



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS
BENÉFICOS SOBRE EL "ESTRES ABIÓTICO" EN EL CULTIVO DE
BANANO.**

**SERRANO BERRU JESUS SALVADOR
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS
BENÉFICOS SOBRE EL "ESTRES ABIÓTICO" EN EL CULTIVO
DE BANANO.**

**SERRANO BERRU JESUS SALVADOR
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJOS EXPERIMENTALES

**EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS
BENÉFICOS SOBRE EL "ESTRES ABIÓTICO" EN EL CULTIVO
DE BANANO.**

**SERRANO BERRU JESUS SALVADOR
INGENIERO AGRONOMO**

QUEVEDO GUERRERO JOSE NICASIO

**MACHALA
2024**

Evaluación el efecto de la aplicación de microorganismos benéficos en la mitigación del estrés abiótico en el cultivo de banano

7%

Textos sospechosos

4% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas

3% Idiomas no reconocidos

| | | |
|--|--|---|
| <p>Nombre del documento: Evaluación el efecto de la aplicación de microorganismos benéficos en la mitigación del estrés abiótico en el cultivo de banano.docx</p> <p>ID del documento: 223b1414e6e7ad40c964a43fd3ef93639c6d553c</p> <p>Tamaño del documento original: 5,86 MB</p> <p>Autores: []</p> | <p>Depositante: JOSE NICASIO QUEVEDO GUERRERO</p> <p>Fecha de depósito: 18/2/2025</p> <p>Tipo de carga: interface</p> <p>fecha de fin de análisis: 18/2/2025</p> | <p>Número de palabras: 7917</p> <p>Número de caracteres: 50.736</p> |
|--|--|---|

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

| N° | Descripciones | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales |
|----|---|-------------|-------------|--|
| 1 | repositorio.utmachala.edu.ec 1 fuente similar | 1% | | Palabras idénticas: 1% (90 palabras) |
| 2 | repositorio.utmachala.edu.ec 3 fuentes similares | 1% | | Palabras idénticas: 1% (74 palabras) |
| 3 | Documento de otro usuario #91b61e El documento proviene de otro grupo 2 fuentes similares | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (54 palabras) |
| 4 | www.intagri.com Requerimientos de Clima y Suelo para el Cultivo de Banano Int... 3 fuentes similares | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (28 palabras) |
| 5 | repositorio.utmachala.edu.ec Manejo integrado del cultivo de banano (musa x pa... 3 fuentes similares | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (29 palabras) |

Fuentes con similitudes fortuitas

| N° | Descripciones | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales |
|----|---|-------------|-------------|--|
| 1 | Documento de otro usuario #29a79d El documento proviene de otro grupo | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (34 palabras) |
| 2 | Documento de otro usuario #8c9a8d El documento proviene de otro grupo | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (19 palabras) |
| 3 | Documento de otro usuario #cddf7c El documento proviene de otro grupo | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (18 palabras) |
| 4 | repositorio.utmachala.edu.ec | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (11 palabras) |
| 5 | ciencialatina.org | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (10 palabras) |

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

El que suscribe, SERRANO BERRU JESUS SALVADOR, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS SOBRE EL "ESTRES ABIÓTICO" EN EL CULTIVO DE BANANO., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



SERRANO BERRU JESUS SALVADOR
0703894055

DEDICATORIA

A mis queridos abuelitos, Eulogio Serrano y Norma Berru, con una muy profunda gratitud y amor dedico la culminación de mi trabajo a ustedes, siempre me impulsaron a querer lograr mis metas y objetivos brindándome amor y cariño desde mi nacimiento, quiero que sepan que siempre los llevo en mi corazón pues ustedes fueron los que lo formaron.

A mi querida mamá, María Serrano quien estuvo a mi lado quiero expresarles mi más profundo agradecimiento por haberme apoyado y brindado todo lo que he necesitado para poder llegar al final de mi formación académica estaré agradecido para toda la vida.

A mis queridos padrinos, María Romero y Darwin González quiero expresar mi más sincero agradecimiento por todo el amor y apoyo que me han brindado a lo largo de los años, Su presencia en mi vida ha sido un pilar fundamental, y su respaldo ha significado mucho en cada etapa de mi crecimiento personal y académico.

Finalmente, a todos mis hermanos que siempre estuvieron dispuestos a brindarme cualquier ayuda o favor que necesite.

Con todo mi amor y gratitud

Jesus Salvador Serrano Berru

AGRADECIMIENTOS

Este logro no habría sido posible sin el apoyo y la guía de quienes me acompañaron en este camino, expreso mi más sincero agradecimiento a mi tutor, el Dr. José Quevedo, por su orientación constante, su paciencia y su compromiso con mi formación académica, su experiencia y consejos han sido fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

A la Ing. Ivana Tuz, le expreso mi más sincero agradecimiento por su apoyo en cada etapa de este proyecto. Su generosidad al compartir su tiempo, conocimientos y recursos fueron muy importantes para culminar de manera exitosa este proyecto.

A Vanessa Feijoo, por ser un apoyo incondicional y creer en mí, su compañía en momentos importantes y los recuerdos compartidos siempre los llevaré conmigo, Gracias por haber sido parte de esta etapa y por todo lo que aprendí a tu lado.

Finalmente, a mi familia, por su amor incondicional y su apoyo inquebrantable. Gracias por creer en mí y por estar siempre a mi lado, a todos ustedes les dedico este trabajo con profunda gratitud y reconocimiento.

Con todo mi respeto y gratitud

Jesus Salvador Serrano Berru

| | | |
|------------|---|-----------|
| I. | INTRODUCCION | 9 |
| 1.1. | Objetivo General..... | 10 |
| 1.2. | Objetivos Específicos..... | 10 |
| II. | REVISION LITERATURA | 11 |
| 2.1. | Origen del banano..... | 11 |
| 2.2. | Descripción botánica del cultivo del banano..... | 11 |
| 2.2.1. | Cormo | 11 |
| 2.2.2. | Raíz..... | 11 |
| 2.2.3. | Pseudotallo..... | 12 |
| 2.2.4. | Hojas..... | 12 |
| 2.2.5. | Fruto..... | 12 |
| 2.3. | Requerimientos agroclimáticos del cultivo de banano | 12 |
| 2.3.1. | Temperatura | 12 |
| 2.3.2. | Precipitación..... | 13 |
| 2.3.3. | Luminosidad..... | 13 |
| 2.3.4. | Viento | 13 |
| 2.3.5. | Altitud..... | 13 |
| 2.3.6. | Suelo | 14 |
| 2.4. | Importancia económica del banano en el Ecuador | 14 |
| 2.4.1. | Sostenibilidad y producción orgánica del banano..... | 14 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 2.5. | Impacto del cambio climático en la producción bananera | 15 |
| 2.6. | Microorganismos benéficos en la Agricultura..... | 15 |
| 2.6.1. | Hongos antagonistas de fitopatógenos | 15 |
| 2.7. | <i>Trichoderma</i> spp. | 16 |
| 2.7.1. | Características morfológicas del género <i>Trichoderma</i> | 16 |
| 2.7.2. | Funciones de <i>Trichoderma</i> spp. en la agricultura | 17 |
| 2.7.3. | <i>Trichoderma</i> spp. como promotor del crecimiento vegetal | 17 |
| 2.7.4. | Efecto de <i>Trichoderma</i> spp. ante estrés abiótico..... | 17 |
| 2.7.5. | <i>Trichoderma</i> spp. Mejora de la calidad del suelo..... | 18 |
| 2.8. | Mecanismo de acción de <i>Trichoderma</i> spp. | 18 |
| 2.8.1. | Biocontrol de patógenos | 18 |
| 2.8.2. | Micoparasitismo | 18 |
| 2.8.3. | Inducción de resistencia sistémica (ISR)..... | 19 |
| 2.8.4. | Producción de metabolitos bioactivos | 19 |
| III. | METODOLOGIA..... | 20 |
| 3.1. | Diseño del estudio..... | 20 |
| 3.2. | Materiales y métodos | 20 |
| 3.2.1. | Localización del estudio | 20 |
| 3.2.2. | Características del diseño: | 21 |
| 3.2.3. | Material Vegetal..... | 21 |
| 3.2.4. | Preparación del suelo..... | 21 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 3.3. | Riego | 22 |
| 3.4. | Selección de microorganismo benéfico | 22 |
| 3.4.1. | Diseño experimental | 23 |
| 3.5. | Aislamiento y selección de Cepas | 23 |
| 3.5.1. | Trampas de arroz..... | 23 |
| 3.5.2. | Elaboración de PDA | 25 |
| 3.6. | Aislamiento de Cepas..... | 26 |
| 3.7. | Purificación de cepas | 27 |
| 3.8. | Siembra de <i>Trichoderma spirale</i> | 28 |
| 3.9. | Aplicación de <i>Trichoderma spirale</i> . Al suelo | 28 |
| 3.10. | Variables Agronómicas Evaluadas | 28 |
| 3.11. | Recolección de datos | 29 |
| 3.12. | Análisis estadístico..... | 31 |
| IV. | RESULTADOS Y ANALISIS | 32 |
| 4.1. | Resultados del experimento..... | 32 |
| 4.1.1. | H (Altura de planta cada)..... | 32 |
| 4.1.2. | DIAMETRO (Diámetro del Pseudotallo)..... | 34 |
| 4.1.3. | AFC (Área foliar cosecha)..... | 36 |
| 4.1.4. | NHC (Numero de hojas a la cosecha) | 38 |
| 4.1.5. | GUM (Grado ultima mano) | 40 |
| 4.1.6. | GMS (Grado mano sol) | 42 |
| 4.1.7. | PR Peso racimo | 43 |

