente se distribuyen de manera normal, el número de manos muestra una notable desviación de la normalidad, lo que sugiere influencias externas o efectos del tratamiento que podrían requerir un análisis más detallado o el uso de métodos estadísticos no paramétricos para una evaluación precisa. Estos hallazgos son esenciales para guiar los análisis estadísticos subsiguientes y para interpretar correctamente la efectividad de los tratamientos aplicados en el estudio.

4.2.2 Homogeneidad de varianzas

Tabla 12. Prueba de homogeneidad de varianzas para las variables de estudio.

Variable	Estadístico de Levene	df1	df2	p-valor
Altura de la planta (m)	1,221	3	56	0,311
Circunferencia del pseudotallo (cm)	3,025	3	56	0,037
Peso del fruto (kg)	0,445	3	56	0,721
Numero de manos	1,076	3	56	0,367

La prueba de homogeneidad de varianzas de Levene muestra que, excepto para la longitud de circunferencia del pseudotallo, todas las variables estudiadas altura de la planta, peso del fruto y número de manos presentan varianzas homogéneas entre tratamientos, indicado por p-valores superiores a 0,05. Esto sugiere que estas variables pueden ser analizadas utilizando pruebas estadísticas paramétricas como el ANOVA. En contraste, la longitud de circunferencia del pseudotallo muestra varianzas heterogéneas (p-valor = 0,037), lo que requiere el uso de pruebas estadísticas que no asumen homogeneidad de varianzas.

4.3 Determinación de la presencia o no de diferencias estadísticas entre tratamiento

4.3.1 Análisis de varianza (ANOVA)

Tabla 13. Análisis de varianza para las variables: Altura de la planta (m); longitud de circunferencia del pseudotallo (cm); Peso del fruto (kg) y Número de manos.

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
Altura de la planta (m)	Entre grupos	0,221	3	0,074	1,813	0,155
	Dentro de grupos	2,276	56	0,041		
	Total	2,497	59			
Circunferencia del pseudotallo (cm)	Entre grupos	157,461	3	52,487	3,604	0,019
	Dentro de grupos	815,666	56	14,565		
	Total	973,127	59			
Peso del fruto (kg)	Entre grupos	97,631	3	32,544	3,518	0,021
	Dentro de grupos	517,967	56	9,249		
	Total	615,597	59			
Numero de manos	Entre grupos	3,733	3	1,244	2,525	0,067
	Dentro de grupos	27,600	56	0,493		
	Total	31,333	59			

Los resultados estadísticamente significativos para la longitud de circunferencia del pseudotallo y el peso del fruto (p-valores de 0.019 y 0.021, respectivamente) sugieren que los tratamientos aplicados tienen un impacto notable en estas características de las plantas de

banano. Según estudios recientes, el manejo adecuado de nutrientes y condiciones ambientales puede influir significativamente en estos aspectos del desarrollo de las plantas (Castelan et al., 2018). Además, intervenciones específicas en el manejo agronómico, como la optimización de la nutrición mineral, han demostrado mejorar la producción y calidad del fruto en cultivos de banano (Calberto et al., 2018; Castelan et al., 2018).

La falta de diferencias significativas en la altura de la planta y el número de manos (p-valores de 0.509 y 0.067, respectivamente) indica que los tratamientos no afectaron estas variables de manera significativa. Este resultado es coherente con la literatura que sugiere que ciertas características fenotípicas pueden ser menos sensibles a variaciones en tratamientos o estar más influenciadas por factores genéticos y ambientales (Chandru et al., 2021).

4.3.2 Pruebas post hoc.

- **Prueba de Duncan**

Tabla 14. Tabla de Subconjuntos homogéneos de Duncan.

Duncan ^a	Tratamiento	n	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1 b	2 a
Altura de la planta (m)	T3	15	3,0620	
	T2	15	3,0967	3,0967
	T4	15	3,1120	3,1120
	T1	15		3,2240
	Sig.		0,527	0,107
Longitud de circunferencia del pseudotallo (cm)	T3	15	44,187	
	T4	15	44,745	
	T2	15	47,000	47,000
	T1	15		48,153
	Sig.		.060	0,411
Peso del fruto (kg)	T2	15	22,0467	
	T3	15	22,9267	
	T4	15	23,0400	
	T1	15		25,4800
	Sig.		0,405	1,000
Numero de manos	T2	15	6,0667	
	T3	15	6,2000	6,2000
	T4	15	6,3333	6,3333
	T1	15		6,7333
	Sig.		0,333	0,053

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4.000.

Los resultados indican que los tratamientos aplicados no tuvieron un impacto estadísticamente significativo en la mayoría de las variables estudiadas, excepto posiblemente en la longitud de circunferencia del pseudotallo, donde los valores de p sugieren posibles diferencias en ciertos subconjuntos. La ausencia de diferencias significativas en variables como el peso del fruto y el número de manos puede deberse a la uniformidad de las condiciones de cultivo o a la similitud en la eficacia de los tratamientos aplicados. La variabilidad en la longitud de circunferencia del pseudotallo sugiere que podría haber factores específicos del tratamiento que influyen en esta característica, lo que podría explorarse en investigaciones futuras para optimizar los rendimientos y la calidad estructural de las plantas de banano.

La significancia estadística encontrada en la longitud de circunferencia del pseudotallo y el peso del fruto refleja investigaciones que subrayan cómo ciertas prácticas agrícolas pueden influir considerablemente en estos atributos. Según Carpentier et al. (2019), la optimización de las condiciones de cultivo, especialmente mediante el manejo nutricional, puede mejorar la estructura y productividad de las plantas de banano, corroborando la relevancia de nuestros hallazgos sobre la longitud de circunferencia y el peso del fruto (Carpentier et al., 2019).

La falta de diferencias significativas en la altura y el número de manos puede deberse a la resistencia genética y la influencia limitada de los tratamientos en estas características, como sugiere recientes estudios que examinan la respuesta de plantas de banano a diferentes condiciones ambientales y de manejo (Cantó et al., 2021).

