



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

**Efecto de la combinación de Trichoderma y Biocarbón para el control de la
Sigatoka Negra en banano**

**NIOLA JIMENEZ SILVANA LISSETTE
INGENIERA AGRONOMA**

**RUIZ MALLA NIXON JONATHAN
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

Efecto de la combinación de Trichoderma y Biocarbón para el control de la Sigatoka Negra en banano

**NIOLA JIMENEZ SILVANA LISSETTE
INGENIERA AGRONOMA**

**RUIZ MALLA NIXON JONATHAN
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJOS EXPERIMENTALES

Efecto de la combinación de Trichoderma y Biocarbón para el control de la Sigatoka Negra en banano

**NIOLA JIMENEZ SILVANA LISSETTE
INGENIERA AGRONOMA**

**RUIZ MALLA NIXON JONATHAN
INGENIERO AGRONOMO**

JARAMILLO AGUILAR EDWIN EDISON

**MACHALA
2024**

Efecto de la combinación de Trichoderma y Biorcarbòn para el control de la sigatoka negra en banano

por Nixon Jonathan Ruiz Malla

Fecha de entrega: 08-ago-2024 01:51p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2429138766

Nombre del archivo: Tesis_Nixon_Ruiz_Silvana_Niola.docx (4.26M)

Total de palabras: 10508

Total de caracteres: 55287

Efecto de la combinación de Trichoderma y Biorcarbòn para el control de la sigatoka negra en banano

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Trinidad Castillo-Arévalo. "Alternativas biológicas y químicas para el manejo de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.) en Rivas, Nicaragua", *Ciencia e Interculturalidad*, 2022

Publicación

2%

2

Moisés Soto. "Situación y avances tecnológicos en la producción bananera mundial", *Revista Brasileira de Fruticultura*, 2011

Publicación

1%

3

Ricardo Manuel Rossi Valverde, Ricardo Gabriel Rossi Ortiz. "Análisis de las diferencias entre las medias de los indicadores financieros de empresas pesqueras en el periodo 2018-2021", *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, 2023

Publicación

<1%

4

Kadir MÁRQUEZ-DÁVILA, Luis ARÉVALO-LÓPEZ, Raúl GONZALES. "EFECTOS DEL ABONAMIENTO NITROGENADO SOBRE LA ROYA AMARILLA (*Hemileia vastatrix* Berck et. Br.) EN DOS VARIEDADES DE *Coffea arabica* L.", *Folia Amazónica*, 2014

Publicación

<1 %

5

Natalia Langa-Lomba, Jerome Grimplet, Eva Sánchez-Hernández, Pablo Martín-Ramos et al. "Metagenomic Study of Fungal Microbial Communities in Two PDO Somontano Vineyards (Huesca, Spain): Effects of Age, Plant Genotype, and Initial Phytosanitary Status on the Priming and Selection of their Associated Microorganisms", *Plants*, 2023

Publicación

<1 %

6

E Cleef, AC Rêgo, RM Patiño, FO Scarpino, J MB Ezequiel. "Use of acids as additives in sugarcane silage", *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 2015

Publicación

<1 %

7

"Medisinsk mikrobiologi", Gyldendal Norsk Forlag AS

Publicación

<1 %

8

Efraín Lindo Gutarra, Senin Marca Cano, Anghely Lapa Chanca. "Efecto de la manzanilla (*Matricaria camomilla*) en el mildiu

<1 %

(Perenospora variabilis) de la quinua",
Dataismo, 2021

Publicación

9

Gabriela Alban, Mario Caviedes, Luis Ponce,
José Luis Zambrano. "Memorias del II
Simposio Latinoamericano de Aplicaciones
Nucleares en la Agricultura", Archivos
Académicos USFQ, 2020

Publicación

<1 %

10

Pablo Elorza Martínez, Luisa Patricia Uranga
Valencia, Hugo Armando Morales Morales,
Iván Grijalva Martínez et al. "Trichoderma
asperellum en la producción de esquejes de
vainilla", Revista Biológico Agropecuaria
Tuxpan, 2023

Publicación

<1 %

11

Alba Mondragón Valero. "Caracterización de
materiales de almendro y mejora del
desarrollo de planta joven", Universitat
Politecnica de Valencia, 2022

Publicación

<1 %

12

Guilherme S T Garbino, Giovani Hernández-
Canchola, Livia León-Paniagua, Valéria da C
Tavares. " A new Mexican endemic species of
yellow-eared bat in the genus
(Phyllostomidae, Stenodermatinae) ", Journal
of Mammalogy, 2024

Publicación

<1 %

13 Antonio León-Reyes, Noelia Barriga. "**Memorias del Tercer Simposio en Fitopatología, Control Biológico e Interacciones Planta-Patógeno**", Archivos Académicos USFQ, 2020

Publicación

14 Emiro Andres Suárez Paternina, Libardo Alfonso Maza Angulo, Wilson Andres Barragán Hernández, Rene Mauricio Patiño Pardo et al. "Efecto de la suplementación con semilla de algodón y maíz molido sobre el consumo y el desempeño productivo de ovinos de pelo colombiano", Revista MVZ Córdoba, 2018

Publicación

15 "Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 9 (1993)", Brill, 1995

Publicación

16 Trinidad Castillo Arévalo. "Incidencia y severidad de Mal de Panamá (Fusarium Sp) en Guineo (Musa balbisiana ABB)", Ciencia e Interculturalidad, 2021

Publicación

17 Joaquín Guillermo Ramírez Gil, Dario Antonio Castañeda Sánchez, Juan Gonzalo Morales Osorio. "Dinámica microbial del suelo asociada a diferentes estrategias de manejo

de *Phytophthora cinnamomi* Rands en aguacate", Revista Ceres, 2013

Publicación

- 18** Johana Elizabeth Pabón, Tulio César Lagos-Burbano, Diego Fernando Mejía-España, David Duarte-Alvarado. "Response of *Physalis peruviana* L. genotypes to *Fusarium oxysporum* f. sp. *physali* under greenhouse", Revista de Ciencias Agrícolas, 2022
- <1 %
- Publicación
-

- 19** José Miranda-Yuquilema, Alfredo Marín-Cárdenas, Yaneisy García-Hernández. "Repercusión de aditivos microbianos en el comportamiento productivo, zootécnico e incidencia diarreica de lechones", Revista MVZ Córdoba, 2018
- <1 %
- Publicación
-

- 20** Wilmar Alexander Wilches Ortíz, María Margarita Ramírez Gómez, Diana Paola Serralde Ordoñez, Andrea María Peñaranda Rolón et al. "Hongos formadores de micorrizas arbusculares y bacterias promotoras de crecimiento vegetal en uchuva (*Physalis peruviana* L.)", Ciencia e Interculturalidad, 2023
- <1 %
- Publicación
-

- 21** Antonio B. Millan, María Ángeles Domínguez, Carmen Borraz, M. Pau González et al.
- <1 %

"Bacteriemias de presentación comunitaria y nosocomial por Staphylococcus aureus resistente a meticilina en hospitales españoles", Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica, 2010

Publicación

22

Francisco Crespo-Molero, Cristina Sánchez-Romero. " The repercussion of severe mental disorder at school: early school dropout () ", Culture and Education, 2021

Publicación

<1 %

23

J. M. Mejía, R. Mejía de Gutiérrez, F. Puertas. "Ceniza de cascarilla de arroz como fuente de sílice en sistemas cementicios de ceniza volante y escoria activados alcalinamente", Materiales de Construcción, 2013

Publicación

<1 %

24

"Migración intrametropolitana y movilidad social : reproducción de clases sociales, capital simbólico y procesos de segregación en la producción del espacio en el Gran Concepción", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2020

Publicación

<1 %

25

E.L. Rich, A.J. Martin, T.M. Lengel, J.J. Stewart, S.A. Gallo. "Low temperature co-fired glass ceramic high density interconnect substrate with improved thermal management", IEEE

<1 %

Transactions on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, 1990

Publicación

- 26** Edgardo Jiménez-Martínez, Jorge Gómez-Martínez. "Identificación y descripción de síntomas de los principales patógenos asociados al cultivo de marañón (*Anacardium occidentale* L.) orgánico y convencional, en León, Nicaragua", La Calera, 2013

Publicación

- 27** Fernando Echeverri, Fernando Torres, Wiston Quiñones, Gustavo Escobar, Rosendo Archbold. "Phenylphenalenone phytoalexins, will they be a new type of fungicide?", *Phytochemistry Reviews*, 2010

Publicación

- 28** JOHANNA MARÍA MARCANO RODRÍGUEZ. "Diseño de alimentos saciantes: estudio de las propiedades físicas, sensoriales y de la capacidad saciante esperada en un postre lácteo sólido tipo tarta de queso", Universitat Politècnica de València, 2015

Publicación

- 29** Lexikon – Landschafts- und Stadtplanung / Dictionary – Landscape and Urban Planning / Dictionnaire – Paysage et urbanisme / Diccionario – Paisaje y urbanismo, 2001.

Publicación

30 Mehmet Söyler. "Examination of the effects of reactive agility and planned change of direction skills on Self Defense techniques in private security and protection program students", Sportis. Scientific Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity, 2022

Publicación

<1%

31 Sugenith Margarita Arteaga Castillo. "Cultivos para el cambio climático: selección y caracterización de variedades de judía (*Phaseolus vulgaris* L.) y *Phaseolus lunatus* tolerantes a la sequía y salinidad", Universitat Politecnica de Valencia, 2021

Publicación

<1%

32 C. Mileto, F. Vegas, V. Cristini. "Rammed Earth Conservation", CRC Press, 2019

Publicación

<1%

33 Torres, Enrique, JosÃ© Iannacone, and Hilda Gomez. "Biocontrol del moho foliar del tomate *Cladosporium fulvum* empleando cuatro hongos antagonistas", Bragantia, 2008.

Publicación

<1%

34 JORGE PÉREZ LOTZ. "Análisis genético de la resistencia parcial a *Magnaporthe oryzae* en arroz (*Oryza sativa*) en varias poblaciones y

<1%

ambientes.", Universitat Politècnica de Valencia, 2016

Publicación

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

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

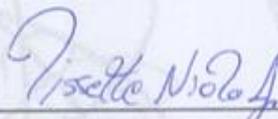
Los que suscriben, NIOLA JIMENEZ SILVANA LISSETTE y RUIZ MALLA NIXON JONATHAN, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Efecto de la combinación de Trichoderma y Biocarbón para el control de la Sigatoka Negra en banano, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita 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.

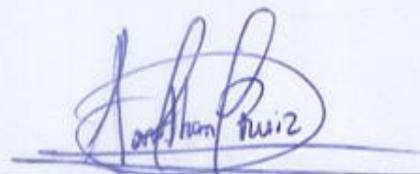
Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

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.



NIOLA JIMENEZ SILVANA LISSETTE

0704182617



RUIZ MALLA NIXON JONATHAN

0705590651

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 Objetivo general:	7
1.2 Objetivos específicos:	7
2. REVISIÓN DE LITERATURA	8
2.1 Origen del banano	8
2.2 Clasificación taxonómica del banano	8
2.3 Importancia económica en Ecuador	9
2.4 Morfología de la planta de banano.....	9
2.4.1 Sistema radicular.....	9
2.4.2. Pseudotallo	9
2.4.3 Tallo, Cormo o Rizoma.....	10
2.4.4 Sistema Foliar	10
2.4.5 Inflorescencia	10
2.4.6 Racimo.....	10
2.5 Requerimientos climáticos y edáficos	10
2.5.1 Requerimientos climáticos	10
2.5.2 Latitud y Altitud	10
2.5.3 Temperatura	11
2.5.4 Requerimiento Edáficos (Suelo)	11
2.5.5 Textura y pH	11
2.6 Necesidades Nutricionales.....	11
2.7 Función de los nutrientes en el Cultivo	11
2.7.1 Nitrógeno (N):.....	12
2.7.2 Fósforo (P):	12
2.7.3 Potasio (K):	13
2.7.4 Calcio (Ca):.....	13
2.7.5 Boro (B):.....	13
2.7.6 Azufre (S):	14
2.8. Principales plagas y enfermedades.....	14
2.8.1 Sigatoka Negra:	14
2.8.2 Moko:	15
2.8.3 Pudrición de la corona:	16
2.8.3 Cochinilla:	17

2.9 Manejo Agronómico del cultivo.....	17
2.9.1 Preparación del Suelo:	17
2.9.1 Siembra:	18
2.9.2 Apuntalamiento:	19
2.9.3 Deshije y Deshoje:	19
2.9.4 Manejo de malezas:	20
2.9.5 Control de enfermedades:	21
2.9.6 Control de plagas:	21
2.10 Trichoderma Harzianum	22
2.10.1 Aspectos generales del <i>Trichoderma</i>	22
2.10.2 Importancia agrícola del género <i>Trichoderma</i>	22
2.10.3 Características macroscópicas	23
2.10.4 Características microscópicas.....	23
2.10.5 Condiciones de crecimiento de <i>Trichoderma harzianum</i>	23
2.11 Mecanismos de acción del Trichoderma	24
2.11.1 Micoparasitismo.....	24
2.11.2 Antibiosis	24
2.11.3 Estimulación de defensas en la planta	24
3. Biorcarbòn	24
4. MATERIALES Y METODOS.....	26
4.1 Localización del ensayo	26
4.1.1 Ubicación Geográfica	26
4.1.2 Material genético del experimento	26
4.1.3 Ciclo de toma de datos	27
4.2 Diseño experimental	27
4.3 Materiales y equipos.....	28
4.3.1 Materiales.....	28
4.3.2 Equipos.....	28
4.4 Procesamiento de los datos	28
5 Desarrollo	29
5.4 Fase de laboratorio	29
5.1.1 Metodología	29
5.1.2 Preparación de medio de cultivo	29
5.1.3 Preparación de <i>Trichoderma liquido</i>	29
5.1.4 Preparación de <i>Trichoderma Sólido</i>	29
5.1.5 Preparación del producto para su aplicación	30

5.1.6 Biorcarbòn de raquis de Banano	30
5.1.7 Preparaci3n del Biorcarbòn de cascaras de Cacao	30
5.2 Fase de campo.....	31
5.2.1 Preparaci3n del terreno	31
5.2.2 Siembra	31
5.2.3 Descripci3n de surcos	32
5.3 Variables a medir.....	32
5.3.1 1rea foliar afectada.....	32
5.3.2 1rea bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE).....	33
5.4 Hip3tesis.....	33
6 RESULTADOS Y DISCUSI3N	34
6.1 Prueba de homogeneidad de varianza	34
6.2 ANOVA de un factor intergrupos	35
6.2. An1lisis Post-hoc (Duncan)	35
7. CONCLUSIONES	46
8. RECOMENDACIONES	47
9. BIBLIOGRAF1A.....	48
10. ANEXOS	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del predio de estudio.	26
Figura 2. Preparación del medio de cultivo en el laboratorio de Micropropagación.....	29
Figura 3 Biorcarbòn de Raquis de Banano	30
Figura 4. Biorcarbòn de cascaras de Cacao.	31
Figura 5. Preparación del terreno.	31
Figura 6. Siembra de plantación de banano.....	32
Figura 7. Barras simples Media de Área bajo la curva del progreso de la enfermedad por combinación de Trichoderma y Biorcarbòn.....	37
Figura 8. Área bajo la curva (ABC).	38
Figura 9. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE).	39
Figura 10. Severidad de la enfermedad (T1).	40
Figura 11. Severidad de la enfermedad (T2).	41
Figura 12. Severidad de la enfermedad (T3).	41
Figura 13. Severidad de la enfermedad (T4).	42
Figura 14. Severidad de la enfermedad (T5).	42
Figura 15. Severidad de la enfermedad (T6).	43
Figura 16. Severidad de la enfermedad (T7).....	43
Figura 17. Severidad de la enfermedad (T8).....	44
Figura 18. Severidad de la enfermedad (T9).....	44
Figura 19. Severidad de la enfermedad (T10).	45
Figura 20. Severidad de la enfermedad (T11).	45
Figura 21. Búsqueda microscópica de Trichoderma harzianum.	52
Figura 22. Identificación de Trichoderma harzianum.	52
Figura 23. Siembra de Mycospharella en PDA.	53
Figura 24. Cultivo de hongo dentro de la caja Petri.	53
Figura 25 Preparación del medio de cultivo (Avena + dextrosa).	53
Figura 26. Marcación en planta (Tratamientos).....	53
Figura 27. Cuadro 10x10 (Toma de datos) campo.....	53
Figura 28. Tratamiento (T7) Trichoderma + Biorcarbòn de cascaras de cacao (Sólido).....	53
Figura 29. Tratamiento (T10) Producto comercial Químico (Mancozeb).....	53
Figura 30. Tratamiento (T8) Trichoderma (líquido)+ Biorcarbòn de Cacao	53
Figura 31. Severidad de la Sigatoka Negra de los diferentes tratamientos.	53
Figura 32. Matriz de datos en SPSS.	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del banano.....	8
Tabla 2. Clasificación taxonómica de Trichoderma	23
Tabla 3 Tratamientos aplicados a la investigación.....	27
Tabla 4 Prueba de homogeneidad de varianza	34
Tabla 5 . Tabla Análisis de Varianza (ANOVA) y estadísticas del modelo.....	35
Tabla 6 Análisis post-hoc (Duncan).....	36

1. INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa spp.*) una fruta tropical de gran importancia económica y cultural, según las estadísticas más antigua, se conoce que Ecuador se inició en la exportación de banano en el año 1910, año en que se informa exportó 71.617 racimos de más de 100 libras; juega un papel crucial en la economía del Ecuador. Este país, ubicado en la región noroeste de América del Sur, es uno de los principales productores y exportadores de banano en el mundo, convirtiéndose en una fuente vital de empleo e ingresos para miles de familias ecuatorianas y un símbolo de excelencia en la producción agrícola. (Vinueza, 2019).