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| 4.1.8. PReq (Pesos del raquis) | 45 |
| 4.1.9. RATIO (Ratio procesado)..... | 47 |
| V. Conclusiones | 49 |
| VI. Recomendaciones..... | 50 |
| VII. Referencias..... | 51 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Tratamientos Aplicados..... | 23 |
| Tabla 2. Anova para Variable Altura de la Planta..... | 33 |
| Tabla 3. Prueba de Tukey Variable Altura de la Planta..... | 33 |
| Tabla 4. Anova para Variable del Diámetro del pseudotallo | 35 |
| Tabla 5. Prueba de Tukey para Variable Diámetro de Pseudotallo | 35 |
| Tabla 6. Anova para Variable Area Foliar a la Cosecha..... | 37 |
| Tabla 7. Prueba de Tukey para Variable Area Foliar a la Cosecha | 37 |
| Tabla 8. Prueba de Tukey para variable Numero de Hojas a la Cosecha | 39 |
| Tabla 9. Prueba de Tukey para Variable Numero de Hojas a la Cosecha..... | 39 |
| Tabla 10. Anova para Variable Grado de ultima mano | 40 |
| Tabla 11. Prueba de Tukey para Variable Grado de Ultima mano..... | 41 |
| Tabla 12. Anova para Variable Grado de Mano Sol..... | 42 |
| Tabla 13. Prueba de Tukey para Variable de Grado de Mano Sol | 43 |
| Tabla 14. Anova para Variable Peso del Racimo..... | 44 |
| Tabla 15. Prueba de Tukey para Variable de Peso del Racimo..... | 44 |
| Tabla 16. Anova para Variable del Peso del Raquis..... | 45 |
| Tabla 17. Prueba de Tukey para Variable del Peso del Raquis..... | 46 |
| Tabla 18. Anova para Variable Ratio Procesado..... | 47 |

| | |
|--|----|
| Tabla 19. Prueba de Tukey para Variable Ratio Procesado | 48 |
|--|----|

INDICE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Levantamiento Planimétrico | 20 |
| Figura 2. Diseño de la Plantilla..... | 21 |
| Figura 3. Siembra e instalación del Sistema de Riego por Goteo | 22 |
| Figura 4. Trampas de Arroz Cocinado | 24 |
| Figura 5. Muestra Obtenida de Trampa de Arroz | 24 |
| Figura 6. Selección de la Mejor Muestra..... | 25 |
| Figura 7. Papa Cortada y Pelada | 26 |
| Figura 8. Dextrosa y Agar | 26 |
| Figura 9. PDA Clarificado | 26 |
| Figura 10. Autoclave Utilizado..... | 26 |
| Figura 11. PDA en Autoclave..... | 26 |
| Figura 12. PDA Autoclavado..... | 26 |
| Figura 13. <i>Aislamiento de Cepa Obtenida de las Muestras</i> | 27 |
| Figura 14. <i>Placa #1 cepa pura de Trichoderma Spirale</i> | 27 |
| Figura 15. <i>Placa #2 cepa pura de Trichoderma Spirale</i> | 28 |
| Figura 16. Toma de Datos para Área Foliar..... | 30 |
| Figura 17. Toma de Datos para Área Foliar | 30 |
| Figura 18. Toma de Datos para Altura | 30 |
| Figura 19. Toma de Datos para Altura | 30 |
| Figura 20. Toma de Datos del Diámetro del Pseudotallo | 30 |
| Figura 21. Toma de Variables en la Cosecha..... | 31 |
| Figura 22. Toma de Variables en la Cosecha..... | 31 |

| | |
|--|----|
| Figura 23. Gráfico de Barras de la altura de la Planta a la Parición..... | 34 |
| Figura 24. Gráfico de Barras de Diámetro de pseudotallo..... | 36 |
| Figura 25. Gráfico de Barras de Área Foliar Cosecha..... | 38 |
| Figura 26. Gráfico de Barras Numero de Hojas..... | 40 |
| Figura 27. Gráfico de Barras Grado Ultima Mano..... | 41 |
| Figura 28. Gráfico de Barras Grado Mano de Sol..... | 43 |
| Figura 29. Gráfico de Barras Peso Racimo..... | 45 |
| Figura 30. Gráfico de Barras Peso Raquis..... | 46 |
| Figura 31. Gráfico de Barras Ratio Procesado..... | 48 |

I. INTRODUCCION

El cultivo de banano (*Musa x paradisiaca L.*) es uno de los principales productos agrícolas a nivel mundial, desempeñando un papel crucial en la economía de muchos países tropicales y subtropicales. Sin embargo, su producción enfrenta diversos desafíos, entre ellos, el estrés abiótico, el cual puede ser provocado por factores como la sequía, salinidad, temperaturas extremas y deficiencias nutricionales. Estos factores afectan negativamente el crecimiento, el desarrollo y la productividad del banano, generando pérdidas económicas significativas para los productores.

En este contexto, la aplicación de microorganismos benéficos como *Trichoderma spirale*. ha surgido como una estrategia prometedora para mitigar los efectos del estrés abiótico en los cultivos agrícolas. Estos microorganismos pueden mejorar la absorción de nutrientes, fortalecer el sistema radicular y activar mecanismos de defensa en las plantas, lo que contribuye a una mayor tolerancia a condiciones adversas. Además, su uso puede representar una alternativa sostenible frente a los métodos convencionales de manejo agrícola, reduciendo la dependencia de fertilizantes y agroquímicos sintéticos.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de *Trichoderma spirale*. en la mitigación del estrés abiótico en el cultivo de banano, con el fin de mejorar el rendimiento y la calidad de los frutos. Para ello, se implementarán tres tratamientos con diferentes dosis de aplicación (100 g/ha, 200 g/ha y 300 g/ha), además de un testigo sin aplicación. Se evaluarán variables agronómicas como la altura del hijo, el diámetro del pseudotallo y la emisión foliar, con el propósito de analizar la eficiencia de estos microorganismos en la mejora del desarrollo vegetativo y productivo del banano.

La importancia de esta investigación radica en su contribución al desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles, al proporcionar evidencia científica sobre el potencial de los microorganismos benéficos en la reducción del impacto del estrés abiótico en el cultivo de banano. De esta manera, se espera generar información relevante para los productores, investigadores y técnicos del sector agrícola, promoviendo el uso de tecnologías biológicas que favorezcan la resiliencia de los cultivos y la sostenibilidad de los sistemas de producción.

1.1.Objetivo General

Evaluar el efecto de la aplicación de *Trichoderma spirale*. en la mitigación del estrés abiótico en el cultivo de banano (*Musa x paradisiaca* L.), mediante parámetros agronómicos.

1.2.Objetivos Específicos

Evaluar la eficiencia de la aplicación *Trichoderma spirale*, mediante la toma de variables de agronómicas relacionadas con el crecimiento y desarrollo de las plantas de banano.

Analizar el efecto de las aplicaciones de *T. spirale* en el rendimiento y calidad de los frutos de banano.

II. REVISION LITERATURA

2.1. Origen del banano

El banano tiene su origen en el sudeste de Asia, donde ya era un cultivo ampliamente extendido y de gran importancia alimentaria en la región antes de la aparición de los primeros registros históricos disponibles. Las referencias más antiguas sobre su existencia provienen de la India y datan aproximadamente del período comprendido entre los años 600 y 500 a.c. (Alcivar, 2015).

2.2. Descripción botánica del cultivo del banano

2.2.1. Cormo

El cormo representa el verdadero tallo del banano, caracterizado por su estructura córnea y asimétrica. En su parte externa, presenta entrenudos cortos con marcas dejadas por las hojas durante su crecimiento. Internamente, se divide en dos regiones: el cilindro central y la zona cortical, esta última con una tonalidad más clara. Estas se encuentran separadas por una banda de haces vasculares dispuestos longitudinalmente. En la parte superior del cormo, atravesando la corteza, se localiza el punto de crecimiento, encargado de la diferenciación de las hojas y del desarrollo externo de la planta. Desde sus nudos emergen entre tres y cuatro raíces (Moreno, 2022).

2.2.2. Raíz

El sistema radicular del banano está compuesto por raíces primarias y adventicias. Su diámetro varía entre 5 y 8 mm, mientras que su crecimiento lateral puede extenderse entre 2.5 y 3 metros, alcanzando una profundidad de hasta 1.5 metros. Las raíces primarias se desarrollan a partir de la superficie del cilindro central del rizoma, mientras que las raíces secundarias y terciarias emergen a partir de estas (Averos, 2022).