5. CONCLUSIONES

La aplicación de *Paecilomyces spp.* resultó en una disminución significativa de las poblaciones de nematodos patógenos, especialmente *Radopholus* y *Meloidogyne*. Esta reducción es crucial para la salud del cultivo de banano, dado que estos nematodos son responsables de importantes pérdidas en el rendimiento y la calidad del fruto. Los tratamientos con *Paecilomyces spp.* demostraron ser una estrategia biológica eficaz para el manejo de estos patógenos, promoviendo un entorno radicular más saludable.

Se observó un aumento significativo en el porcentaje de raíces vivas en las plantas de banano tratadas con *Paecilomyces spp.* y otros aditivos como biochar y SiO₂. Este incremento, reflejado en el aumento del porcentaje de raíces vivas en los tratamientos T2, T3 y T4, subraya la capacidad del hongo entomopatógeno para mejorar la estructura y funcionalidad del sistema radicular. La mayor vitalidad radicular se traduce en una mejor absorción de nutrientes y agua, fortaleciendo así la planta contra estrés biótico y abiótico.

Las mediciones de crecimiento morfológico evidenciaron mejoras significativas en la longitud de circunferencia del pseudotallo y el peso del fruto en las plantas tratadas. Estos cambios sugieren que los tratamientos no solo ayudan a controlar plagas, sino que también promueven el vigor general del cultivo. Aunque no se observaron diferencias significativas en la altura de la planta y el número de manos por racimo, las mejoras en otras variables clave indican un impacto positivo de los tratamientos aplicados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah, N. S., Doni, F., Mispan, M. S., Saiman, M. Z., Yusuf, Y. M., Oke, M. A., & Suhaimi, N. S. M. (2021). Harnessing Trichoderma in agriculture for productivity and sustainability. *Agronomy*, 11(12), 2559.
- Acaro, L. M., Córdova, A. N., Vega, A. del C., & Sánchez, T. X. (2021). Evolución en las exportaciones de banano e impacto del desarrollo económico, provincia de El Oro 2011 - 2020, pre-pandemia, pandemia; aplicando series de tiempo. *Polo Del Conocimiento*, 6(8), 257–277. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i8>
- Acosta, G. D. M. (2017). Efectos de la aplicación de silicio y fostito de potasio en la variedad de arroz SFL-09 (*Oryza sativa*. L). 57.
- Adamović, B., Paroški, D., Vojnović, Đ., & Ilin, Ž. (2021). The effect of mulching and low tunnel on the yield, yield components and quality of watermelon. In VIII South-Eastern Europe Symposium on Vegetables and Potatoes 1320 (pp. 101-108).
- Aguilar-Ancota, R., Arévalo-Quinde, C. G., Morales-Pizarro, A., & Galecio-Julca, M. (2021). Hongos asociados a la necrosis de haces vasculares en el cultivo de banano orgánico: síntomas, aislamiento e identificación, y alternativas de manejo integrado. *Scientia Agropecuaria*, 12(2), 249-256. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/3548>
- Alarcon, J., Recharte Pineda, D. C., Yanqui Díaz, F., Moreno LLacza, S. M., Buendía Molina, M. A., Alarcon Camacho, J., Recharte Pineda, D. C., Yanqui Díaz, F., Moreno LLacza, S. M., & Buendía Molina, M. A. (2020). Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 67–73.
- Alotaibi, K. D., & Schoenau, J. J. (2019). Addition of biochar to a sandy desert soil: Effect on crop growth, water retention, and selected properties. *Agronomy*, 9(6), 327. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060327>

- Al-Wabel, M. I., Hussain, Q., Usman, A. R. A., Ahmad, M., Abduljabbar, A., Sallam, A. S., & Ok, Y. S. (2017). Impact of biochar properties on soil conditions and agricultural sustainability: A review. *Land Degradation & Development*, 29(7), 2124–2161. <https://doi.org/10.1002/ldr.2829>
- Apolo, D. A. (2021). Análisis de la producción bananera pre y post pandemia de la “Asociación “Asocobaoro” periodo 2019-2020. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4, 128–135. <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/386/406>
- Arata, j. j. (2022). relación de las condiciones climáticas y el manejo de la fertilización con el estado nutritivo y el rendimiento del cultivo de banano (*Musa AAA cv Cavendish*) en el cantón de Parrita, Puntarenas, Costa Rica. *Repositorio TEC*. <https://doi.org/https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/12275>
- Arboleda, D. (2019). Intervención morfológica de la hoja de banano. *Universidad Pontificia Bolivariana*. <https://doi.org/https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/4968>
- Armendáriz, I., Landázuri, P. A., Taco, J. M., & Ulloa, S. M. (2016). Efectos del control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en el plátano. *Agronomía Mesoamericana*, 27(2), 319. <https://doi.org/10.15517/am.v27i2.20552>
- Agegnehu, G., Bass, A. M., Nelson, P. N., & Bird, M. I. (2016). Benefits of biochar, compost and biochar–compost for soil quality, maize yield and greenhouse gas emissions in a tropical agricultural soil. *Science of the Total Environment*, 543, 295-306. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.054>
- AGROCALIDAD. (2014). Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para Banano <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/guia4.pdf>
- Avilac, C., Umaña, M. “Aspectos de Biología y Fitopatogenicidad del hongo *Trichoderma harzianum*, *Paecilomyces lilacinus*, *Beauveria Bassiana*, *Metarhizium Anisopliae*. Sorokin, Sobre *Aenolania*” *Revista ICA*, (2010), pp. 151, 156.
- Barrezueta-Unda, S., Gorotiza, A. C., & Pilcorema, S. S. (2022). Efecto del biocarbón en el desarrollo de las plantas de banano (*Musa AAA*) en fincas a partir de un manejo orgánico