La Sigatoka negra, una enfermedad foliar del banano causada por el hongo *Mycosphaerella fijensis*, es el principal problema en el cultivo. Destruye rápidamente el tejido foliar, reduciendo la fotosíntesis y afectando el crecimiento de la planta y la producción. Sin medidas de control, puede reducir hasta un 50% del peso del racimo y causar pérdidas del 100% de la producción debido al deterioro en la calidad. En Ecuador se estima que la Sigatoka Negra afecta alrededor del 30% de la producción de banano, también puede inducir la maduración prematura de los frutos, lo cual es un riesgo en las plantaciones comerciales. El combate de esta enfermedad representa hasta un 27% del costo total de producción en la industria bananera. Se ha dispersado por todo el continente americano y el Caribe, causando epidemias severas y resaltando la necesidad de estrategias de manejo integrado (Martínez, 2011).

El uso de microorganismos eficientes como *Trichoderma spp.* y la incorporación de biocarbones al suelo son estrategias prometedoras para lograr una producción sostenible. Estas prácticas no solo mejoran la salud del suelo y la disponibilidad de nutrientes para las plantas, sino que también contribuyen a regular las poblaciones de plagas de forma natural (Pilcomera, 2020).

Los hongos *Trichoderma* han demostrado ser eficaces en el control de hongos patógenos y en la estimulación del crecimiento de las plantas en diversos cultivos a nivel mundial. En este estudio, se evaluaron los efectos de aplicaciones únicas y combinadas de distintas cepas de *Trichoderma* y sus metabolitos bioactivos en plantas de soja, observándose un significativo aumento en el crecimiento y rendimiento de las plantas, así como en la absorción de nutrientes. (Lorito, 2019).

1.1 Objetivo general:

Evaluar el efecto de la combinación de *Trichoderma* y Biorcarbòn en el control de la Sigatoka Negra en el cultivo de banano (*Musa spp.*).

1.2 Objetivos específicos:

- Determinar el menor porcentaje de área foliar afectada por Sigatoka Negra en los diferentes tratamientos.
- Determinar la menor área bajo la curva del progreso de la Sigatoka Negra en los diferentes tratamientos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen del banano

El banano tiene su origen en el sureste de Asia, específicamente en la región de Indo malaya. Se cree que su existencia data de hace miles de años y de allí fue propagado hacia el oeste y hacia el sur. Posteriormente, los comerciantes lo llevaron a Europa y de allí fue traído a América en el siglo XV, continente en el que actualmente cuenta con una gran popularidad (Clara, 2020).

Los principales países exportadores Ecuador, Filipinas, Costa Rica, y otros, en el territorio ecuatoriano el país se inició con exportación de banano en el año 1910. El grupo Cavendish es el de mayor producción en el mundo, con un 47 %, principalmente de los clones Gran Enano (Nanica) y Valery (Nanicao). El Gros Michel representa en el mundo 12 % de la producción, los plátanos de consumo cocido, grupo AAB un 17 %, mientras que los plátanos de tierras altas, conocidos como dulces, cultivados en las regiones tropicales como en el sur de Brasil, Islas Canarias y tierras altas de Filipinas han mostrado una gran aceptación. Es el grupo de Prata (Vásquez, 2016).

2.2 Clasificación taxonómica del banano

La clasificación taxonómica del banano, el cual es una megafobia perenne de gran tamaño y no un árbol, fue realizada por Carlos Linneo en 1753. (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación taxonómica del banano

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Zingiberales</i>
Familia	<i>Musaceae</i>
Género	<i>Musa</i>
Especie	<i>M. acuminata</i>

Fuente: Simmonds (1970)

2.3 Importancia económica en Ecuador

El cultivo y exportación del banano representan un pilar fundamental en la estructura económica de Ecuador, ocupando el lugar de la segunda mayor fuente de ingreso monetario del país. Este fruto tiene raíces históricas profundas, con evidencias de su consumo por parte de las primeras civilizaciones humanas y su cultivo intensivo originándose en la región Mediterráneo alrededor del 650 d.C (Velásquez, 2020).

En la actualidad, Ecuador se posiciona como el tercer exportador mundial más grande de banano, destinado más de la mitad de sus exportaciones a los mercados europeos.

La relevancia del banano trasciende lo económico, ya que es vital para el sustento de intocables familias ecuatorianas y es un emblema de calidad agrícola del país. A pesar de los desafíos presentados por la pandemia y las amenazas de salud de los cultivos, se anticipa que el banano seguirá siendo un actor principal en el comercio global de frutas.

2.4 Morfología de la planta de banano

La morfología de la planta de banano es interesante y vital para comprender su estructura y funcionamiento.

2.4.1 Sistema radicular

El sistema radicular de las musáceas es fasciculado y fibroso, las cuales se encuentran conformadas por raíces primarias, secundarias y terciarias. Según Leon (1987) las raíces superiores se extienden en sentido horizontal hasta cinco metros; las inferiores pueden penetrar hasta 1.5m de profundidad.

La raíz es un componente esencial para las plantas de banano. No solo proporciona soporte estructural, sino que también es responsable de la absorción de agua y nutrientes. Por lo tanto, la salud de la raíz es crucial para el desarrollo adecuado del cultivo y, en última instancia, afecta la producción de los racimos (Rodríguez, 2023).

2.4.2. Pseudotallo

El Seudotallo llamado también tronco, o falso tallo, está conformado por las vainas o calcetas de las hojas, las cuales se sobreponen unas sobre otras dando origen al tallo, a travez de este se da el sostén del racimo y se trasporta agua y nutrientes (Marin, 2023).

2.4.3 Tallo, Cormo o Rizoma

La planta de banano se desarrolla a partir de un cormo, que es un rizoma subterráneo. Este cormo está formado por entrenudos y yemas axilares. A medida que la planta crece, se desarrolló los colinos a partir del ápice de crecimiento protegido por las brácteas se desarrollan las hojas y en la madurez de la planta inflorescencia que da origen del racimo (Mozombite, 2019).

2.4.4 Sistema Foliar

Las hojas se encuentran distribuidas en espiral, su desarrollo se da n intervalos de tiempo, de acuerdo con la variedad y el clima en donde se encuentre establecido el cultivo, variando entre 6 días en zonas cálidas y 12 días en mayor altitud, las hojas son grandes conformadas por el limbo, el peciolo, la nervadura central y la vaina o calceta, en total una planta de puede desarrollar entre 36 a 40 hojas (Roncancio, 2019).

2.4.5 Inflorescencia

La inflorescencia del banano se refiere al conjunto de flores agrupadas en un racimo que emerge de la planta de banano. Es un componente crucial en el ciclo de vida de la planta, ya que eventualmente dará lugar a los frutos de banano (Garcia, 2020).

2.4.6 Racimo

El racimo del banano, también conocido como “mano” en algunas regiones, es una estructura fundamental en el ciclo de producción de esta fruta tropical. Se forma a partir de una inflorescencia compuesta por múltiples flores que emergen de una espata, una especie de bráctea que envuelve y protege el racimo en su etapa inicial. A medida que el racimo se desarrolla, las flores se convierten en pequeños frutos que, en conjunto forman un racimo completo (Rafael, 2019).

2.5 Requerimientos climáticos y edáficos

2.5.1 Requerimientos climáticos

Las mejores producciones de banano se encuentran en regiones ubicadas cerca del ecuador terrestre, aproximadamente a 15% al norte y sur (Gaibor, 2023).

2.5.2 Latitud y Altitud

La altitud máxima recomendada para el cultivo de banano es 2000 metros sobre el nivel del mar. La mayoría de las plantaciones comerciales se localizan entre 400 y 600 msnm. Cabe mencionar que la altitud puede retrasar el ciclo vegetativo en

aproximadamente un mes por cada 100 metros adicionales de altitud, Sin embargo, es posible obtener buenos rendimientos hasta los 30° de latitud. (Gaibor, 2023)

2.5.3 Temperatura

La temperatura es un factor crucial para el desarrollo del cultivo. Las condiciones óptimas se encuentran en rangos de 20 a 30°C, donde se obtienen los mejores rendimientos y ciclos cortos, por debajo del 15°C, el crecimiento del banano se detiene (Gaibor, 2023).

2.5.4 Requerimiento Edáficos (Suelo)

2.5.5 Textura y pH

El suelo ideal para banano es rico en materia orgánica, con alto contenido de nitrógeno y un pH entre 6.5 y 7.5.

Debe tener buena capacidad de Drenaje, fertilidad y humedad adecuada.

La profundidad del suelo también es relevante. Los suelos calcáreos sólidos y salinos no son aptos para el cultivo de esta planta.

2.6 Necesidades Nutricionales

La nutrición adecuada es esencial para lograr una alta productividad en el cultivo de banano. La actualización constante de los procedimientos de diagnóstico y manejo de fertilizantes es fundamental para optimizar los rendimientos desde una perspectiva económica. Al mantener un equilibrio adecuado de nutrientes y aplicar prácticas de fertilización precisas, los agricultores pueden maximizar la producción de banano y garantizar una cosecha saludable (Torres, 2019).

2.7 Función de los nutrientes en el Cultivo

La nutrición es crucial en el cultivo del banano, ya que las plantas son muy eficientes y crecen rápidamente. La innovación en la fertilización ha sido clave para mejorar los rendimientos y rentabilidad en este cultivo. Es fundamental planificar y gestionar adecuadamente los programas de fructificación con el fin de evitar que los aumentos en los costos de los fertilizantes afecten la rentabilidad de los cultivos y para reducir el impacto ambiental en las fuentes de agua. Para lograrlo, es necesario mejorar la eficiencia en el uso de los nutrientes, lo cual está relacionado con la cavidad del cultivo para aprovecharlos, el rendimiento de la cosecha y la recuperación de los nutrientes en el campo. Para lograr un crecimiento óptimo y saludable de la planta de banano, es

fundamental aplicar una correcta cantidad de nutrientes tanto en el suelo como en las hojas. Esta estrategia no solo mejora la productividad, sino que también ayuda a prevenir enfermedades y plagas, permitiendo así un desarrollo sostenible y resistente a factores externos.

La falta de fertilidad en los suelos afecta negativamente al crecimiento y rendimiento del cultivo de banano. Para mejorar la fertilidad, es importante que los elementos minerales u orgánicos necesarios se apliquen de manera oportuna y eficiente, considerando el tipo y la cantidad de fertilizantes requeridos (Campelo, 2023).

2.7.1 Nitrógeno (N):

El nitrógeno es esencial para las plantas, ya que es un componente clave de las proteínas, enzimas y ácidos nucleicos que forman parte de la estructura celular. Les ayuda a crecer, desarrollarse y mantenerse saludables. Sin suficiente nitrógeno en el suelo, las plantas no pueden crecer bien y sus hojas se vuelven amarillas. Para los bananos, el nitrógeno es especialmente importante para que las frutas sean grandes y sabrosas (Garnica, 2019).

2.7.2 Fósforo (P):

La importancia del fósforo disminuye después de la tercera cosecha, pero es fundamental en la etapa inicial de la plantación. Este nutriente actúa como regulador del pH y controla los almidones durante la maduración de los frutos. Durante el crecimiento, la planta transfiere cantidades de fósforo al fruto, por lo tanto, se necesita una pequeña cantidad de este nutriente de manera constante (Mazabel, 2019).

Para corregir deficiencias de fósforo en las plantas, se pueden aplicar fertilizantes que contengan este nutriente en forma de fosfato. También se pueden utilizar técnicas como la adición de compost o estiércol, que pueden liberar lentamente fósforo en el suelo. Es importante tener en cuenta que un exceso de fósforo puede interferir en la absorción de otros nutrientes, por lo que es importante mantener el equilibrio en la fertilización.

Por último, el fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento saludable de las plantas y su correcto desarrollo. Por lo tanto, es importante monitorear su disponibilidad en el suelo y tomar medidas para corregir cualquier deficiencia que pueda afectar la salud y productividad de los cultivos (Alvarado, 2021).

2.7.3 Potasio (K):

El potasio es esencial para la nutrición de las plantas y para el proceso de fotosíntesis. La falta de este nutriente puede disminuir el crecimiento y producción de la planta debido a la reducción en la acumulación de carbohidratos. La deficiencia de potasio provoca necrosis en los márgenes de las hojas y un desarrollo lento de la planta. (Alvarado, 2021)

La ausencia de este elemento produce frutas ligeras, pequeñas, estrechas y fácilmente maduras. La carencia de este nutriente es posiblemente el mayor problema para la producción de plátanos a nivel mundial. Se necesitan entre 650 y 900 kg de potasio por hectárea.

El potasio es el nutriente más absorbido por el plátano debido a su alta producción de carbohidratos. Es un catión monovalente que compite con cationes divalentes como el calcio y el magnesio en las raíces. En el citoplasma neutraliza aniones y mantiene el pH entre 7 y 8, esencial para la actividad de enzimas como el nitrato reductasa.

2.7.4 Calcio (Ca):

La carencia de calcio en las plantas de plátano afecta principalmente los tejidos tiernos, provocando clorosis, desordenes celulares y mayor susceptibilidad a patógenos. Esta deficiencia se manifiesta en deformaciones y necrosis de los colinos, debido a la falta de absorción de calcio en los tejidos meristemáticos. La transpiración es el principal medio de absorción de calcio en la planta, por lo que los meristemas y frutos, que transpiran menos, son los primeros en mostrar síntomas de deficiencia. Estudios en sistemas hidropónicos han demostrado que un bajo nivel de calcio en la solución nutritiva afecta el desarrollo de los colinos, reduciendo la producción de fotosintatos y afectando el crecimiento de la planta (Garnica, 2019).