2.2.3. Pseudotallo

El pseudotallo del plátano presenta una altura que varía entre 2 y 5 metros, pudiendo alcanzar hasta 8 metros si se consideran las hojas. Sus frutos, clasificados como bayas falsas y desprovistos de semillas, poseen una forma cilíndrica y se organizan en manos dentro de racimos que pueden contener entre 30 y 70 plátanos. En cuanto a sus dimensiones, estos frutos miden entre 20 y 40 cm de longitud y tienen un diámetro de aproximadamente 4 a 7 cm. La planta del plátano está compuesta por diversas partes, entre ellas las hojas, los frutos, el raquis, la bellota y el pseudotallo (Abril, 2019).

2.2.4. Hojas

Durante el desarrollo del banano, se pueden distinguir distintos tipos de hojas, entre ellas las rudimentarias, las estrechas con forma ensiforme y las anchas o verdaderas. El tamaño de las hojas verdaderas aumenta progresivamente hasta alcanzar un punto máximo, aunque aquellas que emergen justo antes de la floración presentan una reducción drástica en su tamaño (Moreno, 2022).

2.2.5. Fruto

La formación de frutos sin semillas comienza en los ovarios de las flores pistiladas, donde la acumulación en los nódulos favorece el desarrollo de las manos de frutos dentro del racimo.

2.3.Requerimientos agroclimáticos del cultivo de banano

El clima desempeña un papel fundamental en el establecimiento de la mayoría de los cultivos, ya que influye directamente en su crecimiento y desarrollo. Por ello, para el adecuado establecimiento de plantas de banano, es esencial considerar las condiciones climáticas de la zona, asegurando que sean óptimas para su desarrollo (INTRAGI, 2018).

2.3.1. Temperatura

El banano prospera en temperaturas que oscilan entre 20°C y 30°C, siendo 27°C la óptima. Temperaturas inferiores a 15°C pueden detener su crecimiento

2.3.2. Precipitación

Una precipitación de 150 a 180 mm cada mes es suficiente para suplir los requerimientos de la planta. La cantidad de agua requerida se fija entre 1.800 y 2.800 mm al año bien distribuidos (INFOAGRO, 2020).

2.3.3. Luminosidad

El cultivo de banano puede tolerar variaciones moderadas en la iluminación sin que esto afecte significativamente su crecimiento. Sin embargo, una reducción prolongada de la luz, como en días nublados o condiciones de baja luminosidad, puede extender considerablemente su ciclo vegetativo. En comparación con una plantación bien expuesta a la luz, las plantas que crecen en penumbra pueden tardar casi el doble en completar su desarrollo en condiciones extremas (INFOAGRO, 2020).

2.3.4. Viento

El viento es un factor crucial a considerar al establecer una plantación de banano, ya que sus hojas amplias y su sistema radicular poco profundo lo hacen vulnerable a daños mecánicos. Por esta razón, no se recomienda el cultivo en áreas donde la velocidad del viento supere los 20 km/h, ya que esto puede afectar su estabilidad y desarrollo (INFOAGRO, 2020).

2.3.5. Altitud

La producción óptima de banano se encuentra en regiones ubicadas a 15° al norte y sur del ecuador terrestre, aunque aún es posible obtener buenos rendimientos hasta los 30°. La altitud máxima recomendada para su cultivo es de 2000 metros sobre el nivel del mar, con la mayoría de las

plantaciones comerciales situadas entre los 400 y 600 msnm. Es importante destacar que a mayor altitud, el ciclo vegetativo del banano puede prolongarse aproximadamente un mes por cada 100 metros adicionales sobre el nivel del mar (INTRAGI, 2018)

2.3.6. Suelo

La selección del suelo es un factor clave para el establecimiento del cultivo de banano, ya que influye directamente en su vida útil y calidad. Realizar un análisis previo del suelo es una herramienta fundamental para asegurar una elección adecuada del terreno y garantizar la viabilidad de la plantación. A través de este estudio, es posible determinar si las condiciones del suelo son favorables para el establecimiento y desarrollo óptimo del cultivo (INFOAGRO, 2020).

2.4.Importancia económica del banano en el Ecuador

Mediante la producción de banano en el Ecuador, se ha observado de forma considerada que en los últimos años el impacto de exportación de banano se ha aumentado considerablemente de manera directa e indirecta en la situación económica del país durante los últimos 14 años, se ha analizado la importancia del sector bananero en el país de manera que ha favorecido al PIB (Producto Interno Bruto) del Ecuador. Se han determinado los valores económicos que se encuentran basados en los aspectos oficiales que ayudan a la sustentabilidad económica-financiera del país (Vera, 2022).

2.4.1. Sostenibilidad y producción orgánica del banano

El sector bananero desempeña un papel fundamental en la economía de Ecuador, tanto por su magnitud como por el alto porcentaje de la población, aproximadamente un 10 %, que depende de esta actividad para su sustento. La estabilidad, productividad y sostenibilidad de esta industria son estratégicas para el país. En esta sección se analizan los desafíos que enfrenta la producción

bananera en términos de sostenibilidad, así como las complejas dificultades derivadas del cambio climático (Elbehri et al., 2015).

2.5. Impacto del cambio climático en la producción bananera

Los cambios en el clima y la variabilidad ambiental influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas, incluido el banano (*Musa AAA*), una especie hidrófita adaptada a las condiciones de alta humedad propias del trópico húmedo. Sin embargo, su estructura vegetativa se ve afectada negativamente por fenómenos climáticos extremos como lluvias intensas, sequías prolongadas, fuertes ráfagas de viento y temperaturas elevadas. Estas alteraciones ambientales impactan directamente en la producción del cultivo, reduciendo su rendimiento y afectando su estabilidad agrícola (Duarte Holguín et al., 2024).

2.6. Microorganismos benéficos en la Agricultura

Dentro de la producción y sobre todo para el desarrollo sostenible en sistemas agrícolas los microorganismos juegan un papel crucial, pues estos integran prácticas para el manejo de nutrientes, control de plagas y enfermedades encaminando a la reducción de agroquímicos (Caizabanda, 2023).

2.6.1. Hongos antagonistas de fitopatógenos

Las especies del género *Trichoderma spp.* actúan como inductoras de resistencia sistémica contra fitopatógenos, desempeñando un papel clave como hongos antagonistas frente a diversas especies patógenas. Su mecanismo de acción incluye la competencia por espacio y nutrientes, así como la producción de enzimas hidrolíticas y metabolitos asociados a la defensa vegetal. Estos compuestos generan una respuesta en las plantas previamente colonizadas por distintas cepas del hongo,

fortaleciendo su resistencia frente a infecciones causadas por diferentes microorganismos patógenos (López-Valenzuela et al., 2022).

2.7.Trichoderma spp.

Trichoderma es un organismo simbiote de plantas que se caracteriza por ser una alternativa de bajo costo, altamente efectiva y amigable con el medio ambiente. Su acción de control se basa en mecanismos como el micoparasitismo, la competencia y la antibiosis, además de suprimir la actividad de patógenos a través de procesos enzimáticos. También contribuye al equilibrio de la microflora del suelo y favorece el crecimiento y la producción de las plantas. Asimismo, este hongo estimula la resistencia y tolerancia de las plantas frente a condiciones de estrés tanto biótico como abiótico (Martínez-Canto et al., 2021a).

2.7.1. Características morfológicas del género *Trichoderma*

Estos hongos tienen la capacidad de generar clamidosporas unicelulares y globosas en sustratos naturales, las cuales pueden ser intercalares o, en algunos casos, terminales en las hifas. Estas estructuras, de color verde y con un diámetro menor a 15 μm , juegan un papel clave en la supervivencia del hongo en el suelo bajo condiciones adversas, permitiéndole persistir en el tiempo, desde el punto de vista morfológico, las colonias del género *Trichoderma* presentan un crecimiento rápido, con un color inicialmente blanco que evoluciona a un tono verde pálido y, en algunos casos, puede desarrollar un pigmento amarillo en el centro (Sánchez, 2023).

Este estudio considera diversos parámetros morfológicos, microscópicos y fisiológicos para la caracterización de *Trichoderma*, evaluando su desarrollo en medio de cultivo PDA a 25 °C, las características morfológicas de las colonias incluyen: Forma de la colonia (FC), Color del anverso (CA), Color del reverso (CR), Textura del micelio (TM), Presencia de halo central (HC), Número

de anillos concéntricos (NAC), Tipo de esporulación (TE), Capacidad de esporulación (CE) (Arrazate-Argueta et al., 2019).

Debido a la gran cantidad de especies y su diversidad genética, *Trichoderma* es un género que requiere estudios a nivel molecular, ya que la identificación basada solo en características morfológicas resulta insuficiente. Se han distinguido numerosas especies dentro de este género, y constantemente se siguen identificando nuevas variantes (Sánchez Miranda et al., 2021).

2.7.2. Funciones de *Trichoderma spp.* en la agricultura

El género *Trichoderma* comprende hongos filamentosos que habitan en el suelo, el agua y diversos entornos naturales. Algunas de sus especies destacan por sus propiedades benéficas, ya que no solo funcionan como agentes de biocontrol, sino que también estimulan el crecimiento vegetal. A continuación, se describen sus principales características y aplicaciones (García et al., 2024).