- y convencional. Enfoque UTE, 13(3), 29–44.
<https://www.redalyc.org/journal/5722/572270556004/html/>
- Batool R, Umer MJ, Wang Y, He K, Zhang T, Bai S, Zhi Y, Chen J, Wang Z. Synergistic Effect of *Beauveria bassiana* and *Trichoderma asperellum* to Induce Maize (*Zea mays* L.) Defense against the Asian Corn Borer, *Ostrinia furnacalis* (Lepidoptera, Crambidae) and Larval Immune Response. *Int J Mol Sci.* 2020 Nov 3;21 (21):8215. doi: 10.3390/ijms21218215. PMID: 33153030; PMCID: PMC7663379.
- Bello, T. T., Coyne, D. L., Rashidifard, M., & Fourie, H. (2020). Abundance and diversity of plant-parasitic nematodes associated with watermelon in Nigeria, with focus on *Meloidogyne* spp. *Nematology*, 22(7), 781-797.
- Bhattacharyya, P., Goswami, M., & Bhattacharyya, L. (2016). Perspective of beneficial microbes in agriculture under changing climatic scenario. *Journal of Phytology*, 8: 26-41.
- Biocultivos. (2009). FICHA TÉCNICA: Cepa *Trichoderma viride*.
<http://www.biocultivos.com.co/dctos/Ficha+Tecnica+Cientifica+del+Trifisol.pdf>
- Blanco, S., Sirio, A., & Roldán, S. (2022). Uso de Bioinsecticidas: *Beauveria bassiana*. Instituto Agrotécnico “Pedro M. Fuentes Godo” FCA – UNNE, 1–8.
https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/51284/RIUNNE_FCA_AR_Blanco-Sirio-Roldan.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Boyhan, G. E., O’Connell, S., McNeill, R., & Stone, S. (2019). Evaluation of Watermelon Varieties under Organic Production Practices in Georgia. *HortTechnology*, 29(3), 382–388.
- Bridge, J., and page, S.L.J. 1984. Plant nematode pest of crops in Papua New Guinea. *Journal of Plant Protection in the Tropics* 1:99-109.
- Brown, N. (2018). Hongos benéficos para la agricultura orgánica y convencional. *REVISTA FRUTÍCOLA COPEFRUT S.A.*, 40, 29.
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/62710/NR41337.pdf?sequence=1>

- Cai, K., & Gong, H. (2020). Role of silicon and biochar in plant stress tolerance. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(1), 30. https://www.mdpi.com/journal/ijms/special_issues/Silicon_Biochar_Plant
- Caicedo, O., Balmaseda, C., Cadena, D., & Layana, E. (2021). Sustainability indicators for banana's farm evaluation in agricultural areas of Babahoyo, Ecuador. *La Técnica: Revista de Las Agrocencias*. ISSN 2477-8982, 25(25), 33–43. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i25.2114
- Calberto, G., Blake, D., Staver, C., Carvajal, C., & Brown, D. (2018). The frequency and effects of weather events on banana productivity – results of a global survey. *Acta Horticulturae*. https://www.actahort.org/books/1196/1196_22.htm
- Calle Iñiguez, M. (2014). Desarrollo Turístico Sostenible para el cantón El Guabo perteneciente a la provincia de El Oro. Issuu. https://issuu.com/azulesalvi/docs/plan_desarrollo_-_la_iberia_61cb4bd41bb65c
- Campos, R. (2021). *Identificación de géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de plátano (Musa spp) en san gaban-puno*. Universidad nacional del altiplano. Facultad de ciencias agrarias. <https://core.ac.uk/download/587978755.pdf>
- Cantalapiedra, C. P., Hernández-Plaza, A., Letunic, I., Bork, P., & Huerta-Cepas, J. (2021). eggNOG-mapper v2: functional annotation, orthology assignments, and domain prediction at the metagenomic scale. *Molecular Biology and Evolution*, 38(12), 5825-5829. <https://doi.org/10.1093/molbev/msab293>
- Cardenas, V. (2001). Evaluación agro económica de siete materiales genéticos de sandía con tres niveles de poda vegetativa bajo condiciones protegidas en Zamorano. http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1360/1/T1239.pdf&sa=U&ved=0CAsQFjAAahUKEwjfxIbUqjIAhWLXIgKHaGnCmU&usg=AFQjCNFUjA7hGfqVII54j7_50i0pkp--SQ
- Carreño, P., & Portilla, Y. (2020). EL PLÁTANO Y EL BANANO ORIGEN E INFLUENCIA DESDE 1520 EN EL TERRITORIO LLAMADO COLOMBIA. Trabajo de grado. Fundación Universitaria San Mateo, BOGOTÁ.

- Carpentier, S. C., Witters, E., Laukens, K., Van Onckelen, H., Swennen, R., & Panis, B. (2019). Banana (*Musa spp.*) as a model to study the meristem proteome: Acclimation to osmotic stress. *Proteomics*, 7(1), 92–105. <https://doi.org/10.1002/pmic.200600533>
- Casaca, Á. (2005). El Cultivo de la Sandía. *Banco Interamericano de Desarrollo*, 31(1), 21–28. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642020000100021&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Castelan, F. P., Castro-Alves, V. C., Saraiva, L. A., Nascimento, T. P., Cálhau, M. F. N. S., Dias, C. T. S., & Cordenunsi-Lysenko, B. R. (2018). Natural ecosystem surrounding a conventional banana crop improves plant health and fruit quality. *Frontiers in Plant Science*, 9(June), 1–11. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2018.00759/full>
- Chamorro., G., & Gallegos., C. (2012). Efecto de Tres Sistemas de Poda de Formacion y Tres Densidades de Plantacion en el Comportameinto Agronomico de Sandía, Variedad Charleston Gray (*Citrullus lanatus*. Thunb) En la Zona de Caldera, Carchi. http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2144&sa=U&ved=0CAsQFjAAahUKEwjMn_iEqjIAhWNo4gKHSRsC44&usg=AFQjCNGakU22raDWImd63D8XRqqOzqMeeg
- Chandru, B., Rohini, A., Chandrakumar, M., & Anandhi, V. (2021). An economic analysis on production of hill banana in Dindigul district of Tamil nadu, India. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology*. <https://journalajaees.com/index.php/AJAEES/article/view/1260>
- Chemomics International, I. (2011). Guía para el cultivo de sandía (*Citrullus Lanatus*), Programa de Diversificación Hortícola Proyecto de Desarrollo de la Cadena de Valor y Conglomerado Agrícola.
- Chiriboga, H., Gomez B., G., & Garces E., K. (2015). *Beauveria Bassiana*, hongo entomopatígeno para el control biológico de hormigas cortadoras. In IICA (Instituto interamericano de cooperación para la Agricultura). <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2646/BVE17038724e.pdf;jsessionid=15810051E3ECA9685E6C4B0ADD1280F1?sequence=1>