2.7.5 Boro (B):

El boro es un elemento esencial para las plantas, al igual que el calcio, y su distribución en la planta está regulada por la transpiración. A pesar de ser un elemento no móvil, sus deficiencias se manifiestan principalmente en las hojas y tejidos jóvenes, debido a las múltiples funciones que cumple en la planta. En el trópico húmedo se conoce como $B(OH)_3$ y está involucrado en el transporte de azúcares, lo cual se refleja en síntomas característicos de deficiencia en el cultivo del plátano y otras especies vegetales.

La ausencia de boro en las plantas puede causar problemas como engrosamiento de las nervaduras secundarias, curva miento pronunciado en las hojas antes de abrirse, necrosis en los tejidos meristemáticos y menos peso en el sistema radicular. Además, es necesario para el metabolismo del RNA y la síntesis de proteínas, lo que afecta la capacidad de intercambio catiónico radicular (Garnica, 2019).

La escasez de Boro en las plantas es, paredes menos resistentes en comparación con aquellas con niveles adecuados de este elemento. Los efectos de esta deficiencia varían según la especie vegetal, pero en general, concentraciones por debajo de 15 mg kg⁻¹ se manifiestan en reducción del crecimiento, deformaciones, hojas quebradizas y raíces cortas.

2.7.6 Azufre (S):

El azufre en forma de SO₂ puede ser absorbido por las plantas a través de las hojas en los países industrializados con altos niveles de este elemento en el aire, la principal fuente de azufre son los sulfatos. Brinda diversas funciones importantes en el organismo, como ser parte de las proteínas, las vitaminas y las enzimas con el grupo activo sulfhidrilo, que participan en diferentes procesos celulares (Angelica, 1999).

Además, contribuye a la formación de la clorofila, el crecimiento de las raíces y de las bacterias nodulares, así como en la estructura de las proteínas. La deficiencia de azufre se manifiesta en las plantas cuando tienen alrededor de 18 hojas, con una coloración verde-plateada debido a su importancia en las proteínas y en la clorofila. A pesar de ser un elemento móvil, los síntomas de deficiencia no se limitan en las hojas más viejas, como ocurre con otros nutrientes esenciales (Angelica, 1999).

2.8. Principales plagas y enfermedades

La amplia gama y desenfreno de plagas y enfermedades representan una serie amenaza para las producciones agrícolas, incluyendo ácaros, insectos, nematodos y microorganismos fitopatógenos de diversas procedencias. Estos agentes causantes de enfermedades como Moko Bacteriano, Sigatoka negra y Mal de Panamá, generan importantes pérdidas económicas en los países productores de banano y plátano (Ricardo, 2021).

2.8.1 Sigatoka Negra:

Dentro de los fitopatógenos fúngicos, aun se destaca la importancia de los daños causados por la Sigatoka Negra, provocada por *Mycospharella fijiensis*, en el cultivo de

plátanos. Esta enfermedad se propaga a través de esporas sexuales y asexuales y se favorece en ambientes húmedos y lluviosos. Para controlarla, es crucial implementar un programa de manejo integrado que incluya alertas basadas en la epifitología, prácticas culturales y control químico adecuado, evitando la resistencia del hongo a los fungicidas. En la actualidad se busca reducir el uso de fungicidas y se proponen nuevos métodos para aumentar la productividad del banano y plátano de forma sostenible. El manejo integrado de la Sigatoka negra considera aspectos como la susceptibilidad de las plantas, la biología del patógeno, y factores climáticos, entre otros. Se recomienda implementar prácticas de cultivo que reduzcan las condiciones favorables para el patógeno, utilizar variedades resistentes, controlar malezas, eliminar material vegetal infectado y establecer cultivos asociados que reduzcan la presencia de inóculos. Todo esto con el objetivo de minimizar el impacto de la enfermedad y mejorar la salud de las plantas de banano, también causan daños rápidos en las hojas, lo que disminuye la capacidad de la planta para realizar la fotosíntesis, afectando su crecimiento y producción (Ricardo, 2021).

Sin medidas de control, la enfermedad puede reducir el peso del racimo en un 50% e incluso causar la pérdida total de la producción debido a la mala calidad de los frutos. También puede provocar la maduración prematura de los frutos, lo que representa un riesgo importante en las plantaciones comerciales. El combate de la Sigatoka negra es uno de los principales costos en la industria bananera, llegando a representar hasta un 27% del total de la producción. La enfermedad se ha extendido a lo largo de América y el Caribe, causando epidemias severas que han requerido medidas de control más intensiva y la implementación de estrategias de manejo integrado para reducir su impacto negativo.

2.8.2 Moko:

La raza 2 de *Ralstonia solanacearum* habita en el suelo y el agua de forma latente, interactuando con la maleza y como parásito, este patógeno deteriora el sistema vascular de la planta, propagándose desde el rizoma hasta la flor masculina de manera sistemática.

La enfermedad puede comenzar cuando el patógeno entra a través de rizomas enfermos.

Las plantas que crecen a partir de estos propágulos pueden producir racimos, donde las bacterias se encuentran en los nectarios de la flor masculina, siendo transportadas por insectos a las flores de plantas sanas. Esto causa que la infección se

propague de las flores hasta llegar al rizoma y las raíces. La transmisión también puede ocurrir cuando las raíces enfermas se entrecruzan con las sanas o a través de herramientas contaminadas utilizadas en las labores de cultivo. Los síntomas pueden variar según la edad de la planta, el medio de transmisión y el órgano afectado (Juliana, 2021).

Para prevenir y controlar la presencia de *R. solanacearum* en los cultivos de plátano, se pueden implementar medidas como el uso de semillas sanas, prospecciones detalladas, erradicación de plantas en un radio cercano al brote inicial, medidas de bioseguridad y establecimiento de una cuarentena en la zona afectada durante un periodo de seis meses.

Se estima que las pérdidas causadas por esta enfermedad en los cultivos de plátanos y banano podrían ascender a mil millones de dólares a nivel global; en cuanto a sus características morfológicas y bioquímicas, *Ralstonia solanacearum* presenta dos tipos de colonias: virulentas y no virulentas. Los síntomas del Moko en las plantas afectadas incluyen amarillamiento en las hojas, pudrición de los frutos, deformación de los racimos y coloración café-rojiza en los haces vasculares de las plantas, provocando un crecimiento retrasado, marchitamiento y bajo rendimiento del cultivo. La propagación de esta bacteria puede ocurrir a través del uso inadecuado del material de siembra, malezas hospedantes, insectos y herramientas de poda contaminadas. Además, *Ralstonia solanacearum* puede sobrevivir sobre el suelo por largos periodos de tiempos, lo que dificulta su erradicación. Por lo tanto, es necesario realizar pruebas de laboratorio para identificar el agente etiológico y establecer un protocolo de manejo adecuado (Cortázar, 2023).

2.8.3 Pudrición de la corona:

Las lesiones provocadas por esta enfermedad comienzan en la parte superior de la corona, creando manchas desiguales de color negro que se extienden rápidamente a los dedos de plátano. Los bordes de estas lesiones son oscuros y parcialmente definidos. Si las condiciones de humedad son elevadas, en las lesiones se forman diversos cuerpos fructíferos de diferentes hongos como *Colletotrichum* y *Fusarium*. (Buriticà, 2019).

La propagación de la pudrición de la corona del plátano y banano en el campo está relacionada con la presencia de diversos hongos latentes que esperan a que la fruta madure. Estos hongos se mantienen en la plantación y son dispersados por el viento y el agua a través de sus esporas. Al momento de la cosecha y el corte de la corona se genera una herida que facilita la infección de la fruta (Jorgge, 2021).

2.8.3 Cochinilla:

El término cochinilla harinosa se refiere a la cera blanca en polvo que cubre el cuerpo de las ninfas y hembras adultas de estas especies, las cuales se alimentan de la savia de las plantas. Las hembras adultas no tienen alas y pueden poner huevos en una bolsa u ovisaco. Se caracterizan por tener un collar alrededor de los ojos y tibiae posteriores uniformes en la mayoría de los casos. La forma y color del cuerpo puede variar, pudiendo medir entre 2,2 y 9 mm de longitud dependiendo de la especie. Para identificar la especie, se utilizan las hembras adultas, ya que los machos y ninfas carecen de características distintivas. Los machos adultos son parecidos a los insectos y pueden medir entre 0,51 mm y 1,15 mm de longitud, pudiendo tener alas o ser ápteros (Sánchez, 2019).

Los racimos de banano pueden verse afectados por diferentes insectos plaga, algunos, que afectan tempranamente el desarrollo de la fruta y otros que tienen una presencia más moderada, como las cochinillas que pueden colonizar los racimos. Las altas temperaturas y climas secos favorecen su reproducción, así como condiciones de manejo inadecuadas que limitan la actuación de los enemigos naturales en su control.

2.9 Manejo Agronómico del cultivo

Para garantizar la excelencia en la calidad de la fruta, es impresionante llevar a cabo una serie de tareas culturales y de mantenimiento que son fundamentales para el sustento y la producción de la plantación. Por lo tanto, es crucial realizar cada una de estas labores de manera adecuada para asegurar el éxito y la continuidad del cultivo.

2.9.1 Preparación del Suelo:

La tierra ideal para el banano debe tener un pH entre 6,5 y 7,5, con buen drenaje, fertilidad y humedad adecuada. Los suelos calcáreos sólidos salinos no son adecuados para cultivar esta planta. Antes de plantar, es importante abonar el terreno elegido, ararlo varias veces y nivelarlo, incluso utilizando un rotavator para romper el terreno y dejarlo listo para la siembra. Durante esta preparación del suelo, es importante agregar abono extra y mezclarlo completamente con tierra.

El suelo favorable para el desarrollo del cultivo de banano es aquellos que tienen una textura de franco arenoso, franco arcilloso limoso o franco limoso. (Restrepo, 2010)

También es importante que tengan un buen drenaje interno y una alta fertilidad, con una profundidad de 1.2 a 1.5 metros. Además, deben tener buenas propiedades de

retención de agua, por lo que los suelos arcillosos con un 40% de arcilla no son recomendables.

Es fundamental planificar con anticipación el diseño de los canales de drenaje en el cultivo de banano, ya sea para reducir el nivel de agua subterránea o para eliminar el exceso de agua de la superficie. La profundidad de estos canales debe adecuarse a las características físicas del suelo y a la cantidad y frecuencia de las lluvias, siendo habitualmente de entre 1,20 y 1,50 metros. Los canales primarios son trazados con el fin de recolectar y evacuar de manera rápida el agua proveniente de los canales secundarios y terciarios. Para su construcción o adaptación, se puede aprovechar las zonas de mayor declive del terreno, así como ríos, arroyos y quebradas. Los canales secundarios son fundamentales en el sistema de drenaje, y su profundidad y distribución dependen de la topografía y el nivel del agua subterránea en el terreno, los canales terciarios se crean para transferir el exceso de agua de los canales secundarios y mantener un nivel freático adecuado para las raíces de los bananos (Restrepo, 2010).

Por último, los canales cuaternarios o sangrías se construyen en áreas propensas a inundaciones para evacuar encharcada de la superficie.

2.9.1 Siembra:

La disposición en forma de triángulo o tres bolillos facilita una distribución óptima de luz y del terreno, lo que reduce el traslape de las hojas y asegura una mejor cobertura al aplicar fungicidas. Con una distancia de siembra de $2.40 \times 2.80 - 1.20$, se pueden sembrar 1480 plantas por hectárea, existe también la hilera doble que ofrece la posibilidad de maximizar la densidad de siembra en una plantación, permitiendo un mejor aprovechamiento del espacio disponible, también está la técnica de Cuatro vientos o cuadrado con medidas de 2.60×2.60 m, es ideal para terrenos planos con pendientes inferiores al 4% y en regiones de alta precipitación, ya que ayuda a controlar la erosión del suelo.

Se recomienda utilizar la forma de triángulo equilátero (tres bolillos) para lograr una distribución uniforme, permitiendo que cada planta reciba la misma cantidad de luz solar y evitando la competencia por la luz y el espacio. La distancia entre unidades de producción es crucial para el desarrollo óptimo de la producción, por lo que se debe establecer una ubicación adecuada para evitar que se encuentre entre sí. En este sentido, el sistema de siembra en cuadrado es ideal para terrenos planos con pendientes

moderadas, ya que contribuye a controlar la erosión del suelo. Por otro lado, el sistema de siembra en doble surco permite una buena utilización de la luz y del terreno, facilitando la Mecanización del cultivo y la proliferación de malezas. La densidad recomendada para este sistema es 1,450 a 1,850 unidades producción (Jaramillo, 2019).

2.9.2 Apuntalamiento:

El propósito principal de esta práctica según (Araya, 2011) es prevenir las caídas de las plantas de banano durante su desarrollo y llenado de racimos, desde la parición hasta la cosecha. Se utilizan tres tipos de apuntalamiento: rígido, con cuerda y aéreo. El apuntalamiento rígido se basa en el uso de materiales como bambú, caña brava o madera para soportar el peso de la plata, colocados en sentido contrario a la caída de la planta cerca del raquis. El apuntalamiento con cuerda, el más común a nivel nacional, consiste en amarrar un extremo de la planta entre la tercera y cuarta hoja y el otro extremo en la parte basal de plantas vecinas en sentido contrario a la caída. El material utilizado es la cuerda de polipropileno. El apuntalamiento aéreo implica amarrar la tercera y cuarta hoja en sentido contrario a la caída con una cuerda de polipropileno, y el otro extremo a un cable aéreo con un plomo. Este sistema tiene desventajas económicas y requiere considerar el arreglo espacial y el estado de las siembras (Céspedes, 2017).

2.9.3 Deshije y Deshoje:

Es la técnica que permite seleccionar, para producción, el hijo más adecuado eliminando los restantes. Con esta operación se pretende disminuir la competencia de nutrientes, agua, y luz mediante la eliminación de los hijos no apropiados y, como consecuencia, obtener el máximo rendimiento del hijo seleccionado. De la labor de deshije depende la producción continua de racimos de buena calidad (Vergara, 2023).

Una plantación bien deshijada mantiene una buena distribución de plantas en la parcela y una adecuada relación entre tamaño planta madre-hijo, lo que implicaría un aprovechamiento máximo de luz, agua y nutrientes para lograr la producción de racimos de más peso y mejor calidad.

Según la edad en la que se realiza la labor, se pueden distinguir tres tipos de deshije, como son, deshije de formación Plantilla, que consiste en eliminar plantas improductivas al inicio de la brotación, luego está el deshije de mantenimiento o producción, que busca mantener un número ideal de unidades de producción, como planta madre, puyón y rebrote en desarrollo, para una producción escalonada, como último se

encuentra el deshoje de producción de semilla, consiste en seleccionar hijuelos para semilla sin dañar los cultivos comerciales (Vergara, 2023).

Entre las labores está el deshoje, la hoja es el principal órgano fotosintético de la planta, emergiendo como un cilindro enrollado desde el seudotallo. El extremo distal de la vaina foliar se contrae para formar un peciolo que se convierte en la nervadura central, dividiendo el limbo en dos laminas medias. La parte inferior se llama superficie abaxial. Las hojas rudimentarias se llaman hojuelas, mientras que las hojas maduras, llamadas hojas verdaderas, constan de vaina, peciolo, nervadura central y limbo. Las nervaduras en las láminas van en paralelo en una forma de s larga, desde la nervadura central hasta el margen, y al no ramificarse, las hojas se rasgan fácilmente, esto se refiere a la técnica de poda de las hojas en cultivos de frutas para proteger el racimo y mantener la salud de la planta. Esta práctica consiste en eliminar las hojas que obstruyen la protección del racimo y aquellas que ya han completado su ciclo o están dañadas por enfermedades como la sigatoka negra. Es importante tener en cuenta que, para obtener un racimo de buen tamaño, se recomienda mantener entre 10 y 12 hojas en la planta.