2.7.3. *Trichoderma spp.* como promotor del crecimiento vegetal

Trichoderma spirale. también desempeña un papel clave en la promoción del crecimiento vegetal. Estudios han demostrado que la exposición a especies como *T. virens* y *T. atroviride* favorece un mayor desarrollo de biomasa en plántulas de *Arabidopsis*, además de estimular la formación de raíces laterales (Andrade-Hoyos et al., 2023).

2.7.4. Efecto de *Trichoderma spp.* ante estrés abiótico

Las plantas han desarrollado mecanismos adaptativos que les permiten percibir y responder a variaciones en el entorno, reduciendo al máximo los posibles daños para garantizar su desarrollo. Estas adaptaciones incluyen modificaciones morfológicas, como el incremento del crecimiento y la expansión del sistema radicular, la abscisión de estructuras aéreas y el cierre estomático, así como ajustes a nivel fisiológico, bioquímico y molecular (Cortés Hernández et al., 2023).

2.7.5. Trichoderma spp. Mejora de la calidad del suelo

La aplicación de este microorganismo benéfico ha demostrado ser una estrategia eficaz para optimizar las propiedades del suelo al promover un equilibrio microbiológico que favorece la disponibilidad de nutrientes y mejora la estructura del sustrato. Además, *Trichoderma spirale*. desempeña un papel clave en la reducción del impacto negativo de los agroquímicos, favoreciendo un ambiente más saludable para el desarrollo radicular de las plantas. Estos efectos positivos hacen que su uso sea una alternativa sostenible para la recuperación y mantenimiento de suelos degradados, contribuyendo a un cultivo de banano más resiliente y productivo (Romero Cún & Loayza Agurto, 2023).

2.8.Mecanismo de acción de *Trichoderma spp.*

2.8.1. Biocontrol de patógenos

El uso de diversas especies de *Trichoderma spp.* representa una alternativa viable para favorecer el crecimiento y desarrollo de las plantas, gracias a su interacción beneficiosa con ellas. Además, su alta actividad antagónica se manifiesta a través de la competencia por espacio y el micoparasitismo. También se ha identificado la producción de enzimas y efectores que participan en el reconocimiento y degradación de la pared celular de distintos fitopatógenos, incluyendo *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora capsici*, *Sclerotinia sclerotiorum* y *Botrytis cinérea* (Martínez-Canto et al., 2021b).

2.8.2. Micoparasitismo

El uso de *Trichoderma spp.* en el control biológico se caracteriza por su alta efectividad contra una amplia variedad de patógenos que afectan tanto el suelo como el follaje de las plantas. Su acción se basa en diversos mecanismos, incluyendo la degradación directa de hongos fitopatógenos (*micoparasitismo*), la producción de compuestos antimicrobianos (*antibiosis*) y la competencia

por recursos esenciales como nutrientes y espacio. A través de estos procesos, *Trichoderma spp.* limita el desarrollo de microorganismos perjudiciales, favoreciendo un entorno más saludable para el crecimiento vegetal (Mayorga et al., 2024).

2.8.3. Inducción de resistencia sistémica (ISR)

Trichoderma spp. tiene la capacidad de ejercer control biológico sobre una amplia variedad de hongos fitopatógenos a través del micoparasitismo, un proceso que ocurre en varias fases. Inicialmente, el hongo dirige su crecimiento hacia el patógeno, estableciendo un reconocimiento mediante interacciones entre lectinas y carbohidratos. Una vez identificado el huésped, las hifas de *Trichoderma* se adhieren y se enrollan alrededor de las hifas del patógeno, formando una estructura que facilita su posterior invasión. Finalmente, el hongo degrada la pared celular del microorganismo patógeno mediante la liberación de enzimas hidrolíticas y compuestos antimicrobianos como los peptaiboles, lo que conduce a su debilitamiento y eliminación (Marchuk Larrea et al., 2023).

2.8.4. Producción de metabolitos bioactivos

Trichoderma spp. secreta enzimas como quitinasas, glucanasas y proteasas que degradan la pared celular de hongos fitopatógenos, facilitando su parasitismo y control. Estas enzimas descomponen los componentes estructurales de los patógenos, debilitándolos y previniendo su proliferación (Sánchez, 2023).

III. METODOLOGIA

3.1. Diseño del estudio

El objetivo de este estudio es evaluar los efectos de los microorganismos benéfico sobre el estrés abiótico en el cultivo de banano (*Musa spp.*), se realizará el experimento en los meses de marzo hasta noviembre debido a que estos periodos son los más cálidos y secos del año registrando temperaturas de entre 31°C y con precipitaciones mínimas de 11mm mensualmente.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Localización del estudio

La investigación tuvo lugar en dos escenarios: el laboratorio de Sanidad Vegetal y la Granja Experimental “Santa Inés”, ambos ubicados dentro de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Técnica de Machala, en el cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador, con las siguientes coordenadas una longitud: 79°54’38” w, latitud: 3°17’23”S. Según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología-INAMHI, (2017) posee una precipitación mensual promedio de 75,5 mm, con una temperatura promedio de 24,7°C, en un área de 0.28 ha.

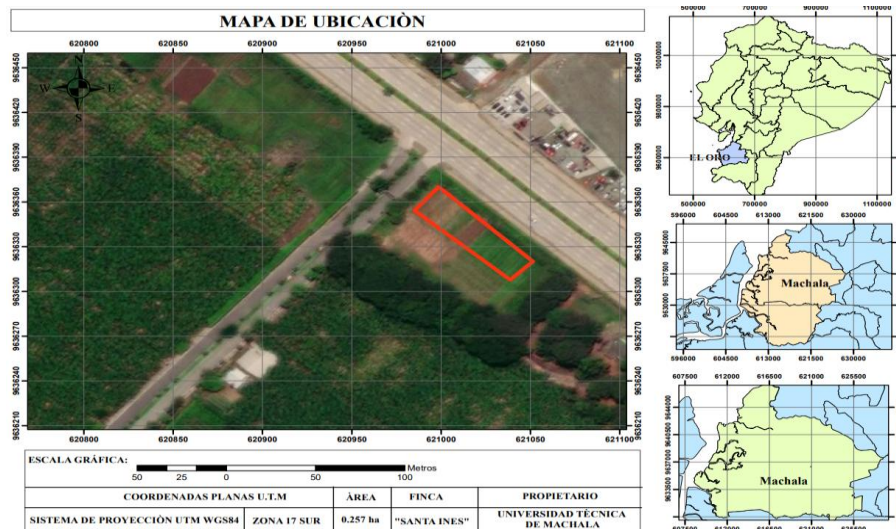


Figura 1. Levantamiento Planimétrico

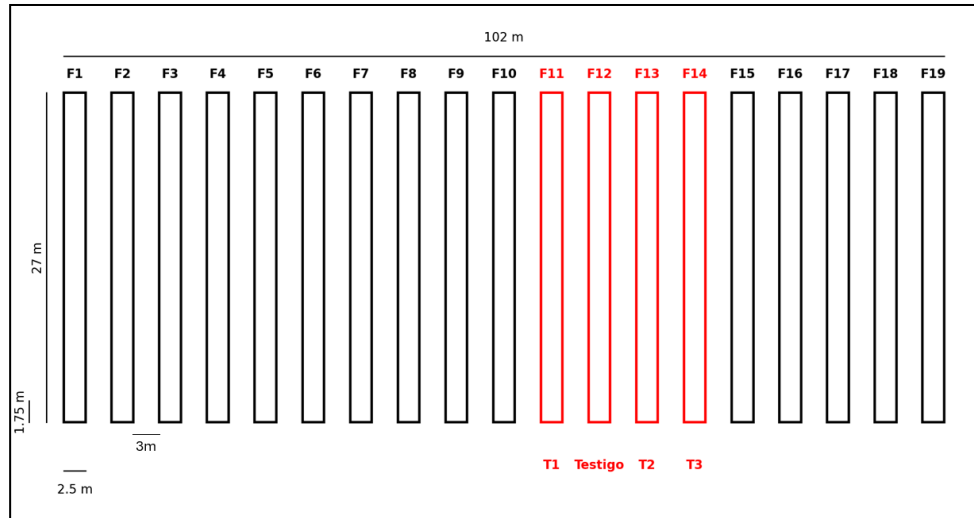


Figura 2. *Diseño de la Plantilla*

3.2.2. Características del diseño:

F11 → T1 (Tratamiento 100 g*ha^{-1})

F12 → Testigo (absoluto sin aplicaciones)

F13 → T2 (Tratamiento 200 g*ha^{-1})

F14 → T3 (Tratamiento 300 g*ha^{-1})

3.2.3. Material Vegetal

En la plantilla experimental se sembró un total de 285 plantas de banano (*Musa spp.*) del clon Williams, que fueron repartidas en 19 camas con 15 plantas en cada una.