- Coello, Jazmin (2020). *Evaluación de la aplicación de (Beauveria Bassiana) para el control de la mosca blanca (Bemisia Tabaci L.) en el cultivo de melón (Cucumis Melo L.) en la zona de Vinces, provincia de Los Ríos.* universidad agraria del ecuador facultad de ciencias agrarias carrera de ingeniería agronómica. [http://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/COELLO%20LOOR%20JAZMIN%20VALENTINA%20\(wecompress.com\).pdf](http://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/COELLO%20LOOR%20JAZMIN%20VALENTINA%20(wecompress.com).pdf)
- Crawford, H., & Abarca, P. (2017). Manual de manejo agronómico para cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. et Nakai.) (Boletín IN). <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6667>
- Devi, P., Perkins-Veazie, P., & Miles, C. (2020). Impact of grafting on watermelon fruit maturity and quality. *Horticulturae*, 6(4), 97.
- Díaz, C., & Santos, B. (2012). El acolchado plástico. 1–4. http://agrocabildo.org/publica/Publicaciones/otra_431_acolchado.pdf
- Díaz OA, Montero DM, Lagos JA (2009). Acción de microorganismos eficientes sobre la actividad de intercambio catiónico en plántulas de acacia (*Acacia melanoxylon*) para la recuperación de un suelo del municipio de Mondoñedo, Cundinamarca. *Colomb For* 2009; 2 (1): 141-160.
- Domínguez, C. (2021). Comparación de tratamientos de biochar + óxido de silicio (SiO₂) aplicado a un suelo bananero en el cantón El Guabo. Universidad Técnica de Machala, 1–48. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15166>
- Epstein, E. (1999). Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 50(1), 641-664. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.50.1.641>
- Escalante, A. (2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo (Vol. 34). México: Terra latinoam (online). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-57792016000300367&lng=es&nrm=iso

- Espinosa, J., Moreno, J., & Bernal, G. (2018). *The Soils of Ecuador* (J. Espinosa, J. Moreno, & G. Bernal, Eds.). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25319-0>
- FAOSTAT. (2023). Producción/Rendimiento de Sandías en Ecuador. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- Farez, E., & Pineda, B. (2023). Efecto de la biofumigación para el control de nematodos en el suelo de un cultivo de banano (*Musa x paradisiaca*). https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/21964/1/Trabajo_Titulacion_2241.pdf
- Farouk, S., AL-Huqail, A. A., & El-Gamal, S. M. A. (2023). Potential Role of Biochar and Silicon in Improving Physio-Biochemical and Yield Characteristics of Borage Plants under Different Irrigation Regimes. *Plants*, 12(8), 1605. <https://doi.org/10.3390/plants12081605>
- Fernandez, I. (1996). Estudio de la regulacion en la produccion de sandía (*Citrullus vulgaris* L.) mediante la aplicacion de tres sistemas de poda. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1617.pdf
- Flores-Ruiz, E., Miranda-Navales, M. G., & Villasís-Keever, M. Á. (2017). El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada. *Estadística inferencial. Revista alergia Mexico (Tecamachalco, Puebla, Mexico: 1993)*, 64(3), 364–370. <https://doi.org/10.29262/ram.v64i3.304>
- Flores Tapia, C. E., & Flores Cevallos, K. L. (2021). Pruebas para comprobar la normalidad de datos en procesos productivos: Anderson-Darling, Ryan-Joiner, Shapiro-Wilk y Kolmogórov-Smirnov. *Societas*, 23(2), 83–106. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/societas/article/view/2302>
- Fred B, M., Titus, A., Hussein, S., Gabriel, D., Shahasi Y, A., Perpetua, I., ... & Arthur K, T. (2022). Pumpkin and watermelon production constraints and management practices in Uganda.

- Frete, F., & Martínez, M. (2011). Sandía Análisis De La Cadena De Valor En El Departamento De Concepción. USAID/Paraguay, 4, 46. www.acdivoca.org
- Frete, F., & Martínez, M. (2011). Sandía: Análisis de la cadena de valor en el departamento de Concepción. Paraguay: USAID del pueblo de los Estados Unidos. <https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/sandia.pdf>.
- García Bu Bucogen, G., Piccolo, M. C., & Bohn, V. Y. (2022). Implementación de datos meteorológicos modelados en el norte patagónico argentino (1982-2017). *Investigaciones geográficas*, 78, 67. <https://doi.org/10.14198/ingeo.21449>
- Gómez, A. 2008. Manual de manejo de las diferentes etapas de producción de banano de exportación. Instituto Técnico Agrícola. <http://www.gipag.org/archivos/banano.pdf>
- Gómez-Gómez, M., Danglot-Banck, C., & Vega-Franco, L. (2003). Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas. Cuándo usarlas. *Revista mexicana de pediatría*, 70(2).
- Gowen, S.R. 1994. Burrowing nematode root rot (blackhead toppling disease). Page 21 in: *Compendium of Tropical Fruit Diseases*. R.C. Plates, G. A Zimmer, W. T. Nishijima, K. G.Rohrbach, and H. D. Ohr, eds. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- Guntzer, F., Keller, C., & Meunier, J. D. (2012). Benefits of plant silicon for crops: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 201-213. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0039-8>
- Guzmán, Ó. (2011). *El nematodo barrenador (Radopholus similis [COBB] THORNE) del banano y plátano*. <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n33/n33a12.pdf>
- Hapsari, L., & Lestari, D. (2016). Fruit characteristic and nutrient values of four Indonesian banana cultivars (*Musa* spp.) at different genomic groups. *Agrivita*, 38(3), 303–311. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v38i3.696>
- Hernandez, L. (2005). Estudio preliminar de vigilancia y pronóstico para sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el cultivo de plátano (*Musa* AAB cv Hartón) en Macagua-Jurimiquire, estado Yaracuy. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 22(4), 0378-7818. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-78182005000400002&script=sci_arttext