2.9.4 Manejo de malezas:

Las malas hiervas compiten con la planta de banano por los rayos solares, agua, espacio y nutrientes; además, pueden ser portadoras de plagas y enfermedades como los trips, la cochinilla y el virus BSV, que son de gran importancia económica. Por lo tanto, es necesario eliminarlas utilizando herramientas como el machete o la lampa. También se puede optar por cubrir el suelo con residuos de hojas picadas o “mulch” para evitar que las malas hiervas crezcan. Durante la fase de establecimiento del cultivo, las malas hierbas pueden ser controladas mediante la siembra de cultivos temporales como frijol o vainitas en el área entre las filas de banano. Aunque algunas malas hierbas pueden retrasar el ciclo de crecimiento de banano, esto se compensa con los beneficios adicionales que aportan los cultivos asociados. Por ejemplo, se ha observado que el frijol puede aumentar el peso de los racimos debido a su capacidad de fijar nitrógeno en el suelo. Cuando el banano es pequeño y sus raíces no han ocupado completamente el espacio entre las filas, se puede recurrir al deshiero mecánico utilizando una grada para eliminar la maleza. Es importante realizar una evaluación técnica antes de aplicar herbicidas para garantizar su efectividad y minimizar los impactos negativos en el medio ambiente (Clavijo, 2020).

2.9.5 Control de enfermedades:

Durante el desarrollo del cultivo de banano, distintas enfermedades causan diversos tipos de daños en las plantas. La principal enfermedad que afecta este cultivo es la Sigatoka Negra, causada por el hongo *Mycosphaella fijiensis*. El control de esta enfermedad se realiza principalmente con productos químicos aplicados de forma aérea, aunque también se puede implementar prácticas culturales como el deshoje, la eliminación de plantas afectadas, densidades de siembra adecuadas, control de malezas y un plan de fertilización adecuado. Además, se puede recurrir al uso de agentes controladores biológicos como los hongos quitinolíticos y bacterias antagónicas como *Bacillus subtilis*. También esta *Fusarium* que se considera como la enfermedad más devastadora de las musáceas a lo largo de la historia, ya que al ingresar al patógeno a la planta afecta su capacidad de absorber y transportar agua y nutrientes al bloquear su sistema vascular. Esto provoca que la planta se marchite gradualmente hasta morir, un proceso que puede durar semanas o meses dependiendo el grado de infección (Morales, 2017).

Los sistemas internos incluyen raíces y cormos de color café oscuro, y en casos severos, esta coloración se puede observar en el pseudopetiole y vena central de la hoja, *Fusarium* se disemina principalmente a través de meristemas infectados, salpicaduras de agua, escorrentía superficial, inundaciones, herramientas contaminadas y la propagación por insectos como el picudo negro.

Los métodos de control de la enfermedad son en su mayoría preventivos y culturales, como el uso de variedades resistentes, la eliminación de plantas enfermas, la adquisición de material sano y el control biológico con organismos como *Trichoderma harzianum* *Bacillus* y *Pseudomonas*.

2.9.6 Control de plagas:

Un insecto plaga es un ser vivo que afecta la producción agrícola disminuyendo su calidad y valor. Para combatirlo, es necesario implementar un manejo integrado que incluya métodos culturales, biológicos y químicos. En la actualidad, se busca una solución más racional y amigable con el medio ambiente, evitando la eliminación total de las plagas y enfermedades fitosanitarias. El uso de productos biológicos contribuye al mejoramiento ambiental al no causar contaminación y al favorecer las relaciones entre los microorganismos del suelo. Por otra parte, el uso de productos químicos puede afectar

negativamente la vida del suelo y la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Morales, 2017).

2.10 Trichoderma Harzianum

El género *Trichoderma spp.* Se encuentra de manera predominante en el suelo, especialmente en aquellos ricos en materia orgánica. Por su relación con esta, se clasifica como un tipo de hongo que se desarrolla bajo tierra, que se alimenta de material lignocelulósico y que también actúa como depredador. Esta especie es aeróbica y puede habitar en suelos con pH desde neutro hasta ácido. *Trichoderma harzianum* se distingue por su rápido crecimiento, alta capacidad de esporulación y por su capacidad de crecer en una gran variedad de sustratos, gracias a su diversidad de enzimas. Esto lo convierte en un eficaz saprófito y, sobre todo, en un efectivo agente de control biológico (Guerrero, 2015).

Son ampliamente reconocidos por sus beneficios para el crecimiento de las plantas, ya que favorecen la absorción de nutrientes, generan hormonas de crecimiento y protegen a las plantas de enfermedades causadas por otros agentes patógenos (Sharma, 2021).

Los microorganismos invaden las raíces y desempeñan un papel beneficioso en la protección de las plantas contra enfermedades causadas por el suelo, a la vez que estimulan su crecimiento. *Trichoderma*, por su parte, disminuye la presencia de contaminantes al descomponer sustancias químicas y residuos metálicos a través de diversas enzimas, además de mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo (Sharma, 2021).

2.10.1 Aspectos generales del *Trichoderma*

2.10.2 Importancia agrícola del género *Trichoderma*

Estas especies de *Trichoderma* están asociadas con la rizosfera de las plantas o pueden vivir dentro de ellas de forma endofítica, lo que les permite promover el crecimiento de las plantas mediante la producción de auxinas, giberelinas y ácidos orgánicos que facilitan la absorción de nutrientes como fosfatos, magnesio, hierro y, manganeso. Además, son importantes en el control de hongos fitopatógenos debido a sus propiedades mico parasitarias y antibióticas (Ferrera, 2019).

Clasificación taxonómica

Tabla 2. Clasificación taxonómica de *Trichoderma*

Reino:	Fungí
División:	Mycota
Subdivisión:	Eumycota
Clase:	Hyphomycetes
Orden:	Moniliales
Familia:	Moniliaceae
Género:	Trichoderma
Especie:	Harzianum

2.10.3 Características macroscópicas

Al principio tienen un aspecto alisado, pero con el tiempo se vuelve más denso y ramificado, formado una red intrincada en el medio de cultivo. Las colonias de *Trichoderma harzianum* son fácilmente distinguibles por su característico cambio de color y la apariencia algodonosa que adquieren con la formación de esporas aéreas.

2.10.4 Características microscópicas

El tamaño de los conidios es promediado entre 2 a 3 μm teniendo presencia lisa y ovalada con presencia de hialinas, septadas en las ninfas del micelio, presentado ramificaciones similares a las de los conidióforos, su robusta pared exterior es parte de su caracterización. A diferencia de las paredes angostas que posee la célula del hongo que carecen de capas conocidas como conidios (Guerrero, 2015).

2.10.5 Condiciones de crecimiento de *Trichoderma harzianum*

Fototropía: Periodos alternados de luz y oscuridad, favorece la colonización de sustratos.

pH: Crecimiento entre 2 y 9 (pH óptimo entre 4,0 y 7,0)

Temperatura: Crecimiento entre 10 °C a 40 °C (Temperatura óptima 25 °C)

Humedad: Alrededor de 70 y 80%

Necesidades nutricionales: Principalmente necesita una fuente de carbono (almidón, pectina, celulosa), fuente de nitrógeno (urea, sulfato de amonio). Los elementos traza requeridos para el crecimiento de hongos en general incluyen hierro, zinc, cobre, entre otros.

2.11 Mecanismos de acción del *Trichoderma*

2.11.1 Micoparasitismo

Esto implica la utilización de enzimas por parte de *Trichoderma* para detectar, reconocer, adherirse y finalmente lisis de las hifas del hospedante. Este proceso depende del tipo de antagonista, del tipo de interacción (Biotrófica o necrotrofica) y de las condiciones ambientales en las que se encuentren (Guerrero, 2015).

2.11.2 Antibiosis

Esto se da con la producción de compuestos volátiles que poseen acción fungistática, provocando que el patógeno se debilite, provocando su sensibilidad a antibióticos dando como resultado el parasitismo.

2.11.3 Estimulación de defensas en la planta

Ciertos patógenos son sensibles a la fitoalexinas, esta es producida por estímulo de *Trichoderma spp*, esto se da al momento que el hongo invade la planta teniendo un efecto de defensa generando un efecto tóxico para patógenos (Guerrero, 2015).

3. Biorcarbòn

El Biorcarbòn se produce al transformar compuestos orgánicos en un ambiente con poco oxígeno. Se utiliza como enmienda para mejorar las propiedades del suelo y aumentar los rendimientos agrícolas, al mismo tiempo que ayuda a mitigar el cambio climático.

Sus propiedades varían según la materia prima utilizada, y las pruebas han demostrado que puede aumentar la actividad microbiana, acelerar el ciclo de los nutrientes y reducir la lixiviación y la volatilización de nitrógeno. Además, el Biorcarbòn puede reducir las emisiones de gases de efecto invernadero como el óxido nítrico y el metano, el biochar a base de residuos de banano mostró los mejores resultados en el área foliar, alcanzando el valor más elevado.

El empleo de Biorcarbòn y *Trichoderma spp*. Es una opción rentable y prometedora para favorecer la agricultura sostenible. Su interacción conlleva ventajas

para la salud del suelo y su desarrollo de las plantas, disminuyendo la dependencia de productos químicos, incrementando la producción sostenible y la seguridad alimentaria. Además, el Biorcarbòn puede ser utilizado en la creación de nuevos productos al potenciar la capacidad competitiva de *Trichoderma* spp. en el suelo. Ambos agentes pueden ser una valiosa herramienta para controlar enfermedades vegetales ocasionadas por patógenos del suelo a través de diversos mecanismos (Belduma, 2021).

4. MATERIALES Y METODOS

4.1 Localización del ensayo

El presente trabajo de investigación se realizó en un área determinada de banano en la granja “Santa Inés” perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, localizada a 5,5 km vía Machala – Pasaje, parroquia El Cambio, cantón Machala, provincia de El Oro (Figura 1).

4.1.1 Ubicación Geográfica

La ubicación geográfica del ensayo está ubicada en las siguientes coordenadas:

Longitud: 79° 54' 05" W.

Latitud: 03° 17' 16" S.

Altitud: 6 msnm

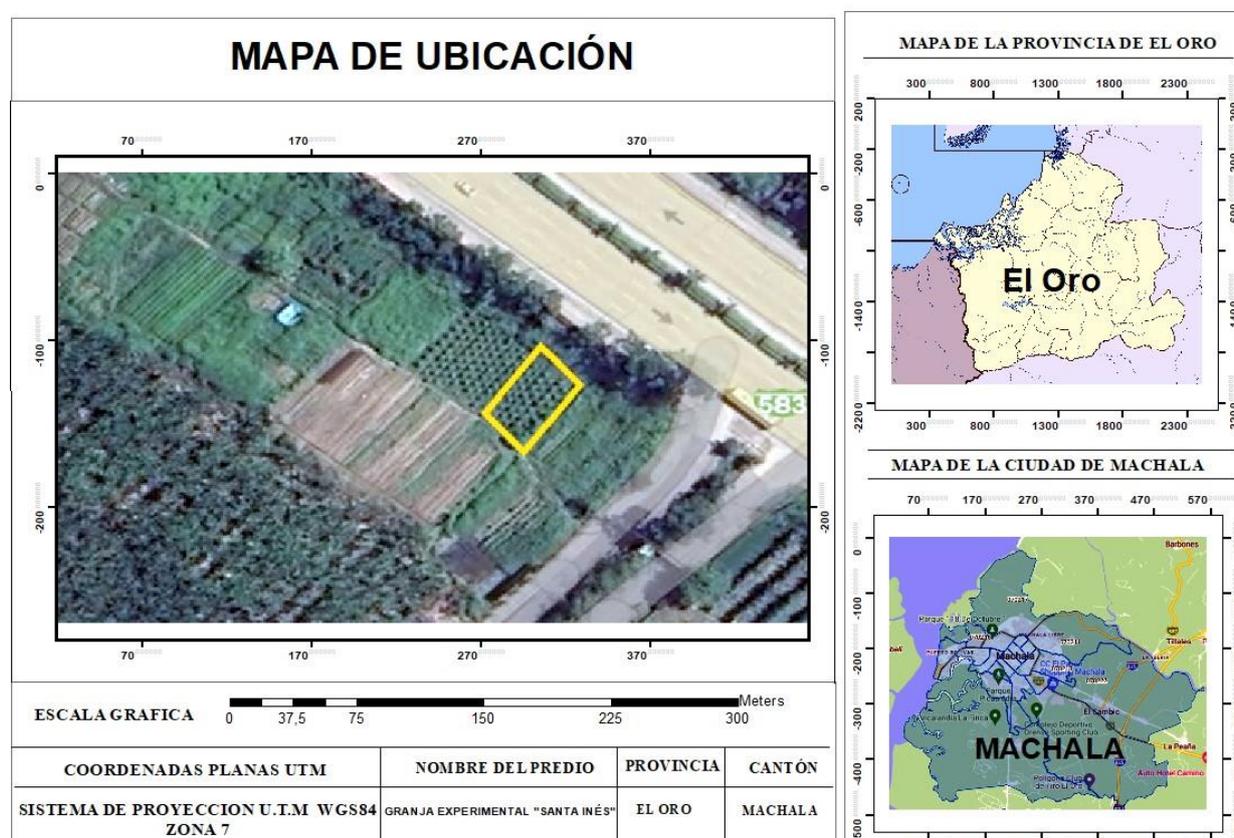


Figura 1. Ubicación geográfica del predio de estudio.

4.1.2 Material genético del experimento

En este estudio se utilizaron 22 plantas de banano del grupo Cavendish, un clon de Williams. El trabajo se centró en la aplicación de *Trichoderma* y Biorcarbón a base

de pulverización directamente a las hojas, y se registraron todos los datos obtenidos en cada unidad experimental, cada tratamiento y repetición se identificó mediante la etiqueta por parcela, y las plantas seleccionadas en la misma forma se identificó mediante pequeños escritos en la planta con marcador permanente, donde se indicaba el número de cada planta.

4.1.3 Ciclo de toma de datos

La recopilación de datos se realizó desde la primera semana de marzo, durante la etapa de crecimiento.

4.2 Diseño experimental

En un experimento realizado en la Granja Experimental Santa Inés, se evaluó el efecto de diferentes tratamientos en el cultivo de banano. El área total del experimento fue de 536.24 m², y se siguió bajo el lineamiento de DCA (Diseño Completamente al Azar). Se establecieron 11 tratamientos, cada uno con cuatro repeticiones y dos unidades de muestreo por repetición. El estudio comenzó en febrero y finalizó en junio en la plantilla de banano de la Granja Experimental Santa Inés (tabla 3).

Tabla 3 Tratamientos aplicados a la investigación.