3.2.4. Preparación del suelo

Para tener una plantilla experimental primero se empezó con la limpieza del terreno para esto se implementó el uso de una gallineta la cual también sirvió para limitar las camas las cuales fueron 3m entre hileras 2.5 m de ancho, con una separación de 1.75 entre plantas.

3m

3.3.Riego

El sistema de riego consta de una red principal y red secundarias en las cuales se colocaron 3 goteros por cada unidad experimental para así lograr un riego constante y preciso



Figura 3. Siembra e instalación del Sistema de Riego por Goteo

3.4.Selección de microorganismo benéfico

Para este experimento se decidió usar *Trichoderma sp.* debido a que posee propiedades de:

- Inducción de resistencia sistémica (ISR).
- Producción de metabolitos y hormonas del crecimiento.
- Mejora de la absorción de nutrientes.

- Competencia y biocontrol de patógenos.
- Tolerancia a estrés hídrico y salino.

Debido a estas propiedades se optó por este microorganismo benéfico para mitigar el estrés abiótico.

3.4.1. Diseño experimental

Se empleó un diseño de bloques al azar (DBA) con 3 tratamientos y un testigo

Tabla 1. *Tratamientos Aplicados*

| TRATAMIENTO | DESCRIPCION | DOSIS | INGREDIENTE ACTIVO |
|-------------------|--|-------------------------|-------------------------|
| T1 | Aplicación alta de <i>Trichoderma spirale</i> . | (300 g/ha) | 1×10^8 |
| T2 | aplicación media de <i>Trichoderma spirale</i> . | (200 g/ha) | 1×10^8 |
| T3 | Aplicación baja de <i>Trichoderma spirale</i> . | (100 g/ha) | 1×10^8 |
| T4 TESTIGO | No recibió aplicaciones | No recibió aplicaciones | No recibió aplicaciones |

Cada tratamiento cuenta con una unidad experimental que consta de una parcela de con un total de 15 plantas por cama para así lograr un total de 60 plantas experimentales.

3.5. Aislamiento y selección de Cepas

3.5.1. Trampas de arroz

Para lograr obtener una cepa de *Trichoderma sp.* primero debemos aislar una muestra la cual la obtener del suelo mediante una captura de hongos la cual consta de poner tarrinas de arroz cocinado solo con agua boca abajo se usa como tapa con una gasa para evitar el ingreso de animales e insectos y se lo deja durante 5 días, se los ubica en el lugar que se desea obtener la muestra preferentemente del lugar donde se va a realizar el estudio.



Figura 4. *Trampas de Arroz Cocinado*

Transcurridos los 5 se procede a retirar las tarrinas anteriormente ubicadas para obtener como resultado el crecimiento de hongos tanto patógenos como benéficos.



Figura 5. *Muestra Obtenida de Trampa de Arroz*

Procedemos a seleccionar las mejores muestras que presenten más un color verde que amarillo o rojo debido a que lo verde que se encuentra con los microorganismos benéficos como lo es *Trichoderma sp*



Figura 6. Selección de la Mejor Muestra

Una vez ya seleccionamos la mejor muestra obtenida de campo procedemos a aislar el microorganismo benéfico conocido como *Trichoderma spirale*. para el cual empleamos el uso de una cámara de flujo laminar para evitar contaminantes externos, en la cual procedemos a retirar con mucho cuidado una pequeña parte del hongo benéfico el cual pasamos a sembrar en una caja Petri con PDA.

3.5.2. Elaboración de PDA

Para la elaboración del PDA (Papa Dextrosa Agar) necesitaremos lo siguiente para un litro:

- 200gr de papa
- 1 litro de agua destilada
- 19 gr Agar
- 15 gr Dextrosa
- Cloranfenicol

Para empezar la elaboración de un PDA debemos primero llevar a ebullición los 200gr de papa en agua destilada durante aproximadamente 20 – 30 minutos, luego caldo de almidón obtenido lo colamos para evitar cualquier impureza, a continuación agregamos tanto los 19gr de agar junto

con los 15gr de dextrosa para pasarlo a hervir nuevamente para poner clarificar el PDA, el resultado obtenido de este procesos lo debemos esterilizar en un autoclave a una temperatura de 121 °C durante 15 – 20 minutos.



Figura 7. Papa Cortada y Pelada



Figura 8. Dextrosa y Agar

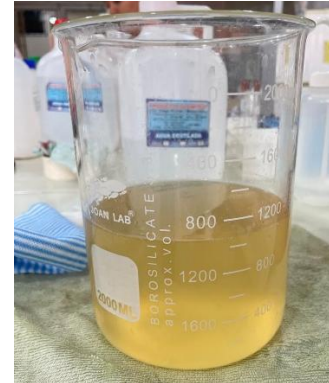


Figura 9. PDA Clarificado



Figura 10. Autoclave Utilizado



Figura 11. PDA en Autoclave



Figura 12. PDA Autoclavado

3.6. Aislamiento de Cepas

Las muestras de suelo obtenidas en las trampas de arroz se procesarán dentro del laboratorio de sanidad vegetal, debemos aislar una pequeña muestra de *Trichoderma sp* la cual será puesta en incubación durante 25°C durante 5-7 días.



Figura 13. *Aislamiento de Cepa Obtenida de las Muestras*

3.7.Purificación de cepas

Las cepas seleccionadas se volverán a sembrar en placas de PDA para obtener cultivos puros de *Trichoderma spirale*.



Figura 14. *Placa #1 cepa pura de Trichoderma Spirale*

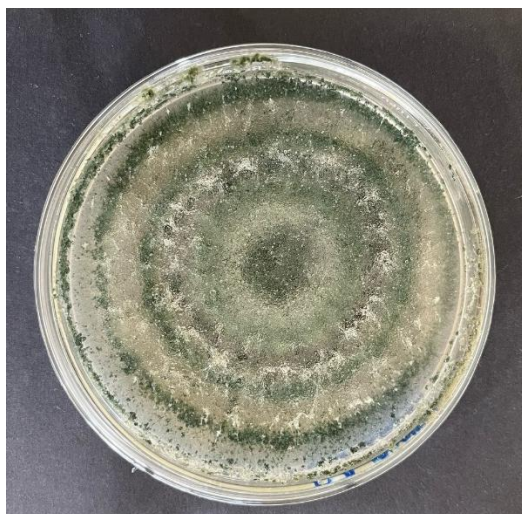


Figura 15. Placa #2 cepa pura de *Trichoderma Spirale*

3.8.Siembra de *Trichoderma spirale*

Tras haber obtenido placas con *Trichoderma* sp puras se procedió a realizar la multiplicación del hongo en sustrato de arroz como lo indica el MAGAP (Troya & Vaca, 2014).

3.9.Aplicación de *Trichoderma spirale*. Al suelo

Se aplicarán al suelo cada 15 días en las dosis correspondientes a cada tratamiento, con una bomba fumigadora de 20 litros manual a la zona radicular de las plantas.

3.10. Variables Agronómicas Evaluadas

- A) **H** Altura de planta cada 15 días
- B) **DIAMETRO** Diámetro del Pseudotallo
- C) **AFC** Área foliar cosecha

D) **NHC** Numero de hojas a la cosecha

E) **GUM** Grado ultima mano

F) **GMS** Grado mano sol

H) **PR** Peso racimo

I) **Praq** Pesos del raquis

J) **RATIO** Ratio procesado

3.11. Recolección de datos

Los datos de altura y diámetro de la planta se tomaron cada 15 días durante todo el periodo de crecimiento hasta llegar a a la parición de la misma, se implementó el uso de instrumentos de medición estándar como, calibradores, balanzas electrónicas, cintas métricas.



Figura 16. *Toma de Datos para Área Foliar*



Figura 17. *Toma de Datos para Área Foliar*



Figura 18. *Toma de Datos para Altura*



Figura 19. *Toma de Diámetro del Pseudotallo*



Figura 20. *Toma de Variables en la Cosecha*



Figura 21. *Toma de Variables en la Cosecha*

3.12. Análisis estadístico

Los datos recolectados serán analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) con el objetivo de determinar los efectos significativos de los tratamientos evaluados. En caso de detectar diferencias significativas, se aplicará la prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$) para identificar qué tratamientos presentan variaciones entre sí. Para llevar a cabo estos análisis estadísticos, se empleará el software SPSS.

IV. RESULTADOS Y ANALISIS

4.1. Resultados del experimento

El presente estudio analizó el impacto del hongo *Trichoderma spirale*. en el desarrollo del cultivo de banano, destacando su capacidad para reducir los efectos negativos del estrés abiótico. Los hallazgos indican que su aplicación contribuye a mejorar el crecimiento y la resistencia de las plantas, permitiéndoles enfrentar condiciones ambientales desfavorables como la falta de agua, la salinidad y las temperaturas extremas. Se evidenció que las plantas tratadas con *Trichoderma spirale*. presentaron un mayor desarrollo en términos de altura, grosor del pseudotallo, extensión foliar, número de hojas y peso del racimo en comparación con aquellas que no recibieron el tratamiento. Además, su acción sobre el sistema radicular favoreció el fortalecimiento de las raíces, lo que optimizó la captación de agua y nutrientes, permitiendo a las plantas mantener un crecimiento estable en entornos adversos. Estos resultados resaltan el potencial de *Trichoderma spirale*. como un aliado en la producción agrícola, ofreciendo una alternativa natural y sostenible para mejorar el rendimiento del cultivo de banano y su adaptación a condiciones ambientales cambiantes.