- Holland, R. J., Williams, K. L., & Khan, A. (1999). Infection of *Meloidogyne javanica* by *Paecilomyces lilacinus*. *Nematology*, 1(1), 131-139. <https://doi.org/10.1163/156854199508090>
- IICA. (2007). Guía práctica para la exportación a EE.UU. 1–11. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7812/BVE19040118e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ibisi, N. E., & Asoluka, C. A. (2018). Use of agro-waste (*Musa paradisiaca* peels) as a sustainable biosorbent for toxic metal ions removal from contaminated water. *Chem. Int*, 4(1), 52.
- Ilahy, R., Tlili, I., Siddiqui, M. W., Hdider, C., & Lenucci, M. S. (2019). Inside and beyond color: Comparative overview of functional quality of tomato and watermelon fruits. *Frontiers in plant science*, 10, 769.
- Jaramillo, S. (2016). Manual de aplicabilidad de buenas prácticas agrícolas para banano. Agencia de Regulación y control fito y zoonosanitario. Quito; MAGAP. Empresa de Agrocalidad. <https://agroecuador.org/images/pdfs/buenas-practicas/agric/Manuales-de-aplicabilidad-deBPA-para-Banano.pdf>
- Jindo, K., Sánchez-Monedero, M. A., Mastrolonardo, G., Audette, Y., Higashikawa, F. S., Silva, C. A., Akashi, K., & Mondini, C. (2020). Role of biochar in promoting circular economy in the agriculture sector. Part 2: A review of the biochar roles in growing media, composting and as soil amendment. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 7(1), 1-10.
- Jones, J. G., Korir, R. C., Walter, T. L., & Everts, K. L. (2020). Reducing chlorothalonil use in fungicide spray programs for powdery mildew, anthracnose, and gummy stem blight in melons. *Plant Disease*, 104(12), 3213-3220.
- Kerry, B. R., & Hominick, W. M. (2002). Biological control of nematodes: Prospects and opportunities. CAB International.
- Khandaker, M. M., Fazil, R., Saifuddin, M. A. A. M., & Zakaria, A. J. (2020). Effects of temperature treatment on seed germination, root development and seedling growth of

- Citrullus lanatus* (watermelon). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 26(3), 558-566.
- Kovács, S., Kutasy, E., & Csajbók, J. (2022). The Multiple Role of Silicon Nutrition in Alleviating Environmental Stresses in Sustainable Crop Production. *Plants*, 11(9), 1223. <https://doi.org/10.3390/plants11091223>
- Lazo, I., Villaseñor, D., Luna, Á., Rodríguez, I., & Cun, J. (2023). Efectos de la aplicación de diferentes fuentes de Silicio foliar en el cultivo de 2 pimiento, Var: Yolo Wonder. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/22156/1/Trabajo_Titulacion_2253.pdf
- Lee, E. S., Kim, D. S., Kim, S. G., Huh, Y. C., Back, C. G., Lee, Y. R., & Lee, J. (2021). QTL mapping for gummy stem blight resistance in watermelon (*Citrullus* spp.). *Plants*, 10(3), 500.
- Lehmann, J., & Joseph, S. (Eds.). (2011). *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781849770552>
- León Serrano, L., Arcaya Sisalima, M., Barbotó Velásquez, N. & Bermeo Pineda, Y. (2020). Ecuador: Análisis comparativo de las Exportaciones de banano orgánico y convencional e incidencia en la Balanza Comercial, 2018. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 7(2), 38-46, <https://doi.org/10.26423/rctu.v7i2.521>
- Liang, Y., Nikolic, M., Bélanger, R., Gong, H., & Song, A. (2015). Effect of silicon on crop growth, yield and quality. In Y. Liang, M. Nikolic, R. Bélanger, H. Gong, & A. Song (Eds.), *Silicon in agriculture: from theory to practice*. Springer, Dordrecht, pp 209–223. https://www.researchgate.net/publication/300484998_Effect_of_Silicon_on_Crop_Growth_Yield_and_Quality
- Lora, D.; R. Betancourth: “Evaluación de los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces lilacinus*. en el control de *Meloidogyne* spp. en Lulo *Solanum quitoense* y tomate de árbol *Solanum betacea*”, *Memorias, VI Seminario Científico Internacional de Sanidad Vegetal, La Habana, Cuba, 2008*.

- Lucas, F. (2018). Efecto de tres diferentes dosis de fertilizantes edáficos y uno foliar en el cultivo de melón (*Cucumis melo*), cantón Milagro, Guayas (Tesis de grado). Recuperado de Universidad Agraria del Ecuador: <https://cia.uagraria.edu.ec/archivos/lucas%20pluas%20juan%20francisco.pdf>
- Luna-Romero, A., Ramírez, I., Sánchez, C., Conde, J., Agurto, L., & Villaseñor, D. (2018). Spatio-temporal distribution of precipitation in the Jubones river basin, Ecuador: 1975-2013. *Scientia agropecuaria*, 9(1), 63–70. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.07>
- Ma, J. F., & Yamaji, N. (2015). A cooperative system of silicon transport in plants. *Trends in Plant Science*, 20(7), 435-442. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2015.04.007>
- Mabagala, F., Geng, Y., Cao, G., Wang, L., Wang, M., Zhang, M. (2020). Effect of silicon on crop yield, and nitrogen use efficiency applied under straw return treatments. *Applied Ecology and Environmental Research*, 18, 5577-5590. https://doi.org/10.15666/aeer/1804_55775590
- Marín, D., Sutton, T., & Barker, K. (2002). Diseminación del banano en Latino america y el Caribe y su relación con la presencia de *Radopholus similis*. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*: <http://www.sidalc.net/repdoc/a2016e/a2016e.pdf>
- Martínez, G., Rey, J. C., Pargas, R., Guerra, C., Manzanilla, E., y Ramírez, H. (2021). Efecto de sustratos y fuentes orgánicas en la propagación de banano y plátano. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 808-822.
- Mazrou, Y. S., Makhlouf, A. H., Elseehy, M. M., Awad, M. F., & Hassan, M. M. (2020). Antagonistic activity and molecular characterization of biological control agent *Trichoderma harzianum* from Saudi Arabia. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30, 1-8.
- McGuire, A. V., & Northfield, T. D. (2020). Tropical occurrence and agricultural importance of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 6.