Tratamiento	Código	Descripción	Dosis x litro
T1	T1R1, T1R2, T1R3, T1R4	<i>Trichoderma</i> (Sólido)	0.70 g
T2	T2R1, T2R2, T2R3, T2R4	<i>Trichoderma</i> (Líquido)	0.30 l
T3	T3R1, T3R2, T3R3, T3R4	<i>Trichoderma</i> (50% Sólido + 50% Líquido)	0.35 g + 0.15 l
T4	T4R1, T4R2, T4R3, T4R4	<i>Trichoderma</i> (Sólido) + Biorcarbòn de Raquis de Banano	0,70 g + 80 g
T5	T5R1, T5R2, T5R3, T5R4	<i>Trichoderma</i> (Líquido)+ Biorcarbòn de Raquis de Banano	0,30 l + 80 g
T6	T6R1, T6R2, T6R3, T6R4	<i>Trichoderma</i> + Biorcarbòn de Raquis de Banano (50% + 50%)	0,35 g + 40 g
T7	T7R1, T7R2, T7R3, T7R4	<i>Trichoderma</i> (sólido) + Biorcarbòn de Cacao	0.70 g + 80 g
T8	T8R1, T8R2, T8R3, T8R4	<i>Trichoderma</i> (líquido)+ Biorcarbòn de Cacao	0.30 l + 80 g
T9	T9R1, T9R2, T9R3, T9R4	<i>Trichoderma</i> + Biorcarbòn de cacao (50% + 50%)	0,35 g + 40 g
T10	T10R1, T10R2, T10R3, T10R4	Mancozeb	2.0 g
T11	T11R1, T11R2, T11R3, T11R4	(Testigo absoluto)	

4.3 Materiales y equipos

4.3.1 Materiales

- Marcadores
- Lápiz
- Libreta de apuntes
- Mechero
- Alcohol
- Agua destilada
- Pipetas
- Caja Petri
- Trichoderma
- Medio de cultivo
- Envases de Orina 100ml
- Avena
- Trichoderma Comercial
- Machete
- Pala
- Piola
- Cinta métrica
- Estacas

4.3.2 Equipos

- GPS
- Software InfoStat
- Balanza Gramera
- Autoclave
- Cámara de flujo laminar

4.4 Procesamiento de los datos

Los datos obtenidos en el ensayo fueron sometidos a un análisis exploratorio mediante la prueba de datos de varianzas para comprobar si cumplen con los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Los datos que cumplen con los supuestos se realizó su respectivo ANOVA de un factor intergrupo paramétrico y los que no cumplen se analizaron mediante ANOVA no paramétrica como la prueba Kruskal Wallis.

5 Desarrollo

5.4 Fase de laboratorio

5.1.1 Metodología

5.1.2 Preparación de medio de cultivo

El proceso para la preparación de cada uno de los tratamientos se siguió los pasos que se detallan a continuación, se colocó la avena (300g) en el vaso precipitado, se le agregó un poco de agua, se mezcló hasta lograr una consistencia uniforme, se llevó al microondas por 5 minutos, ya que se logró la cocción de la avena se le dejó enfriar por unos minutos hasta que la temperatura del vaso sea manejable para luego proceder a colar la avena, ya obtenido el líquido de la avena, se le aplicó (23g) dextrosa más el antibiótico Cloranfenicol (100mg), una vez que se mezcló todo, se procedió a verter el medio en frascos de vidrio, posteriormente se autoclave el medio y todos los materiales para la inoculación de *Trichoderma* (Figura 2).

Una vez listo los medios de cultivo se procedió a preparar los tratamientos.



Figura 2. Preparación del medio de cultivo en el laboratorio de Micropropagación.

5.1.3 Preparación de *Trichoderma* líquido

Para la preparación de *Trichoderma* líquido se ocuparon seis envases de orina de 100 ml cada uno, se vertió dentro de los frascos el medio de cultivo y se le agregó *Trichoderma* comercial en dos litros de agua.

5.1.4 Preparación de *Trichoderma* Sólido

Para la preparación de *Trichoderma* sólido se utilizó 1,6 gramos de *Trichoderma* comercial en 2.4 litros de agua, luego se le agregó el Biorcarbón correspondiente al

tratamiento de Biorcarbòn de raquis de banano y Biorcarbòn de cáscara de cacao, mezclando bien para lograr una mezcla homogénea.

5.1.5 Preparación del producto para su aplicación

Al momento de ir aplicar al campo los Tratamientos (T4, T5, T6) se le aplicó 40g de Biorcarbòn de raquis de banano a cada uno de ellos y los tratamientos (T7, T8, T9) se le aplicaron 40g de Biorcarbòn de cáscaras de cacao en cada tratamiento.

5.1.6 Biorcarbòn de raquis de Banano

Se utilizó producto comercial Biorcarbòn de raquis de banano (Figura 3).



Figura 3 Biorcarbòn de Raquis de Banano

5.1.7 Preparación del Biorcarbòn de cáscaras de Cacao

Se recogió la cáscara de cacao recién cosechada, se procedió a secarlas al sol durante cuatro días. Una vez deshidratadas, se colocaron dentro de un recipiente metálico que se selló para evitar la entrada excesiva de oxígeno. Luego, se sometió el recipiente a una temperatura de 300°C, lo que provocó un proceso llamado Pirolisis, como resultado logrando así obtener el Biorcarbòn de las cáscaras de cacao (Figura 4).



Figura 4. Biorcarbón de cascaras de Cacao.

5.2 Fase de campo

5.2.1 Preparación del terreno

Se realizó el proceso de preparación del terreno, se realizó la remoción del suelo, dejando suelto, a continuación, se realizó los canales de drenaje para que las plantas puedan tener oxigenación y logren drenar el agua excedente, se puso a capacidad de campo el área de plantación para que esté listo para el trasplante de la planta de banano (Figura 5).



Figura 5. Preparación del terreno.

5.2.2 Siembra

Se efectuó la plantación el día Lunes 4 de diciembre de 2023 en los predios de la universidad técnica de Machala dentro de la FCA (Facultad de Ciencias Agropecuarias), la siembra se dio usando el sistema de Triangulo o hexágono con una distancia de 2.74 metros de distancia entre planta (Figura 6).



Figura 6. Siembra de plantación de banano.

5.3 Variables a medir

Para el desarrollo de este trabajo experimental se consideran las siguientes variables:

- Área foliar afectada (AFA)
- Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE)

5.3.1 Área foliar afectada.

Para determinar el área foliar afectada en cada hoja, se debe realizar una estimación visual del área total que presenta síntomas. Luego, se calcula el porcentaje de la hoja que está cubierta por estos síntomas, utilizando un patrón que divide la hoja en diferentes proporciones porcentuales. (Infante, 2018)

Para la toma de datos se seleccionó dos hojas por cada tratamiento, en cada hoja se usó un patrón o modelo que divide la hoja en proporcionales porcentuales donde se marcó un área cuadrada de 10x10 cm en la parte superior derecha y en la parte inferior izquierda del envés de la hoja dividido en 4 secciones de 25% cada una, dando un total del 100% para evaluar, la toma de datos es recopilados semana tras semana y se promedió de manera mensual.

5.3.2 Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE)

El Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE), también conocida como AUC (por sus siglas en inglés, *Area Under the Curve*), es una medida cuantitativa utilizada para evaluar la progresión de una enfermedad a lo largo del tiempo en estudios clínicos y experimentales. Esta métrica se utiliza principalmente en ensayos clínicos para evaluar la eficacia de tratamientos o intervenciones sobre una enfermedad crónica o de larga duración. (Jiménez, 2020)

Los datos de (AFA) tomados semanalmente se aplicó la fórmula de ABCPE para obtener dichos datos, con los registros de severidad por tratamiento se calculó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), para la Sigatoka Negra en banano.

5.4 Hipótesis

Hipótesis alternativa

Los bioformulados de *Trichoderma* con Biorcarbón como regulador natural es una alternativa efectiva para el control de la sigatoka negra en el cultivo de banano.

Hipótesis nula

Los bioformulados de *Trichoderma* con Biorcarbón como regulador natural no es una alternativa efectiva para el control de la sigatoka negra en el cultivo de banano.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Prueba de homogeneidad de varianza

La homogeneidad de varianza, también conocida como homocedasticidad, es el supuesto de que las varianzas dentro de los diferentes grupos son iguales. Este es un requisito fundamental para muchas pruebas estadísticas paramétricas, como el ANOVA, porque estas pruebas asumen que las varianzas de los grupos comparados son equivalentes.

En la Tabla 4 analizada mediante la prueba de homogeneidad de varianza, el Área bajo la curva del progreso de la enfermedad, el p-valor de 0,079 es mayor que (0,05), lo que sugiere que las diferencias observadas en las varianzas entre los grupos no son estadísticamente significativas, esto significa que se cumplen los supuestos de homogeneidad de varianza en tal caso se procede a realizar la prueba paramétrica ANOVA de un factor intergrupos.

Tabla 4 Prueba de homogeneidad de varianza

Pruebas de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	p-valor
Área bajo la curva del progreso de la enfermedad	Se basa en la media	9,709	10	165	,079
	Se basa en la mediana	2,676	10	165	,005
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2,676	10	71,297	,008
	Se basa en la media recortada	7,999	10	165	,000

Para el análisis del área bajo la curva del progreso de la enfermedad, se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas, permitiendo el uso de pruebas paramétricas. Sin

embargo, para las medidas basadas en la mediana, las varianzas no son homogéneas, lo que podría requerir el uso de métodos no paramétricos o ajustes adicionales en el análisis.

6.2 ANOVA de un factor intergrupos

En la Tabla 5 se efectuó un ANOVA, para contrastar la eficiencia entre los tratamientos para la variable. El análisis de varianza muestra un p-valor de 0,001 para las diferencias entre grupos. Este valor es menor que el umbral de 0,05 lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en relación con el área bajo la curva del progreso de la enfermedad.

ANOVA					
Área bajo la curva del progreso de la enfermedad					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
Entre grupos	158,492	10	15,849	3,061	,001
Dentro de grupos	854,306	165	5,178		
Total	1012,798	175			

Tabla 5 . Cuadro de Análisis de Varianza (ANOVA) y estadísticas del modelo.

Dado que el p-valor es menor que 0,05 podemos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa y concluir que al menos uno de los tratamientos tiene un efecto significativo de los demás en términos del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE).

6.2. Análisis Post-hoc (Duncan)

En la Tabla 6 analizada, tras realizar el (ANOVA), se realizó una tabla de análisis de Post-Hoc, se aplicó la prueba de rango múltiple de Duncan (DMRT), para identificar diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. El test Duncan se llevó a cabo con un nivel de significancia ($\alpha = 0,05$). Los resultados detallamos a continuación:

Los tratamientos de T1 A T11, con sus respectivas medias y las medias oscilan entre 0,34 (T10) y 3,56 (T8)

Los tratamientos T0 y T7 presentan las medias más bajas, con 0,34 y 1,10 respectivamente, mientras que el resto de los tratamientos tienen medias considerablemente más altas, agrupándose alrededor de valores cercanos 3.

La efectividad de tratamientos basándonos en la tabla de análisis de Post-hoc (Duncan), Mancozeb (T10) es el tratamiento más efectivo, seguido por *Trichoderma* (sólido) + Biorcarbòn de Cacao (T7), mientras que los demás tratamientos tienen una efectividad menor.

Tabla 6 Análisis post-hoc (Duncan)

Área bajo la curva del progreso de la enfermedad				
Duncan ^a				
Combinación de <i>Trichoderma</i>	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		c	b	a
(T10) Mancozeb	16	,3362		
(T7) <i>Trichoderma</i> (solido) + Biorcarbòn de Cacao	16	1,1000	1,1000	
(T1) <i>Trichoderma</i> (Solido)	16		2,6281	2,6281
(T4) <i>Trichoderma</i> (Solido) + Biorcarbòn de Raquis de Banano	16		2,7344	2,7344
(T5) <i>Trichoderma</i> (Liquido)+ Biorcarbòn de Raquis de Banano	16		2,8188	2,8188
(T3) <i>Trichoderma</i> (50% Solido + 50% Liquido)	16			2,9063
(T2) <i>Trichoderma</i> (Liquido)	16			2,9531
(T6) <i>Trichoderma</i> + Biorcarbòn de Raquis de Banano (50% + 50%)	16			3,1281

(T9) Trichoderma + Biorcarbòn de cacao (50% + 50%)	16			3,2156
T11 (Testigo absoluto)	16			3,4156
(T8) Trichoderma (liquido)+ Biorcarbòn de Cacao	16			3,5625
Sig.		,344	,051	,338
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 16,000.				

En la figura 7 se demuestran resultados de la eficiencia de los tratamientos aplicados para el control de la Sigatoka Negra en Banano, donde se logra identificar que los tratamientos del grupo (C y BC); T10 y T7 tienen un efecto considerablemente efectivo en comparación con los demás.

Barras simples Media de Área bajo la curva del progreso de la enfermedad por Combinación de Trichoderma

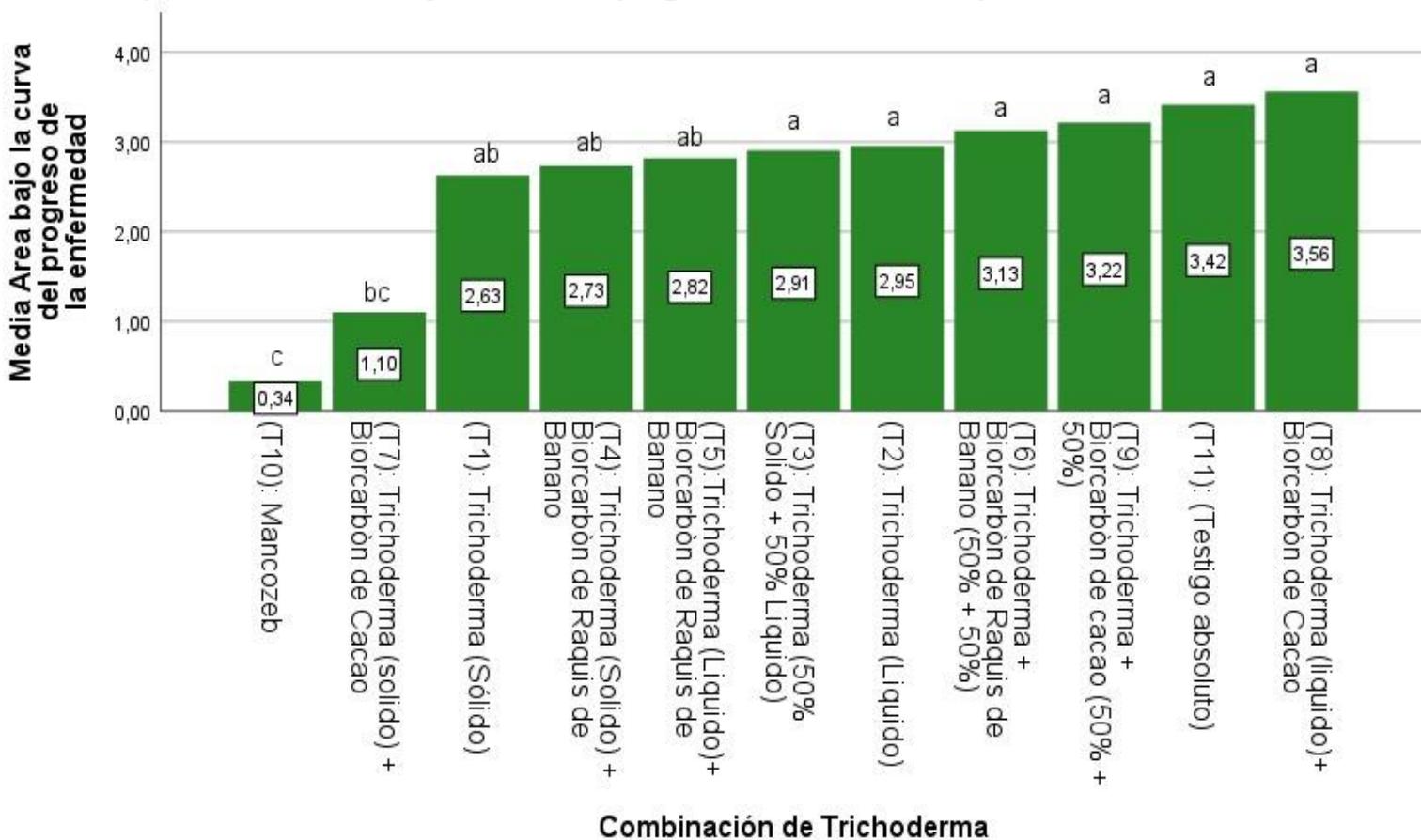


Figura 7. Barras simples Media de Área bajo la curva del progreso de la enfermedad por combinación de Trichoderma y Biorcarbòn.