4.1.1. H (Altura de planta cada)

En la **Tabla 3**. muestra que los tratamientos aplicados tienen un efecto significativo en la altura de la planta de banano ($p < 0.05$). Esto significa que al menos uno de los tratamientos generó una diferencia significativa en comparación con los demás, lo cual demuestra que si existe una mejora significativa en cuanto al crecimiento vegetal como lo indica la literatura (Andrade-Hoyos et al., 2023).

Tabla 2. Anova para Variable Altura de la Planta

| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|--------|--------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| Altura | Inter-grupos | 2,340 | 3 | ,780 | 19,408 | ,000 |
| | Intra-grupos | 2,251 | 56 | ,040 | | |
| | Total | 4,591 | 59 | | | |

En la **Tabla 4.** se observa que de *Trichoderma spirale*. en dosis de 200 g y 300 g mostró diferencias significativas en comparación con las dosis de 100 g y el testigo, lo que sugiere que dosis más altas de *Trichoderma spirale* promueven un mayor efecto en la variable evaluada. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre 200 g y 300 g, lo que indica que aumentar la dosis más allá de 200 g no genera un beneficio adicional significativo, lo que nos permite determinar que aplicar *Trichoderma spirale* en dosis altas se obtuvo un mejor desarrollo vegetal coincide con resultados anteriores (Romero Cún & Loayza Agurto, 2023).

Tabla 3. Prueba de Tukey Variable Altura de la Planta

| H | | | | |
|---------------------------|------------------|----|------------------------------|--------|
| TRATAMIENTO | | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
| HSD de Tukey ^a | | | 1 | 2 |
| | Testigo VS | 15 | 1,8393 | |
| | 100 g T. spirale | 15 | 1,8573 | |
| | 200 g T. spirale | 15 | 2,0300 | |
| | 300 g T, spirale | 15 | | 2,3313 |
| | Sig. | | ,055 | 1,000 |

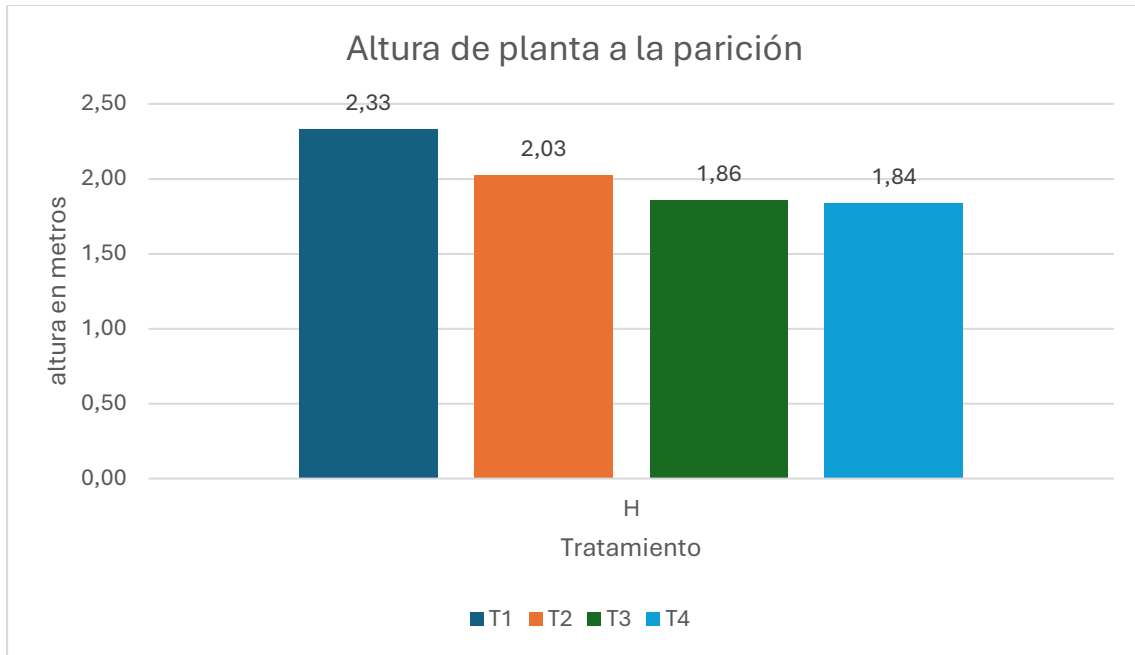


Figura 22. Gráfico de Barras de la altura de la Planta a la Parición

En la **Figura 23.** el tratamiento T1 resultó ser el más eficiente para promover el crecimiento de la planta, seguido por T2. Mientras tanto, T3 y T4 presentaron un menor desarrollo en altura, lo que sugiere que dosis más bajas o la ausencia del tratamiento pueden limitar el crecimiento del cultivo. Estos resultados destacan la importancia de la aplicación adecuada de *Trichoderma spirale*. para optimizar el desarrollo del banano, las gráficas obtenidas confirman lo que menciona (Romero Cún & Loayza Agurto, 2023) que con aplicaciones de *Trichoderma spirale*. Se obtuvo un mejor crecimiento vegetal.

4.1.2. DIAMETRO (Diámetro del Pseudotallo)

En la **Tabla 5.** los tratamientos aplicados afectaron significativamente el diámetro del pseudotallo ($p < 0.05$), lo que indica que al menos uno de los tratamientos generó una diferencia significativa en comparación con los demás, podemos afirmar que la aplicación de *Trichoderma spirale*.

Aumenta significativamente el crecimiento vegetal como lo menciona (González-León et al., 2022).

Tabla 4. Anova para Variable del Diámetro del pseudotallo

| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|----------|--------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| DIAMETRO | Inter-grupos | ,248 | 3 | ,083 | 41,096 | ,000 |
| | Intra-grupos | ,113 | 56 | ,002 | | |
| | Total | ,360 | 59 | | | |

En la **Tabla 6.** los tratamientos con 200 g y 300 g de *Trichoderma spirale*. mostraron una diferencia significativa en el diámetro del pseudotallo en comparación con el testigo y la dosis de 100 g. Esto sugiere que dosis más altas de *Trichoderma spirale*. (200 g y 300 g) favorecen un mayor desarrollo del diámetro del pseudotallo, mientras que dosis más bajas o la ausencia del tratamiento no generan una mejora significativa, con lo que podemos afirmar que aplicar *Trichoderma spirale*. en dosis elevadas nos da como resultado un mejor crecimiento vegetal (González-León et al., 2022).

Tabla 5. Prueba de Tukey para Variable Diámetro de Pseudotallo

| DIAMETRO | | | | |
|---------------------------|-------------------|----|------------------------------|-------|
| TRATAMIENTO | | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
| | | | 1 | 2 |
| HSD de Tukey ^a | 100 g T. espirale | 15 | ,5107 | |
| | Testigo | 15 | ,5113 | |
| | 300 g T. espirale | 15 | | ,6340 |
| | 200 g T. espirale | 15 | | ,6447 |
| | Sig. | | 1,000 | ,915 |

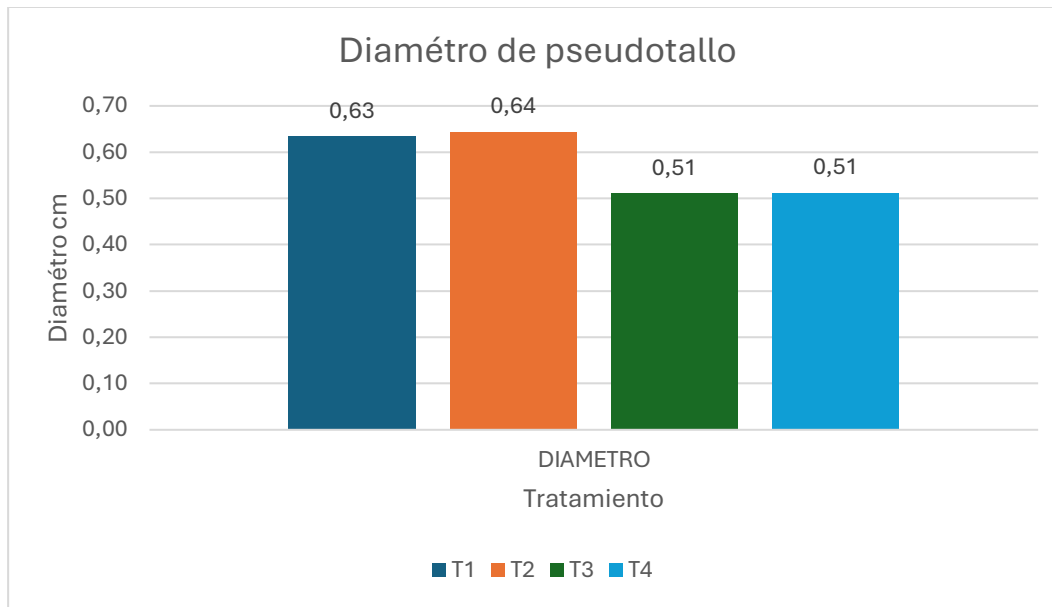


Figura 23. Gráfico de Barras de Diámetro de pseudotallo

En la **Figura 24.** los tratamientos con 200 g y 300 g de *Trichoderma spirale*. (T1 y T2) generaron un aumento significativo en el diámetro del pseudotallo, mientras que los tratamientos Testigo y 100 g de *Trichoderma spirale*. (T3 y T4) no mostraron diferencias entre sí y presentaron los valores más bajo, en la gráfica se confirma con los resultados del crecimiento de pseudotallo en comparación con (Romero Cún & Loayza Agurto, 2023).