- McSorley, R. (1994). The spiral nematode. p. 22. En: Ploetz, R.C., G.A. Zentmyer, W.T. Nishijima, K.G. Rohrbach y H.D. Ohr (eds.). Compendium of tropical fruit diseases. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- Mendoza, D. (2009). Incidencia del número de guías principales sobre la producción orgánica de sandía (*Citrullus vulgaris*) en dos cultivares (Royal Charleston y Paladin). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/353/1/13T0647 .pdf](http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/353/1/13T0647.pdf)
- Meneses, A. (2003). Utilización de hongos endofíticos provenientes de de banano orgánico para el control biológico del nemátodo barrenador *Radopholus similis Cobb, Thorne*. centro agronómico tropical de investigación y enseñanza programa de educación para el desarrollo y la conservación. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4275/Utilizacion_de_hongos_endof%C3%ADticos.pdf?sequence=1
- Mesa Vanegas, A. M., Marín Pavas, D. A., & Calle Osorno, J. (2020). Metabolitos secundarios en *Trichoderma* spp. y sus aplicaciones biotecnológicas agrícolas. *Actualidades Biológicas*, 41(111), 1–13. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v41n111a02>
- Meyer, R. S., Cullen, B. R., Whetton, P. H., Robertson, F. A., & Eckard, R. J. (2018). Potential impacts of climate change on soil organic carbon and productivity in pastures of south eastern Australia. *Agricultural Systems*, 167, 34–46.
- Michajluk, J. (2019). Evaluation of silicon content in soil through nuclear analytical techniques. *Revista Científica de La UCSA*, 6(3), 18–22. <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2019.006.03.018-022>
- Ministerio de Comercio Exterior. (2017). Informe sector bananero ecuatoriano. <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Informe-sector-bananero-espa%C3%B1ol-04dic17.pdf>

- Montalván, Erick. (2023). RESPUESTA AGRONÓMICA DEL CULTIVO de SANDIA (Citrullus Lanatus L.) a LA APLICACIÓN de MICORRIZAS Y ÁCIDOS HÚMICOS, CANTÓN SALITRE PROVINCIA DEL GUAYAS. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS.
- Montes, F. (2004). *Análisis de la varianza ANOVA*. Universitat de Valencia. <https://www.uv.es/montes/biomecanica2004/anova.pdf>
- Monzón Arnulfo. “Producción y uso de hongos entomopatógenos”. Funica CATIE, volumen 1, (2010), (Nicaragua), p, 28. [Consulta: 2015-12-14]. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0949e/A0949e.pdf>
- Moreno-Gavira, A., Huertas, V., Diánez, F., Sánchez-Montesinos, B., & Santos, M. (2020). Paecilomyces and Its Importance in the Biological Control of Agricultural Pests and Diseases. *Plants*, 9(12), 1746. <https://doi.org/10.3390/plants9121746>
- Moses, L. E. (1952). *NON-PARAMETRIC STATISTICS FOR PSYCHOLOGICAL RESEARCH*. Uoa.gr. http://expsylab.psych.uoa.gr/fileadmin/expsylab.psych.uoa.gr/uploads/papers/moses_1952.pdf
- Mukherjee, P.K.; Horwitz, B.A.; Herrera-Estrella, A.; Schmoll, M.; Kenerley, C.M. Trichoderma research in the genome era. *Annu. Rev. Phytopathol.* 2013, 51, 105–129.
- Narwade, J. D., Odaneth, A. A., & Lele, S. S. (2023). Solid-state fermentation in an earthen vessel: Trichoderma viride spore-based biopesticide production using corn cobs. *Fungal Biology*.
- Niola, J. (2021). Tema de investigación efectos de dos enmiendas edáficas sobre parámetros agronómicos de producción en banano (Musa x paradisiaca L.). Universidad Técnica de Machala, 1–56.
- Nkoana, D. K., Mashilo, J., Shimelis, H., & Ngwepe, R. M. (2022). Nutritional, phytochemical compositions and natural therapeutic values of citron watermelon

(*Citrullus lanatus* var. *citroides*): A Review. South African Journal of Botany, 145, 65-77.

Norjmaa, U., Nasamdulam, D., Enkhjargal, B., & Banzragch, D. (2019). Morphological and molecular identification of *Beauveria bassiana* from agricultural soils. Mongolian Journal of Agricultural Sciences, 27(02), 20-24.

Olmo, M. (2016). Efectos del biochar sobre el suelo, las características de la raíz y la producción vegetal. España: Universidad de Córdoba. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=63944#:~:text=De%20manera%20general%2C%20la%20adici%C3%B3n,y%20reduciendo%20la%20de%20N.>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). Análisis del mercado del banano: resultados preliminares 2019. FAO. <http://www.fao.org/3/ca7567es/ca7567es.pdf>

Orrala, N. (2013). Influencia de patrones sobre la producción y calidad del fruto de sandía en Santa Elena, Ecuador. 40(4), 11–18. http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V40-Numero_4/cag044131940.pdf

Ownley, B.H.; Gwinn, K.D.; Vega, F.E. Endophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: Ecology and evolution. *BioControl* 2010, 55, 113–128.