Los resultados se describen a continuación:

En la figura 8 se crea un gráfico de barras de Área bajo la curva, Según los tratamientos aplicados en nuestro proyecto de investigación, en este caso en cuanto a la severidad de la enfermedad Sigatoka Negra, se notaron diferencias estadísticas y significativas entre los diferentes tratamientos que se aplicaron. Tomando en cuenta las letras que acompañan al número y notamos que el tratamiento T10 (Producto comercial MANCOZEB) es el más efectivo y el T7 (*Trichoderma* + Biorcarbòn de Cacao SÓLIDO) es el tratamiento que mejor ha optado para contrarrestar la enfermedad en la planta de banano; el T1 tiene un valor intermedio indicando una severidad moderada y el T8 el menos indicado esto es gracias a los diferentes Bioformulados aplicados.

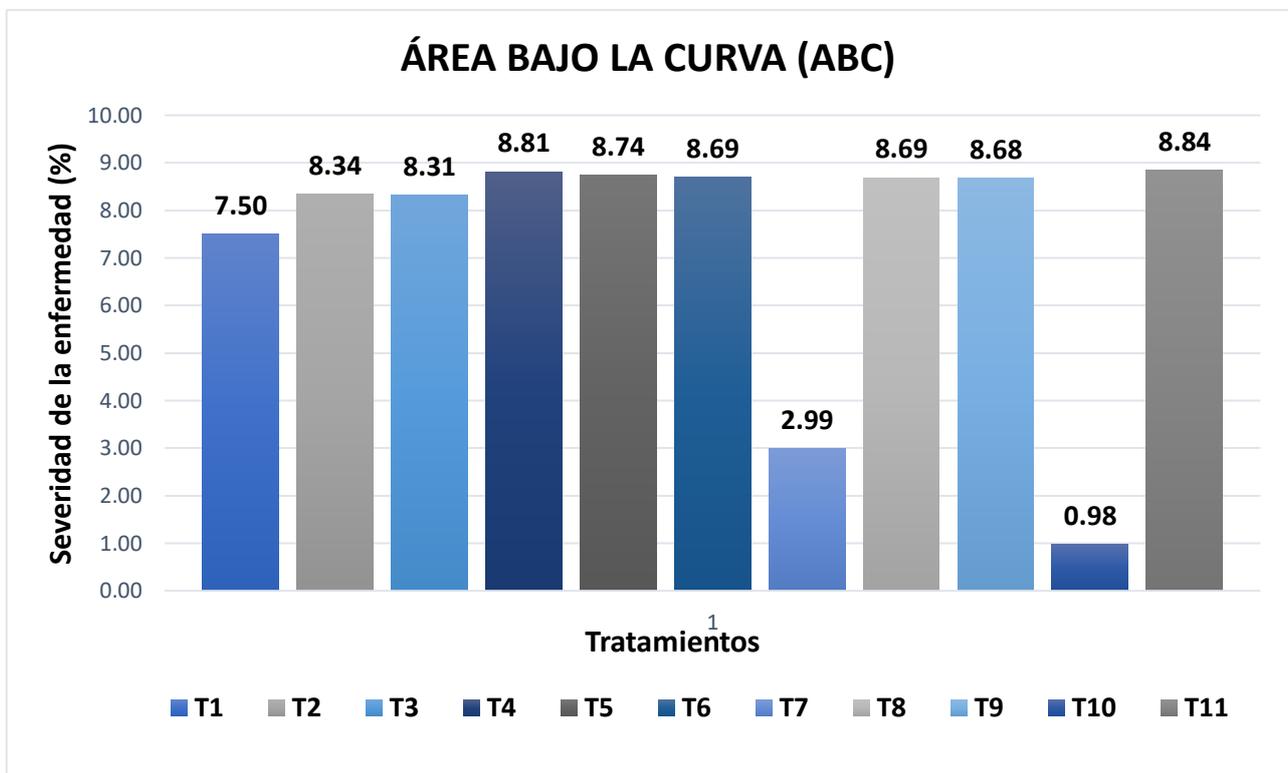


Figura 8. Área bajo la curva (ABC).

En la Figura 9 se crea un gráfico de barras agrupadas donde se muestra el área bajo la curva (ABCPE) de la severidad de la sigatoka negra en diferentes tratamientos (T1 a T11) a lo largo de cuatro repeticiones (R1, R2, R3, R4), donde demuestra que el (T10) Mancozeb consistentemente tiene las barras mas bajas en todas las semanas, indicando que es el tratamiento más efectivo en reducir el progreso de la enfermedad, y el (T7) también muestra barras bajas, especialmente en la SEM4 y SEM5, lo que sugiere una buena efectividad de tratamiento para el control de Sigatoka Negra en el cultivo de Banano.

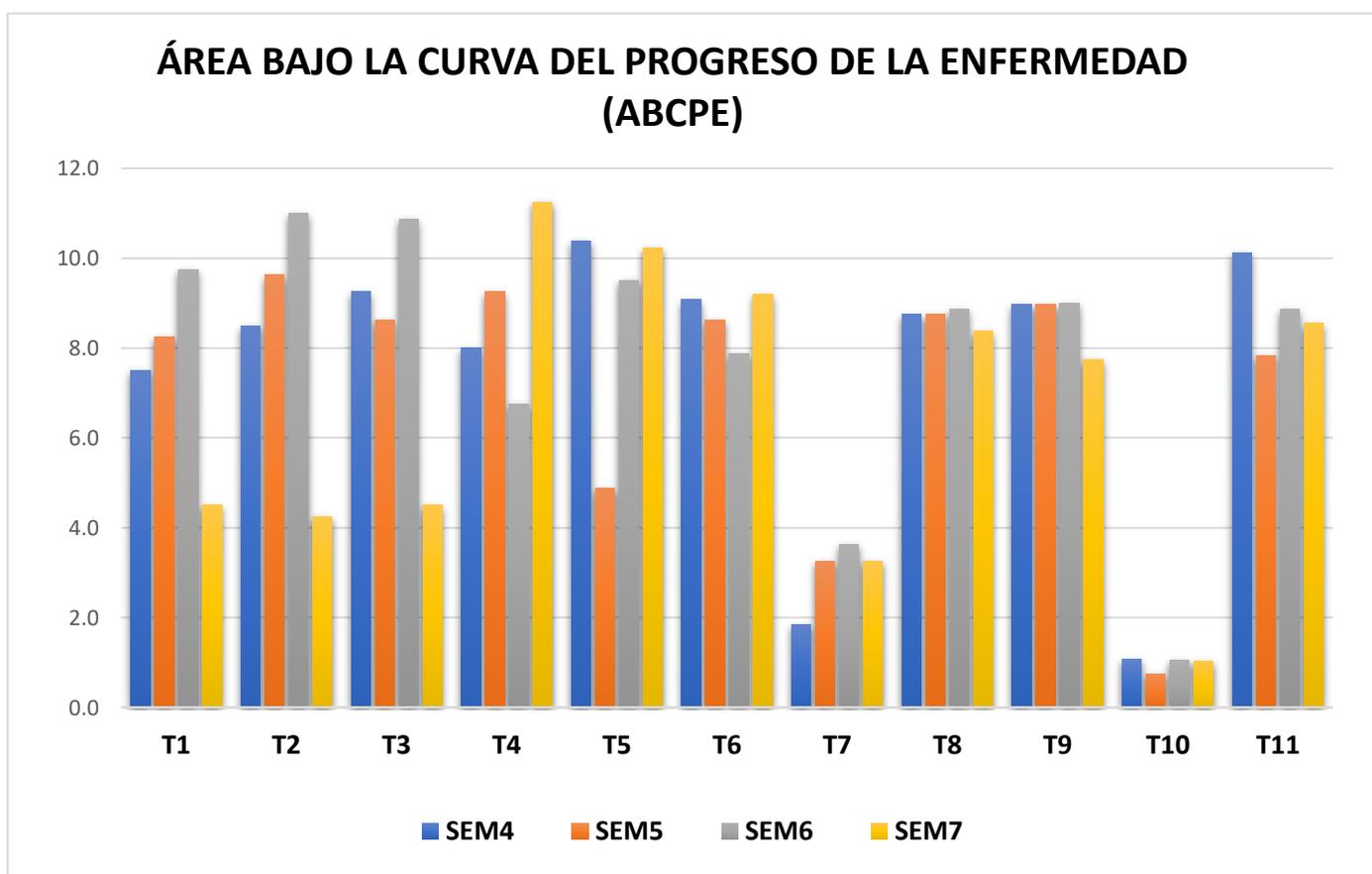


Figura 9. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE).

1. T1.- Trichoderma (Sólido)

En la figura 10 muestra la severidad de la enfermedad (%) para el T1 (*Trichoderma solido*) a lo largo de cuatro repeticiones (R1, R2, R3, R4), es bastante constante en las tres repeticiones, y en la R4 tiene menor severidad de la enfermedad.

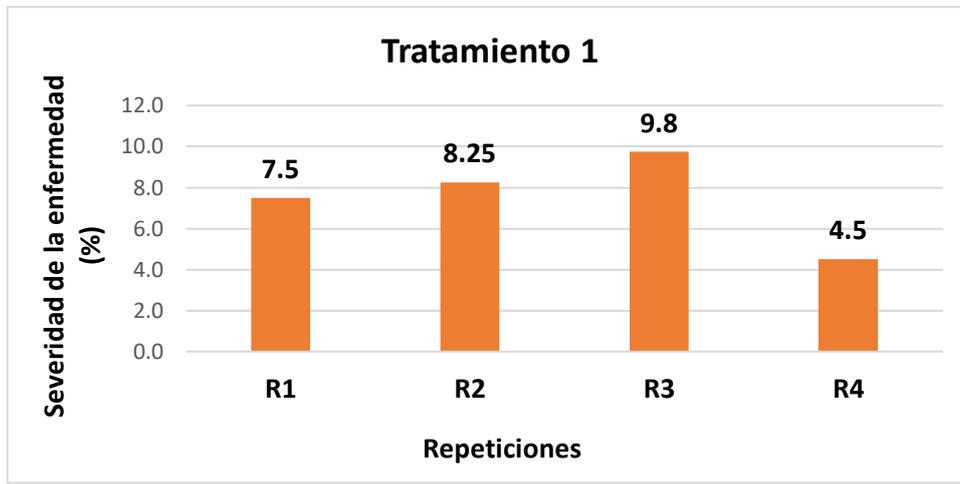


Figura 10. Severidad de la enfermedad (T1).

2. T2.- Trichoderma (Líquido)

En la figura 10 muestra la severidad de la enfermedad (%) para el (T2), Presenta variaciones en la severidad entre las repeticiones. R1 y R2 muestran valores más altos, cercanos a 10, mientras que en R3 muestra la mayor severidad de la enfermedad, y en la R4 tiene la menos severidad de la enfermedad.

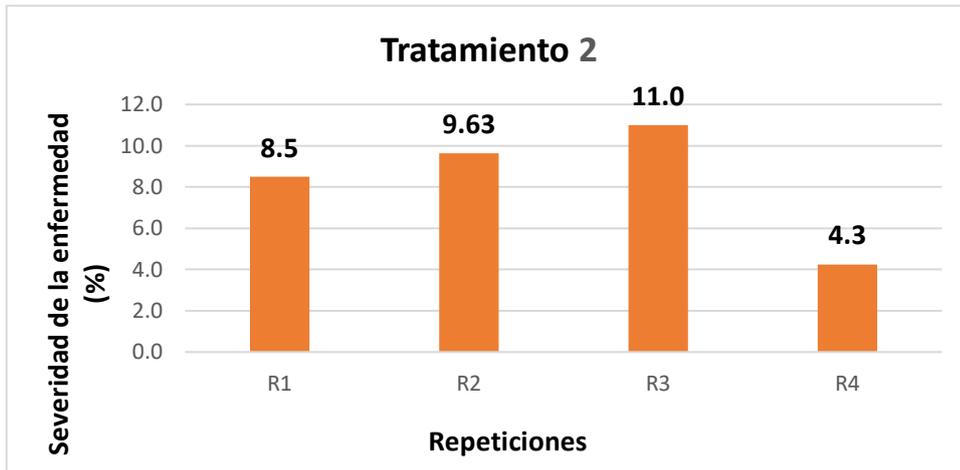


Figura 11. Severidad de la enfermedad (T2).

3. T3.- Trichoderma (50% Solido + 50% Liquido)

En la figura 12 muestra la severidad de la enfermedad (%) para el (T3), a lo largo de cuatro repeticiones (R1, R2, R3, R4) Muestra una variabilidad en la efectividad del tratamiento 3, mientras que, en el R4, tiene la menor severidad de la enfermedad.

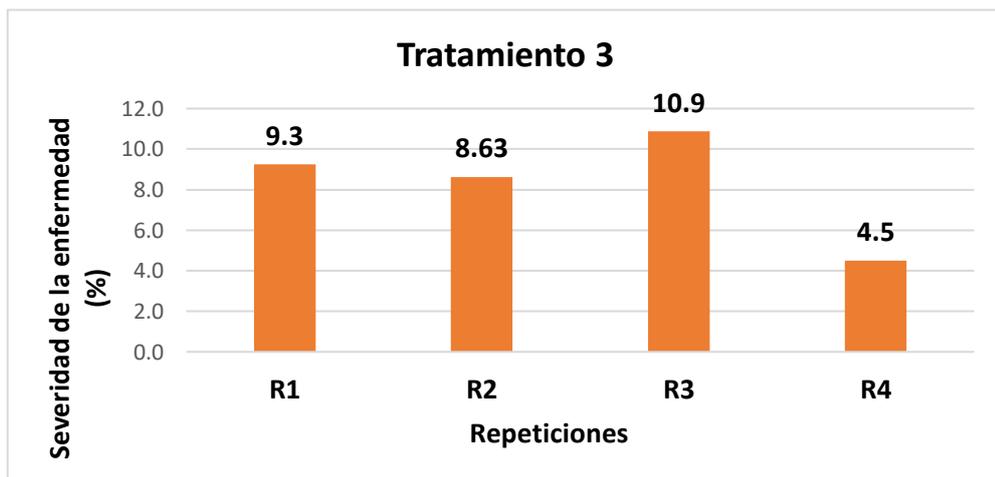


Figura 12. Severidad de la enfermedad (T3).

4. T4.- Trichoderma (Solido) + Biorcarbòn de Raquis de Banano

En la Figura 13 muestra la severidad de la enfermedad (%) para el Tratamiento (4), a lo largo de cuatro repeticiones (R1, R2, R3, R4), analizamos

que tiene una alta severidad en las repeticiones R1, R2 y R4, con una ligera disminución en R3.

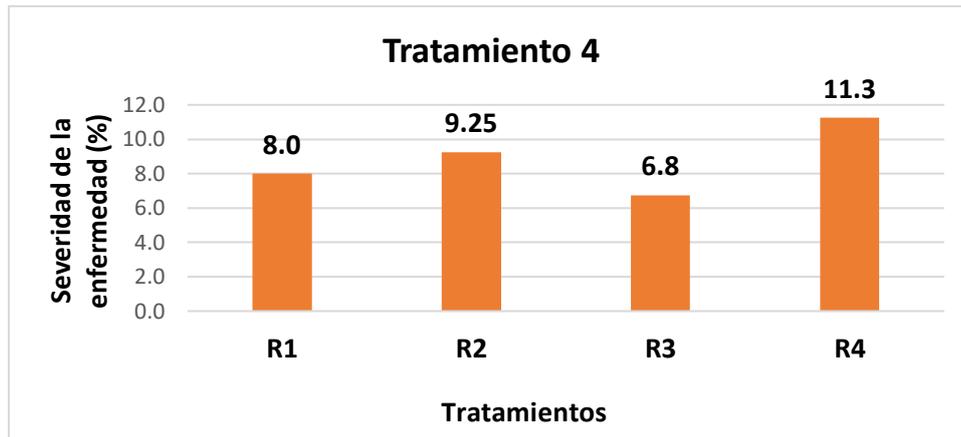


Figura 13. Severidad de la enfermedad (T4).