4.1.3. AFC (Área foliar cosecha)

En la **Tabla 7.** Los tratamientos aplicados afectaron significativamente el área foliar a la cosecha ($p < 0.05$), lo que indica que al menos uno de los tratamientos generó una diferencia significativa en comparación con los demás, se obtuvo con la aplicación de *Trichoderma spirale* una mejor área foliar lo cual es un factor determinante en el cultivo de banano para un mejor desarrollo del mismo como lo explica (INFOAGRO, 2020).

Tabla 6. Anova para Variable Area Foliar a la Cosecha

| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|-----|--------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| AFC | Inter-grupos | 21,607 | 3 | 7,202 | 10,603 | ,000 |
| | Intra-grupos | 38,040 | 56 | ,679 | | |
| | Total | 59,648 | 59 | | | |

En la **Tabla 8.** La aplicación de 100 g de *Trichoderma spirale*. tuvo el menor impacto en el área foliar, ubicándose en un subconjunto diferente al de los demás tratamientos, los tratamientos con 200 g y 300 g de *Trichoderma spirale*. mostraron diferencias significativas respecto a 100 g, lo que indica que dosis más altas favorecen un mayor desarrollo del área foliar, el testigo (sin aplicación) se encuentra dentro del subconjunto 2, lo que sugiere que su respuesta en área foliar no es significativamente diferente a los tratamientos con 200 g y 300 g, el resultado del área foliar al final de cosecha resulto significativo por lo cual podemos afirmar lo que menciona (Romero Cún & Loayza Agurto, 2023) que en mayores aplicaciones de *Trichoderma spirale* obtenemos un mejor resultado.

Tabla 7. Prueba de Tukey para Variable Area Foliar a la Cosecha

| AFC | | | | |
|---------------------------|-------------------|----|------------------------------|--------|
| TRATAMIENTO | | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
| | | | 1 | 2 |
| HSD de Tukey ^a | 100 g T. espirale | 15 | 2,3380 | |
| | Testigo | 15 | | 3,2007 |
| | 200 g T. espirale | 15 | | 3,4687 |
| | 300 g T, espirale | 15 | | 3,9973 |
| | Sig. | | 1,000 | ,050 |

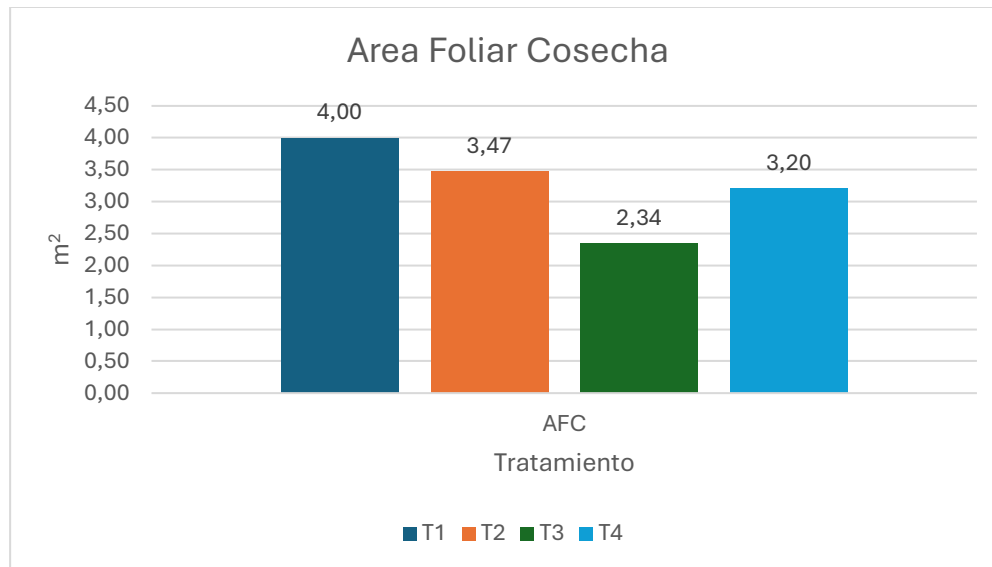


Figura 24. Gráfico de Barras de Área Foliar Cosecha

En la **Figura 25**, el tratamiento con 300 g de *Trichoderma spirale*. (T1) mostró el mayor desarrollo foliar, con diferencias cercanas a ser estadísticamente significativas en comparación con los demás tratamientos, el tratamiento T3 presentó la menor área foliar, lo que sugiere que dosis menores o la ausencia del microorganismo pueden limitar el desarrollo de la planta, los tratamientos T2 y T4 mostraron valores intermedios sin diferencias significativas entre ellos, Esto indica que el uso de *Trichoderma spirale*. en dosis altas (300 g) podría ser una estrategia efectiva para promover el desarrollo foliar y mejorar la eficiencia fotosintética del cultivo de banano como lo indica (Ramírez-Torres et al., 2022).

4.1.4. NHC (Numero de hojas a la cosecha)

En la **Tabla 9**, el uso de 300 g de *Trichoderma spirale*. (T1) es el tratamiento más eficiente para optimizar el área foliar a la cosecha. Sin embargo, 200 g (T2) también proporciona un buen desarrollo, lo que podría ser una alternativa más eficiente en términos de costo-beneficio. El tratamiento con 100 g (T3) mostró el menor impacto, lo que sugiere que esta dosis no es suficiente

para obtener un crecimiento óptimo del área foliar, por cual podemos confirmar la mejora significativa al número de hojas a la cosecha al aplicar *Trichoderma spirale*. como lo explica (Romero Cún & Loayza Agurto, 2023).

Tabla 8. Prueba de Tukey para variable Numero de Hojas a la Cosecha

| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|-----|--------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| NHC | Inter-grupos | 43,800 | 3 | 14,600 | 11,592 | ,000 |
| | Intra-grupos | 70,533 | 56 | 1,260 | | |
| | Total | 114,333 | 59 | | | |

En la **Tabla 10.** la aplicación de 200 g de *Trichoderma spirale*. resultó en el menor número de hojas a la cosecha, ubicándose en un subconjunto diferente al de los demás tratamientos, el testigo (sin aplicación) se encuentra en un grupo intermedio, lo que sugiere que su respuesta en el número de hojas no difiere mucho de los otros tratamientos, los tratamientos con 300 g y 100 g de *Trichoderma spp.* generaron el mayor número de hojas a la cosecha, siendo estadísticamente diferentes del tratamiento de 200 g, comparando los resultados con (Ramírez-Torres et al., 2022) podemos afirmar una mejora al aplicar *Trichoderma spirale*.

Tabla 9. Prueba de Tukey para Variable Numero de Hojas a la Cosecha

| NHC | | | | | |
|---------------------------|-------------------|----|------------------------------|--------|--------|
| TRATAMIENTO | | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | |
| | | | 1 | 2 | 3 |
| HSD de Tukey ^a | 200 g T. espirale | 15 | 4,7333 | | |
| | Testigo | 15 | 5,4667 | 5,4667 | |
| | 300 g T, espirale | 15 | | 6,0667 | 6,0667 |
| | 100 g T. espirale | 15 | | | 7,0667 |
| | Sig. | | ,289 | ,466 | ,081 |

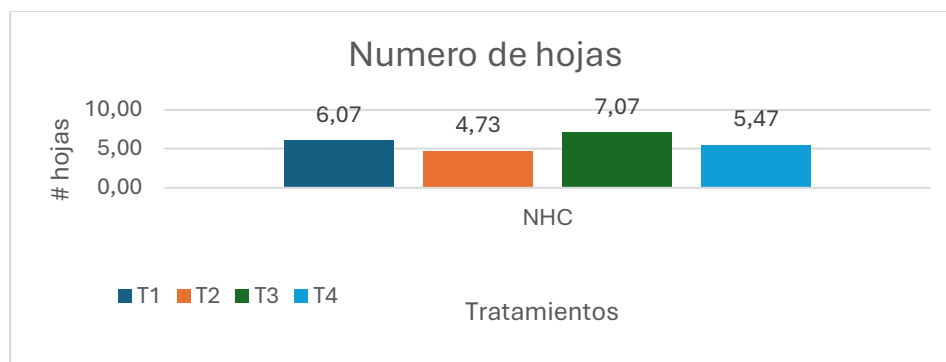


Figura 25. Gráfico de Barras Numero de Hojas

En la **Figura 26.** el uso de 300 g de *Trichoderma spirale*. (T3) es el tratamiento más eficiente para optimizar el desarrollo foliar en términos de número de hojas. Sin embargo, 100 g de *Trichoderma spp.* (T1) también proporciona buenos resultados, lo que podría ser una alternativa más eficiente en términos de costo-beneficio. El tratamiento con 200 g (T2) mostró el menor impacto, lo que sugiere que esta dosis no es suficiente para obtener un crecimiento óptimo del número de hojas, podemos determinar que la aplicación de *Trichoderma spirale*. si aumenta el desarrollo foliar como lo explica (González-León et al., 2022).