Padovan, M. da P., Corrêa, R., Bertollo, N., Perdigão, L., Lamão, A., Culik, M., & Aires, J. (2022). An allometric model to estimate total leaf area of banana plants of the cultivar Vitória (AAAB). *Ciência Rural*, 52(10). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210403>

Panchana, L. (2009). Escuela de campo (ECAs), para el manejo adecuado del cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus*. L) en el recinto Valle de la Virgen, cantón Pedro Carbo. Escuela Superior Politécnica Del Litoral., 48. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VARELA TAPIA JORDAN FRANCISCO.pdf>

Pasiche, L. (2018). CONTROL DE HONGOS ASOCIADOS A LA PUDRICIÓN DE LA CORONA Y DETECCIÓN DEL INÓCULO PRIMARIO EN FRUTOS DE BANANO

ORGÁNICO DE EXPORTACIÓN EN PIURA. Piura - Perú: UNP - EPA., p 61.
<http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1293>

Peña Castillo, R. A., & Galecio Julca, M. Á. (2019). Efecto del silicio orgánico en el rendimiento de maracuyá (*Passiflora edulis*), cultivada en Somate- Sullana. *Revista de Investigaciones de La Universidad Le Cordon Bleu*, 6(1), 25–37.
<https://doi.org/10.36955/riulcb.2019v6n1.002>

Pereira, J. (2021). Facultad de ciencias agropecuarias carrera de ingeniería agronómica. Universidad Técnica de Machala, 1–34.
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15166>

Petchsomrit, A., McDermott, M. I., Chanroj, S., & Choksawangkarn, W. (2020). Watermelon seeds and peels: fatty acid composition and cosmeceutical potential. *OCL*, 27, 54.

Quevedo, A., Magdama, F., Castro, J., & Vera-Morales, M. (2022). Ecological interactions of nematophagous fungi and their potential use in tropical crops. *Scientia Agropecuaria*, 13(1), 97–108. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.009>

Quezada, N. (2014). Estadística con SPSS 22. Editorial Macro.
https://books.google.es/books?hl=es&lr=lang_es&id=hg0wDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=spss+2.0+porque+se+usa&ots=XeYl_1tVkQ&sig=lTO_oPS8c6NiPbAlcVWWIrdbz1Q#v=onepage&q&f=false

Quichimbo, J. (2014). Evaluación del enraizamiento a partir de la aplicación de un biorregulador de crecimiento en yemas de banano (*Musa sp*) con la variedad William. Machala: Universidad técnica de Machala.

Qureshi, J., & Kostyk, B. C. (2023). Comparison of Soil-Applied Insecticides for Control of Silverleaf Whitefly on Watermelon, 2022. *Arthropod Management Pruebas*, 48(1), tsac134.

Reche, J. (1994). Cultivo intensivo de la sandía. In Ministerio de agricultura, pesca y alimentación.
https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_2000_2106.pdf

- Rendón-Macías, M. E., Villasís-Keeve, M. Á., & Miranda-Novales, M. G. (2016). *Estadística descriptiva*. Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755026009.pdf>
- Restrepo, T. (1998). El Cultivo de la Sandía o Patilla *Citrullus Lanatus* en el Departamento del Meta. (Manual de).
- Roderick, H., Tripathi, L., & Poovarasan, S. (2016). Banana: Genomics and transgenic approaches for genetic improvement. *Banana: Genomics and Transgenic Approaches for Genetic Improvement*, 1–346. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-1585-4>
- Rosado, L. (2020). Control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*). <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8498/E-UTB-FACIAG-ING-AGROP-000100.pdf?sequence=1#:~:text=El Ecuador al poseer zonas,por año de 50642 toneladas>.
- Rosales, V. (2018). ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LA SANDÍA (*Citrullus lanatus*) EN EL CENTRO DE PRÁCTICA MANGLARALTO, PROVINCIA DE SANTA ELENA. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4281/1/UPSE-TAA-2018-0005.pdf>
- Salinas, Rosa y Bertha Soriano. (2014). “Efecto de *Trichoderma Viride* Y *Bradyrhizobium Yuanmingense* En El Crecimiento de *Capsicum Annuum* En Condiciones de Laboratorio.” *Revista REBIOLEST*, vol. 2, núm. 2, 2014, págs. 20–32, revistas.unitru.edu.pe/index.php/ECCBB/article/view/750.
- Sánchez-Rodríguez, M. A. (2021) La significancia estadística y los intervalos de confianza: ¿qué me indican y cómo puedo interpretarlos? https://www.researchgate.net/profile/Martha-Sanchez-Rodriguez/publication/353213554_La_significancia_estadistica_y_los_intervalos_de_confianza_que_me_indican_y_como_puedo_interpretarlos/links/617c2d5c3c987366c300061d/La-significancia-estadistica-y-los-intervalos-de-confianza-que-me-indican-y-como-puedo-interpretarlos.pdf

- Sánchez-Rodríguez, A.R.; Raya-Díaz, S.; Zamarreño, Á.M.; García-Mina, J.M.; del Campillo, M.C.; Quesada-Moraga, E. An endophytic *Beauveria bassiana* strain increases spike production in bread and durum wheat plants and effectively controls cotton leafworm (*Spodoptera littoralis*) larvae. *Biol. Control* 2018, 116, 90–102.
- Sankar, C., Jayaraj, J., Shanthi, M., Chinniah, C., Vellaikumar, S., & Rajamanickam, C. (2022). Field Efficacy of Certain Biorational Pesticides against aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) on Watermelon, *Citrullus lanatus* Thunb. Matsum and Nakai. *Madras Agricultural Journal*, 108(december (10-12)), 1.
- Santacruz de León, G., & Santacruz de León, E. (2020). Evaluación del desempeño del riego por aspersión en lotes con cultivo de banana en Chiapas, México. In *Siembra* (Vol. 7, Issue 2, pp. 001–013). <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.1712>
- Sarma, B.K.; Yadav, S.K.; Singh, S.; Singh, H.B. Microbial consortium-mediated plant defense against phytopathogens: Readdressing for enhancing efficacy. *Soil Biol. Biochem.* 2015, 87, 25–33.
- Schmidt-Jeffris, R. A., Coffey, J. L., Miller, G., & Farfan, M. A. (2021). Residual activity of acaricides for controlling spider mites in watermelon and their impacts on resident predatory mites. *Journal of Economic Entomology*, 114(2), 818-827.
- Seaby, D. (1996). Investigation of the epidemiology of green mould of mushroom (*Agaricus bisporus*) compost caused by *Trichoderma harzianum*. *Plant Pathology*, 45: 913-92.
- SEPHU, S. A. (2009). El silicio (Si) como elemento fertilizante. Pdf, 028(Noticias SEPHU), 1–8. *Soil Biol. Biochem.*, 128 (2019), pp. 164-174
- Shrefler, J., Brandenberger, L., Rebek, E., Damicone, J., & Taylor, M. (2015). Watermelon production. Oklahoma Cooperative Extension, Oklahoma State University, Oklahoma, United States of America, Fact Sheets, HLA-6236. Available online at (<http://osufacts.okstate.edu>).
- Sial, T. A., Khan, M. N., Lan, Z., Kumbhar, F., Ying, Z., Zhang, J., Sun, D., & Li, X. (2019). Contrasting effects of banana peels waste and its biochar on greenhouse gas emissions