5. T5.- Trichoderma (Líquido) + Biorcarbón de Raquis de Banano

La figura 14 muestra la severidad de la enfermedad (%) para el Tratamiento (5), a lo largo de cuatro repeticiones (R1, R3, R4), la severidad está en rango alto mientras que, en el R2, vemos una muestra de severidad de enfermedad significativamente baja.

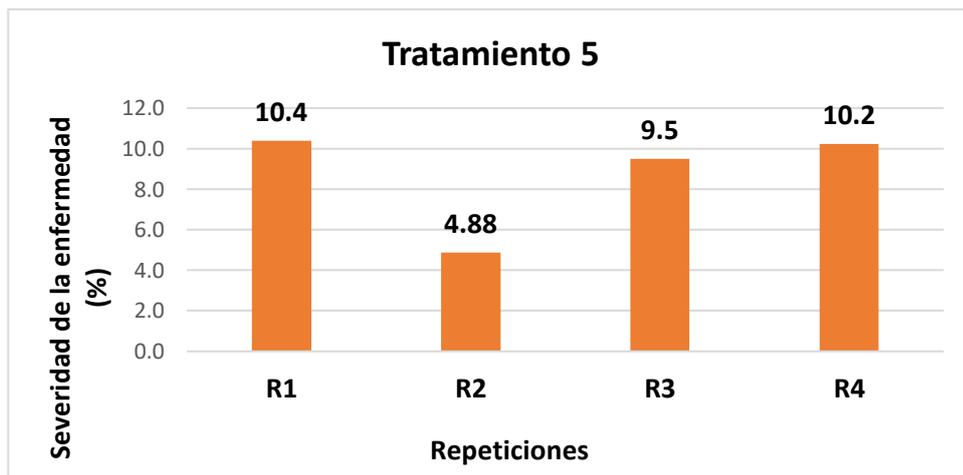


Figura 14. Severidad de la enfermedad (T5).

6. T6.- Trichoderma + Biorcarbón de Raquis de Banano (50% + 50%)

La figura 15 muestra la severidad de la enfermedad (%) para el Tratamiento (6), a lo largo de cuatro repeticiones (R1, R2, R3, R4), la incidencia

de enfermedad más alta presenta en la R1, R2, R4, mientras que, en la R3, muestra una severidad de la enfermedad ligeramente mas baja.

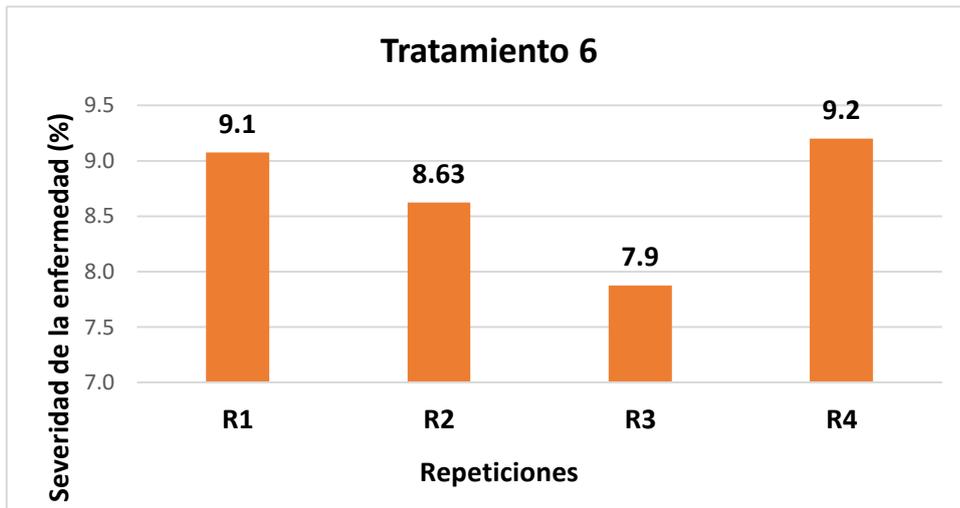


Figura 15. Severidad de la enfermedad (T6).

7. T7.- Trichoderma (Sólido) + Biorcarbón de Cacao

La figura 16 muestra la severidad de la enfermedad (%) para el Tratamiento (7), a lo largo de cuatro repeticiones (R1, R2, R3, R4), es bastante efectivo en reducir la severidad de la enfermedad, con variabilidad entre las variables. Donde el R1, Tiene la menor incidencia con (1.9%), mientras que el R3, muestra mayor severidad sigue siendo relativamente baja.

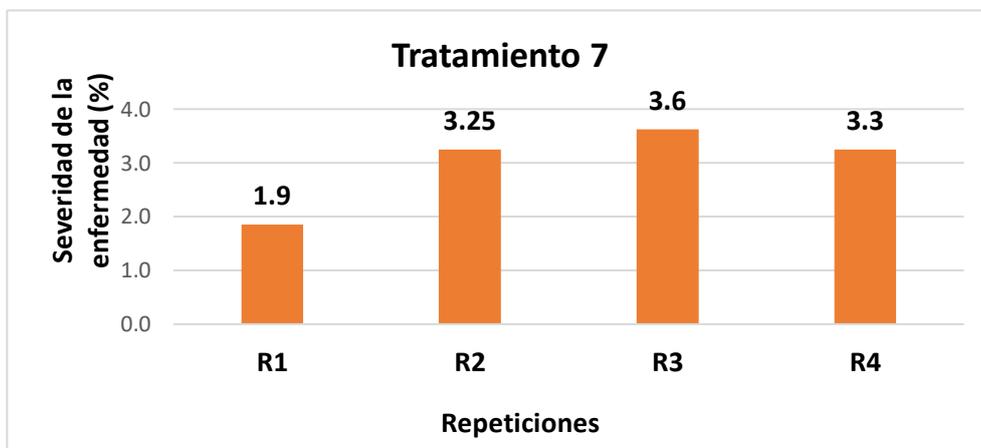


Figura 16. Severidad de la enfermedad (T7).

8. T8.- Trichoderma (liquido) + Biorcarbòn de cacao

La figura 17 muestra la severidad de la enfermedad (%) para el Tratamiento (8), a lo largo de cuatro repeticiones (R1, R2, R3, R4), Presenta una efectividad bastante consistente en reducir la severidad de la enfermedad, con variabilidad mínima entre las repeticiones.

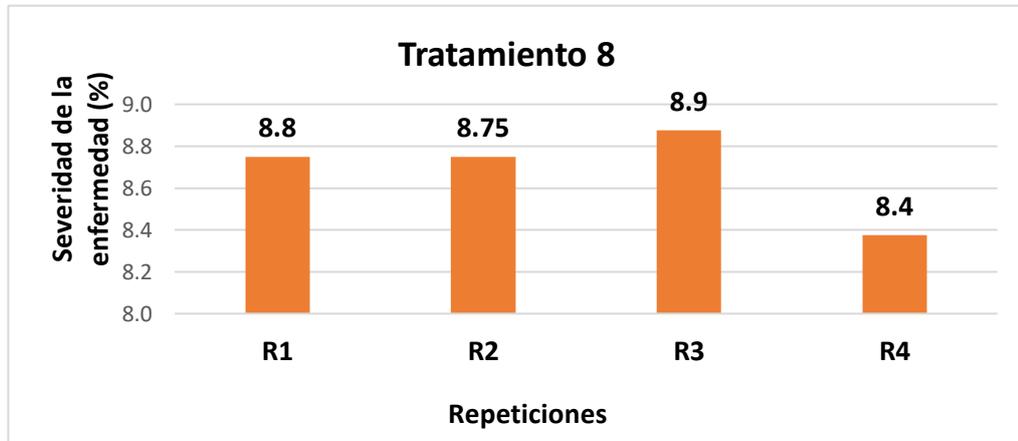


Figura 17. Severidad de la enfermedad (T8).

9. T9.- Trichoderma + Biorcarbòn de cacao (50% + 50%)

La figura 18 muestra la severidad de la enfermedad (%) para el Tratamiento (9), a lo largo de cuatro repeticiones (R1, R2, R3, R4), Similar al T8, muestra alta severidad en todas las repeticiones, con valores cercanos a 10, y poca variación a lo largo del tiempo.

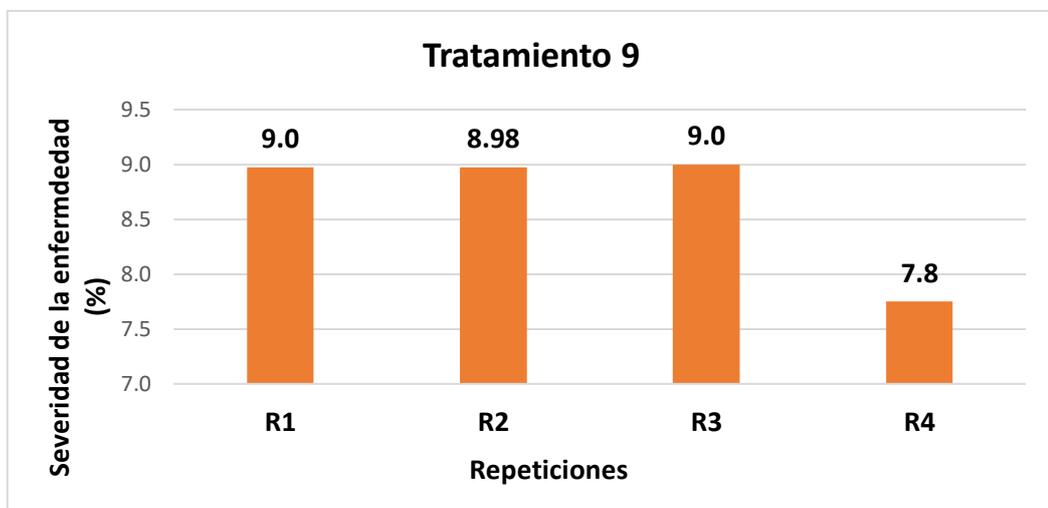


Figura 18. Severidad de la enfermedad (T9).

10. T10.- Producto comercial (Mancozeb)

La figura 19 muestra la severidad de la enfermedad (%) para el Tratamiento (10), a lo largo de cuatro repeticiones (R1, R2, R3, R4), La severidad es muy baja en todas las semanas, con valores ABC cercanos a 0. Este tratamiento es muy efectivo en controlar la enfermedad.

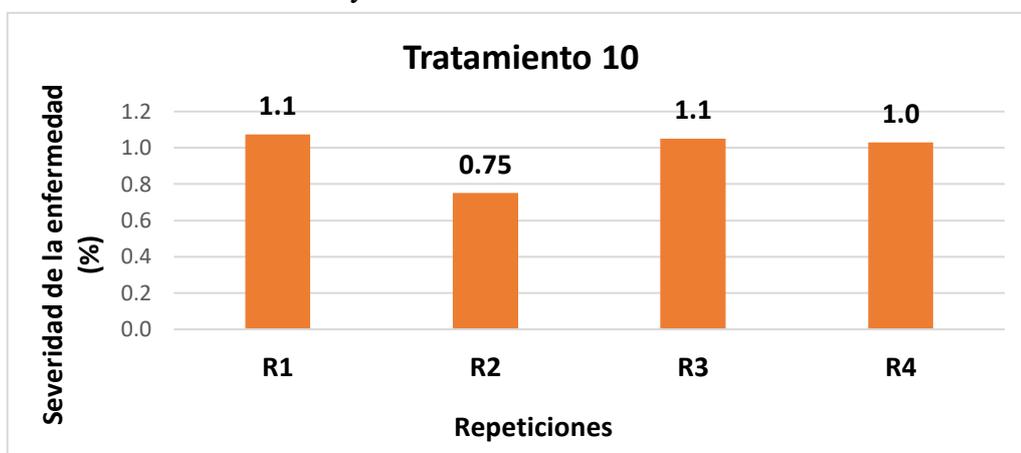


Figura 19. Severidad de la enfermedad (T10).

11. T11.- Testigo Absoluto

La figura 20 muestra la severidad de la enfermedad (%) para el Tratamiento (11), a lo largo de cuatro repeticiones (R1, R2, R3, R4), tiene una alta severidad de los tratamientos aplicados en los otros gráficos para reducir la severidad de la enfermedad.

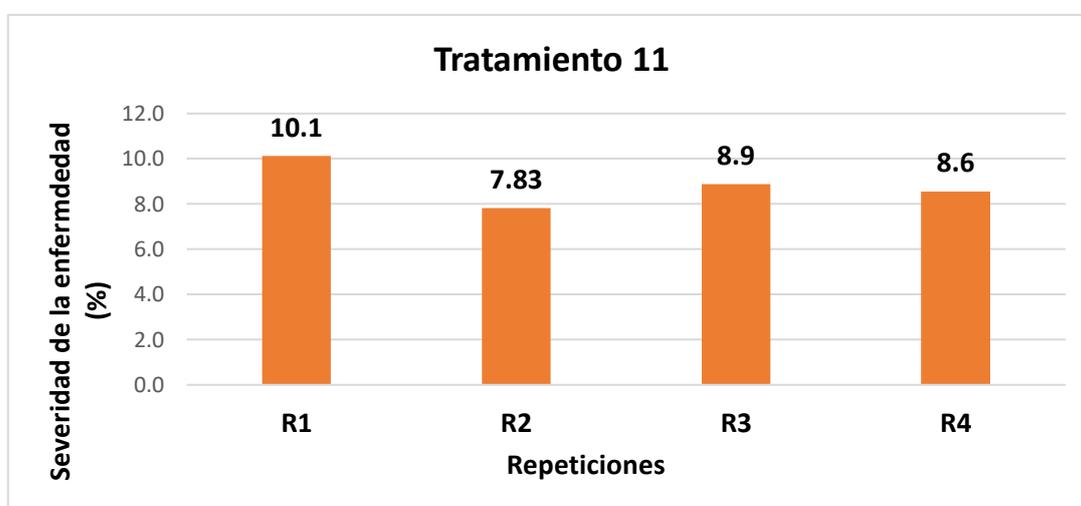


Figura 20. Severidad de la enfermedad (T11).

7. CONCLUSIONES

Por los resultados expuestos anteriormente a la aplicación de diferentes tratamientos de la combinación de *Trichoderma* + Biorcarbòn, a las plantas de banano se concluye que:

- Los tratamientos en base a Mancozeb (T10) y la combinación de *Trichoderma* + Biorcarbòn (T7) son los que obtuvieron menor porcentaje de área foliar afectada y fueron estadísticamente diferentes al resto de los tratamientos, destacan por su baja severidad de la enfermedad de Sigatoka Negra, mientras que los demás tratamientos muestran una mayor severidad. Esto indica la necesidad de continuar investigando y mejorando las estrategias de control para esta enfermedad.
- El análisis de los tratamientos sugiere que los tratamientos T7 y T10 son los más efectivos para controlar la severidad de la sigatoka negra en la plantación de banano, ya que muestran valores de ABCPE consistentemente bajos a lo largo de las semanas.

8. RECOMENDACIONES

- Luego de realizada la investigación y observar resultados en dos tratamientos T7 y T10 positivos muestran los mejores resultados, se recomienda seguir investigando y optimizando estas estrategias para mejorar aún más su eficacia y aplicabilidad.
- Para los otros tratamientos con alta severidad, debemos hacer una reevaluación de estos y considerar ajustes en las dosis, combinaciones con otros tratamientos, o incluso el desarrollo de nuevas formulaciones para mejorar su efectividad.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, E. R. (2021). Detección de macronutrientes y enfermedades en campos de cultivo de banano orgánico con Machine Learning. Universidad de Piura. Obtenido de <https://doi.org/https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/91d4ac86-120a-48ad-9056-7a13f638a098/content>
- Angelica, S. (1999). Manual de azufe en suelos y plantas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Remehue. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14001/28349>
- Araya. (2011). Manual de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de banano. Costa Rica . Obtenido de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8205.pdf>
- Belduma, B. (2021). Biocarbòn obtenido de restos de plantas cosechadas como enmienda edafica vegetal en el cultivo de banano (Musa x paradisiaca L). UTMACH, Machala. Obtenido de <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/17463/1/TTUACA-2021-IA-DE00045.pdf>
- Buriticà, J. R. (2019). GUÍA ILUSTRADA de enfermedades en poscosecha de frutas y verduras y sus agentes causantes en Colombia. Academia colombia de ciencias exactas, físicas y naturales . Obtenido de <https://repositorio.accefyn.org.co/bitstream/001/2386/1/Gu%C3%ADa%20ilustrada%20de%20enfermedades%20en%20postcosecha%20-web-.pdf#page=440>
- Campelo, C. A. (2023). Efecto de la aplicación de dos fertilizantes edáficos y tres fertilizantes foliares sobre la producción y rentabilidad del cultivo de banano (Musa AAA.) en el cantón Baba. Universidad Tecnica de Ambato , Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/38797/1/012%20Nutricion%20Vegetal%20Mendoza%20Campelo%20Carlos%20Alberto.pdf>
- Cèspedes, A. V. (2017). Practicas efectivas para la reduccion de impactos por eventos climaticos en el cultivo de banano en Costa Rica. Obtenido de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8205.pdf>
- Clara, V. (2020). Respuesta agronómica de plantas de banano cultivar 'FHIA-17' (Musa AAAA) obtenidas por cultivo de tejidos y por propagación agámica. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Brasil. Obtenido de http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-86472020000200083
- Clavijo, G. A. (2020). Acompañamiento y supervisión de labores culturales del cultivo de banano (Musa AAA) en la finca velero en apartado - Antioquia. Universidad de Còrdova. Obtenido de <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/66567130-6728-420b-8803-d84f0a7d592b/content>
- Cortázar, S. M. (2023). Caracterización morfológica y bioquímica de Ralstonia solanacearum raza 2, bacteria patógena en cultivos de banano. Obtenido de

<https://doi.org/http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/siembra/v10n1/2477-8850-siembra-10-01-04305.pdf>

- Ferrera, R. (2019). Trichoderma: Importancia agrícola, biotecnología, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. Colegio de Postgraduados. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/chjaasc/v35n1/0719-3890-chjaasc-00205.pdf>
- Gaibor, A. B. (2023). Analisis de la Produccion y exportación de banano y su incidencia en la Economía Ecuatoriana. Universidad de las fuerzas Armadas - ESPE. Obtenido de <https://mundofinanciero.indecscar.org/revista/index.php/munfin/article/view/99/102>
- García, M. T. (2020). El cultivo del Banano . Salvador .
- Garnica, A. M. (2019). La nutrición vegetal en el cultivo del Platano (Mussa AAB, Simmonds) [Tesis de grado, Universidad técnica de Machala]. Repositorio Digital. Obtenido de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/19115/Ver_Documento_19115.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Guerrero, A. (2015). Diseño e implementación de un proceso para mejorar la producción y conservación de Beauveria bassiana y Trichoderma harzianum como aporte a los productores de café orgánico de la asociación "Rio Intag", Cantón Cotacachi. Universidad Politécnica de Salasica sede Quito. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9400/1/UPS-QT07115.pdf>
- Infante, C. J. (2018). Efecto del uso predominante de fungicidas sistémicos para el control de Sigatoka negra (Mycosphaerella Fijiensis Morelet) en el área foliar del banano. Universidad Técnica de Machala. Obtenido de file:///C:/Users/ASUS/Downloads/jlleon,+Gestor_a+de+la+revista,+A14.pdf
- Jaramillo, J. C. (2019). Sistemas de siembra utilizado en el cultivo de banano (Musa paradisiaca, en la hacienda la Gema del cantón Baba. Universidad técnica de Babahoyo. Obtenido de <http://190.15.129.146/bitstream/handle/49000/6025/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000139.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jiménez, E. (2020). Incidencia y severidad de enfermedades asociadas al cultivo de plátano (Musa paradisiaca L.) en Rivas, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. doi:<https://doi.org/10.5377/calera.v20i35.10319>
- Jorge, M. A. (2021). Componente Práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo, presentado al H. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/10306/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000348.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Juliana, M. (2021). Acompañamiento en el manejo agronómico y la ejecución de labores culturales del cultivo de banano (Musa AAA Simmonds) del grupo empresarial Banaexport. Universidad de Córdova. Obtenido de <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/54c44e64-11c9-41ef-8c95-cc4c9c99aa83/content>
- Leon, J. (1987). Botánica de los cultivos Tropicales.

- Lorito, M. (2019). La aplicación de cepas y metabolitos de *Trichoderma* mejora la productividad y el contenido de nutrientes de la soja. Artículo: *Agricultural food chemistry*. Universidad de Napoles Federico. Repositorio digital. Obtenido de <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b06596>
- Marin, S. M. (2023). Evaluacion de fertilizacion aplicada al pseudotallo del platano dominico-hartton(aab) (*musa paradisiaca* L) y su respuesta productiva. *Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA*, 26.
- Martínez. (2011). Proyecto demostrativo con implementación de bpa en el cultivo de banano. Dirección de investigaciones sección de fitopatología. Corbana Corporación bananera nacional. Repositorio Digital. Obtenido de <https://www.corbana.co.cr/wp-content/uploads/HD-n.%C2%B0-2-2011-Manejo-de-la-Sigatoka-negra.pdf>
- Mazabel, A. R. (2019). Sistema experto para determinar el nivel de nutrientes en el cultivo de banano organico. Empresa Ana Banana S.A.C. Piura 2019. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Obtenido de https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/4179/1/TL_CastroMazabelAraldo.pdf
- Morales, M. (2017). Practicas efectivas para la reduccion de impactos por eventos climaticos en el cultivo de banano en Costa Rica. Obtenido de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8205.pdf>
- Mozombite. (2019). Evaluación de la aplicación de fertilizante al pseudotallo de plantas cosechadas de banano (*Musa x paradisiaca* L.) Y su efecto en la velocidad de crecimiento. *Revista Científica Agroecosistemas*.
- Pilcomera, S. (2020). USO DE BIOCARBONES En medios de cultivo para el crecimiento de *trichoderma* spp. IN VITRO. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*. Universidad Tecnica de Machala Ecuador. Repositorio Digital.
- Rafael, G. (2019). El banano: Producción, Comercialización y Consumo. Armenia, Quindio, Colombia : Corpoica .
- Restrepo, E. L. (2010). Implementación de técnicas para el mejoramiento y la reproducción de semillas de banano (*Musa AAA*), en las etapas de vivero y siembra, en el departamento de Guajira. Universidad del Magdalena. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/270125045.pdf>
- Restrepo, E. L. (2010). Implementacion de técnicas para el mejoramiento y la reproduccion de semillas de banano (*Musa AAA*), en las etapas de vivero y siembra, en el departamento de la Guajira. Universidad de Magdalena. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/270125045.pdf>
- Ricardo, F. À. (2021). Tacticas estrategicas para el manejo integrado de plagas y enfermedades en banano. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Esmeraldas . Obtenido de <https://doi.org/https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/37341/28834>

- Rodríguez, J. L. (2023). Activadores del sistema radicular en el cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) variedad Gran Williams . *UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO* , 11.
- Roncancio, V. J. (2019). Modelos de cultivos y modelos fenológicos. Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- Sánchez, C. G. (2019). Las cochinillas harinosas (Hemiptera: Pseudococcidae) y su impacto en el cultivo de Musáceas. Universidad de Costa Rica . Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v30n1/2215-3608-am-30-01-00281.pdf>
- Sharma, A. (2021). *Trichoderma Harzianum*. Escuela de Agricultura , India . Obtenido de <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Saishubhametal2021.pdf>
- Torres, J. J. (2019). Principios para la nutrición del cultivo de banano. Asociación de Bananeros de Colombia- AUGURA.
- Vásquez, B. (2016). Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario Colombiano. Obtenido de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1422/109752_67683.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Velásquez, A. I. (2020). Análisis sobre exportaciones de banano entre Ecuador y la Unión Europea. Universidad Agraria del Ecuador . Guayaquil : Universidad Agraria del Ecuador .
- Vergara, J. C. (2023). Seguimiento y evaluación del desarrollo en etapa vegetativa según el tipo de desmache en el cultivo de banano (*Musa AAA Simmonds*) en la finca Chiinita, apartadó, antioquia. Universidad de Córdoba. Obtenido de <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/a288f975-612a-43a2-9d1c-57cf88103861/content>
- Vinueza. (2019). El comercio justo como alternativa para desarrollar estrategias en beneficio de los productores. Obtenido de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-76972020000200038#B15

10.ANEXOS



Figura 21. Búsqueda microscópica de *Trichoderma harzianum*.

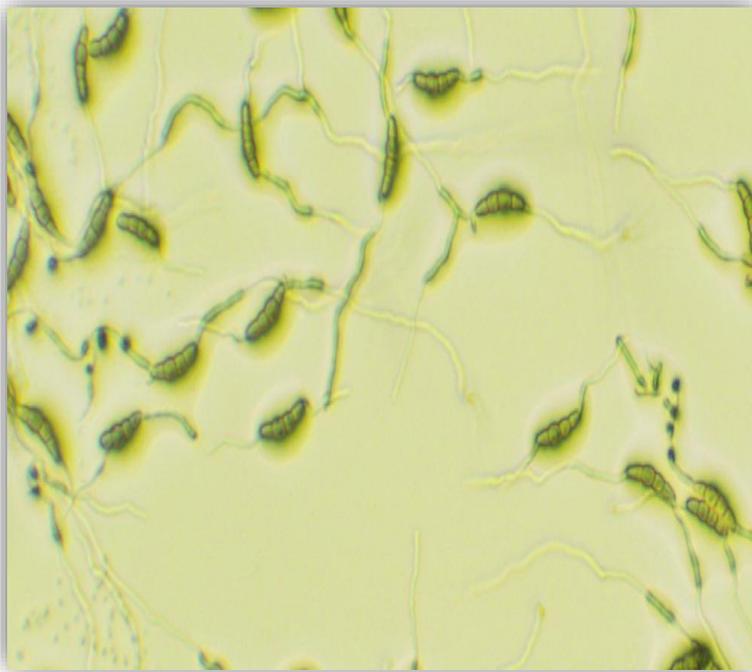


Figura 22. Identificación de *Trichoderma harzianum*.



Figura 23. Siembra de *Mycosphereilla* en PDA.

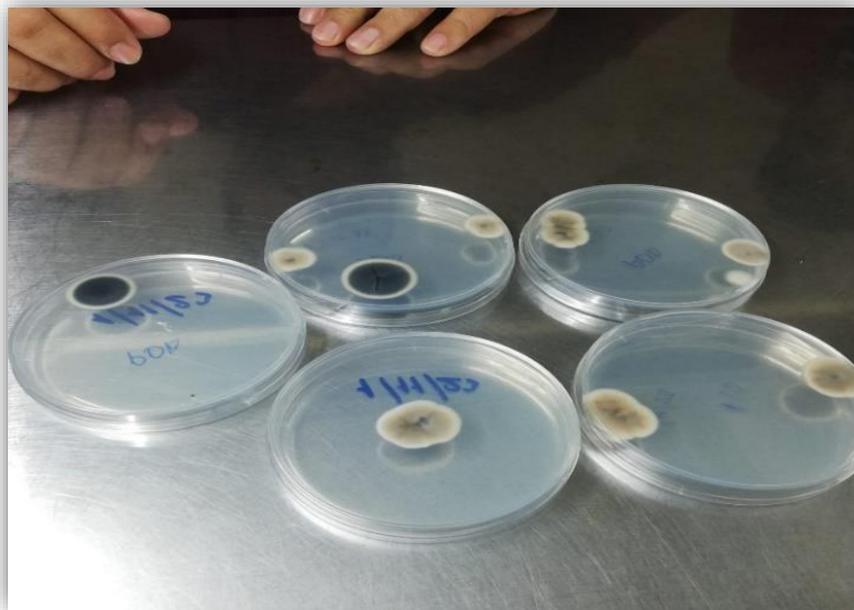


Figura 24. Cultivo de hongo dentro de la caja Petri.



Figura 25 Preparación del medio de cultivo (Avena + dextrosa).



Figura 26. Marcación en planta (Tratamientos).

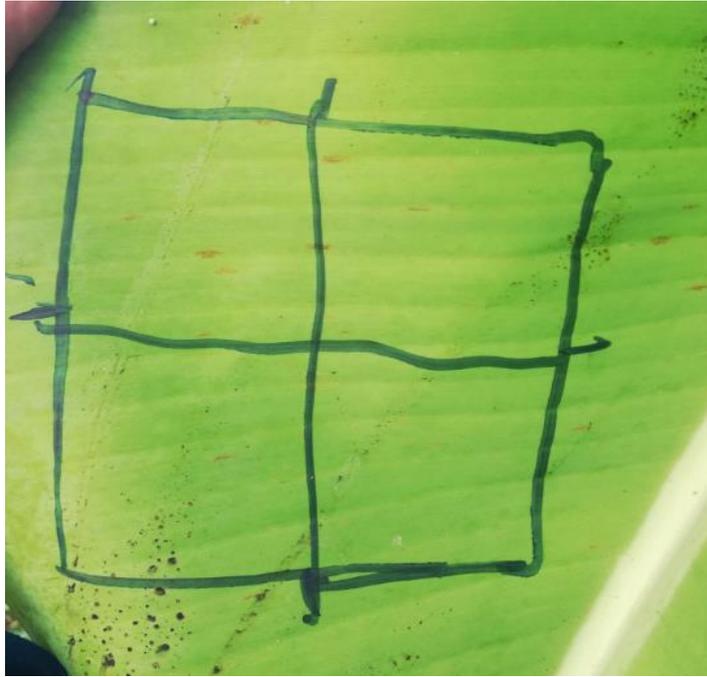


Figura 27. Cuadro 10x10 (Toma de datos) campo.



Figura 28. Tratamiento (T7) *Trichoderma* + Biorcarbòn de cascaras de cacao (Sólido)

Envés y haz de la hoja de estudio.



Figura 29. Tratamiento (T10) Producto comercial Químico (Mancozeb)

Envés y haz de la hoja de estudio.



Figura 30. Tratamiento (T8) *Trichoderma* (liquido)+ Biorcarbòn de Cacao

Envés y haz de la hoja de estudio.



Figura 31. Severidad de la Sigatoka Negra de los diferentes tratamientos.

	FE_A	Semana	ABCPE	var	var	var	var	var	var
1	1	1	2,00						
2	1	1	2,00						
3	1	1	1,30						
4	1	1	1,00						
5	1	2	2,50						
6	1	2	2,00						
7	1	2	2,00						
8	1	2	,75						
9	1	3	3,00						
10	1	3	3,50						
11	1	3	4,25						
12	1	3	2,00						
13	1	4	4,00						
14	1	4	3,50						
15	1	4	5,75						
16	1	4	2,50						
17	2	1	1,50						
18	2	1	1,25						
19	2	1	2,00						
20	2	1	,50						
21	2	2	1,75						
22	2	2	2,00						
23	2	2	2,50						
24	2	2	1,00						

Figura 32. Matriz de datos en SPSS.