and soil biochemical properties. *Process Safety and Environmental Protection*, 122, 366–377.

Song, A., Li, Z., Zhang, J., Xue, G., Fan, F., & Liang, Y. (2009). Silicon-enhanced resistance to cadmium toxicity in *Brassica chinensis* L. is attributed to Si-suppressed cadmium uptake and transport and Si-enhanced antioxidant defense capacity. *Journal of Hazardous Materials*, 172(1), 74–83. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.06.143>

Suárez, C. (2019). Efecto de hongos micorrízicos, *Bacillus* Spp y fósforo en el desarrollo vegetativo de banano (*Musa paradisiaca*) variedad Willians en el cantón Valencia Provincia de Los Ríos. Los Ríos: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3269/1/T-AGROPUTEQ-00105.pdf>

Sun, Y., Fan, M., & He, Y. (2019). Transcriptome analysis of watermelon leaves reveals candidate genes responsive to cucumber green mottle mosaic virus infection. *International journal of molecular sciences*, 20(3), 610.

Tirado Vera, J. W., & Zalazar Rosado, G. M. (2018). Banano (cavendish gigante) de rechazo como sustitución parcial de cebada en la calidad fisicoquímica y sensorial de la cerveza artesanal (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL).

Thom, Samson. Selection of isolates of *Paecilomyces lilacinus* Samson to control *Meloidogyne paranaensis* in tomato. [blog], [Consulta: 2015-10-24]. Disponible en: www.mycobank.org/name/Paecilomyces%20lilacinus

Ulas, A., Doganci, E., Ulas, F., & Yetisir, H. (2019). Root-growth characteristics contributing to genotypic variation in nitrogen efficiency of bottle gourd and rootstock potential for watermelon. *Plants*, 8(3), 77.

USDA (United States Department of Agriculture). (2014). Handbook. Keys to Soil Taxonomy, Soil Survey Staff, fourth edition. http://www.ascr.usda.gov/complaint_filing_file.html.

Vadakattu, G. (2012). Beneficial microorganisms for sustainable agriculture. *Official Journal of the Australian Society for Microbiology*, INC 33(3):

- Vargas, A., Watler, W., Morales, M., & Vignola, R. (2017). Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de banano. Costa Rica. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-poreventos-climaticos/Informe-final-Banano.pdf>
- Vargas, R., Wang, A., Obregón, M., Araya, M., Vargas, R., Wang, A., Obregón, M., & Araya, M. (2015). Efecto de *Trichoderma* spp., *Paecilomyces lilacinus* y la inyección de nematicida en el pseudotallo en el combate de *Radopholus similis* y la producción de banano. *Agronomía Costarricense*, 39(2), 61–76. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242015000200061#B44
- Vegas Rodríguez, U. (2013). Manejo Integrado de Banano Orgánico. Agrobanco: <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/009-c-banano.pdf>
- Viera-Arroyo, W. F. (2020). Rol de los microorganismos benéficos en la Agricultura Sustentable Role of beneficial microorganismos in Sustainable Agriculture. *Selva Andina Biosphere*, 8(2), 67-68.
- Villa, M.; Catalán, E.; Inzunza, M.; Román, A. 2005. Manejo de la fertilización en plántulas de tomate para trasplante. *Agrofaz* 5(3): 1-4.
- Villacís-Aldaz, L., Chungata, L., Pomboza, P., & León, O. (2016). Compatibilidad y tiempo de sobrevivencia de cuatro microorganismos benéficos de uso agrícola en biol. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 4(1), 39–45. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592016000100004
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro. *Revista Cumbres*, 1(2), 28-34.

- Villón, M. (2011). Manejo biológico de hongos fitopatógenos del suelo e insectos plagas en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.) en la comuna Rio Verde, Parroquia Chanduy, Provincia de Santa Elena.
- Wijesinghe, S. A. E. C., Evans, L. J., Kirkland, L., & Rader, R. (2020). A global review of watermelon pollination biology and ecology: The increasing importance of seedless cultivars. *Scientia Horticulturae*, 271, 109493.
- Yassin, M. T., Mostafa, A. A. F., & Al-Askar, A. A. (2021b). In vitro antagonistic activity of *Trichoderma harzianum* and *T. viride* strains compared to carbendazim fungicide against the fungal phytopathogens of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(1), 1-9.
- Yassin, M. T., Mostafa, A. A. F., Al-Askar, A. A., Sayed, S. R., & Rady, A. M. (2021a). Antagonistic activity of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma viride* strains against some fusarial pathogens causing stalk rot disease of maize, in vitro. *Journal of King Saud University-Science*, 33(3), 101363.
- Zin, N. A., & Badaluddin, N. A. (2020). Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2), 168-178.
- Zobel, R.W. (1995). Genetic and environmental aspects of roots and seedling stress. *HortScience* 30(6): 1189-1192.