4.1.5. GUM (Grado ultima mano)

En la **Tabla 11.** los tratamientos aplicados afectaron significativamente el grado de la última mano ($p < 0.05$), lo que indica que al menos uno de los tratamientos generó una diferencia significativa en comparación con los demás, de esta forma podemos afirmar un aumento en el desarrollo del fruto con las aplicaciones de *Trichoderma spirale*. como lo indica (González-León et al., 2022).

Tabla 10. Anova para Variable Grado de ultima mano

| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|-----|--------------|-------------------|----|------------------|-------|------|
| GUM | Inter-grupos | 12,450 | 3 | 4,150 | 4,828 | ,005 |
| | Intra-grupos | 48,133 | 56 | ,860 | | |
| | Total | 60,583 | 59 | | | |

En la **Tabla 12.** el tratamiento con 300 g de *Trichoderma spirale*. mostró un mayor grado de última mano, lo que sugiere que esta dosis podría favorecer el desarrollo del fruto. Sin embargo, la diferencia con los otros tratamientos no es completamente significativa, porque podemos determinar que la aplica de *Trichoderma spirale*. en general si aumenta el rendimiento de la cosecha como lo *explica* (Marchuk Larrea et al., 2023).

Tabla 11. Prueba de Tukey para Variable Grado de Ultima mano

| GUM | | | | |
|---------------------------|-------------------|----|------------------------------|---------|
| TRATAMIENTO | | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
| | | | 1 | 2 |
| HSD de Tukey ^a | 200 g T. espirale | 15 | 39,4667 | |
| | 100 g T. espirale | 15 | 39,6667 | |
| | Testigo | 15 | 39,8667 | 39,8667 |
| | 300 g T, espirale | 15 | | 40,6667 |
| | Sig. | | ,641 | ,096 |

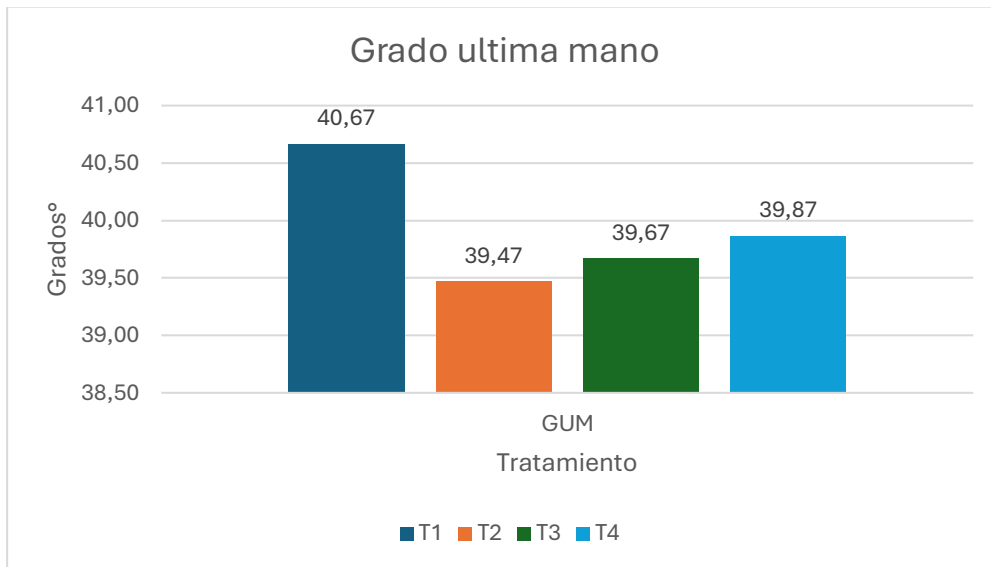


Figura 26. Gráfico de Barras Grado Ultima Mano

En la **Figura 27.** el tratamiento con 300 g de *Trichoderma spirale.* (T1) mostró el mayor grado de última mano, lo que sugiere que esta dosis puede contribuir a mejorar la calidad del fruto. Sin embargo, los valores en T2, T3 y T4 no presentan diferencias significativas entre sí, lo que indica que dosis menores podrían no generar un impacto significativo en esta variable con esta grafica podemos comparar con los resultados de (Marchuk Larrea et al., 2023) lo que si representa una mejora en los tratamientos.

4.1.6. GMS (Grado mano sol)

En la **Tabla 13.** los tratamientos aplicados no generaron diferencias significativas en el Grado de la Mano del Sol (GMS) ($p > 0.05$). Esto indica que los tratamientos evaluados no influyeron de manera considerable en esta variable, por lo cual podemos afirmar que no afecta significativamente el uso de *Trichoderma spirale.* en esta variable a diferencia de otras como explica (González-León et al., 2022).

Tabla 12. Anova para Variable Grado de Mano Sol

| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|-----|--------------|-------------------|----|------------------|------|------|
| GMS | Inter-grupos | 2,983 | 3 | ,994 | ,714 | ,548 |
| | Intra-grupos | 78,000 | 56 | 1,393 | | |
| | Total | 80,983 | 59 | | | |

En la **Tabla 14.** no es necesario seleccionar una dosis específica de *Trichoderma spirale.* para mejorar el Grado de la Mano del Sol, ya que los tratamientos no mostraron diferencias significativas, a diferencia del crecimiento vegetal que si tuvo una mejora significativa como lo explica (Garcia et al., 2024).

Tabla 13. Prueba de Tukey para Variable de Grado de Mano Sol

| GMS | | | |
|---------------------------|-------------------|----|------------------------------|
| TRATAMIENTO | | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |
| HSD de Tukey ^a | | | 1 |
| | 100 g T. espirale | 15 | 42,7333 |
| | Testigo | 15 | 42,8667 |
| | 200 g T. espirale | 15 | 43,0000 |
| | 300 g T, espirale | 15 | 43,3333 |
| | Sig. | | ,509 |

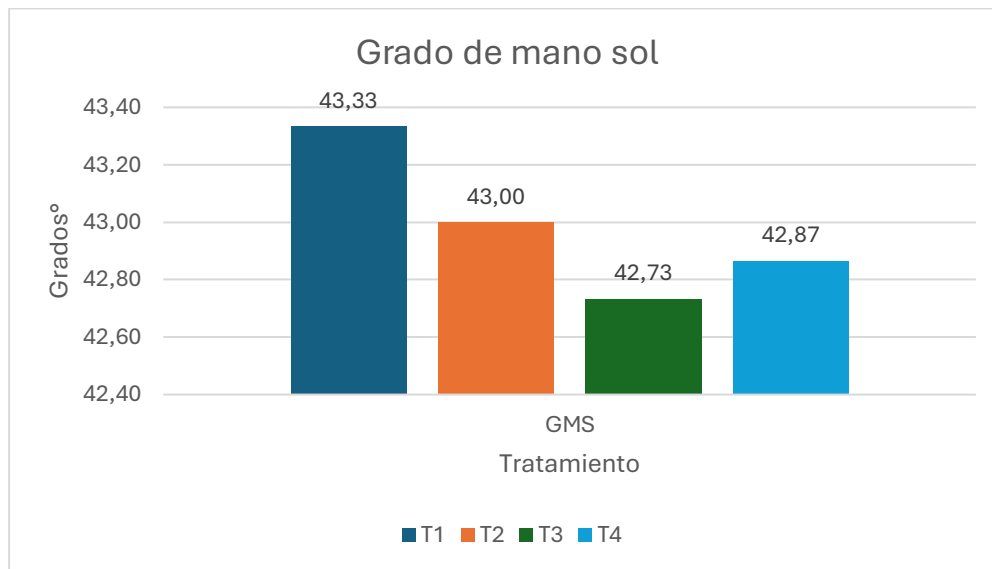


Figura 27. Gráfico de Barras Grado Mano de Sol

En la **Figura 28.** se evidencia que no hay diferencias significativas entre los tratamientos, el uso de *Trichoderma spirale*. en diferentes dosis no parece influir en el Grado de la Mano del Sol, así podemos afirmar que no influye la dosis de aplicación como lo menciona (Marchuk Larrea et al., 2023).

4.1.7. PR Peso racimo

En la **Tabla 15.** los tratamientos aplicados afectaron significativamente el peso del racimo ($p < 0.05$), lo que indica que al menos uno de los tratamientos generó una diferencia significativa en comparación con los demás, como lo menciona (Romero Cún & Loayza Agurto, 2023) la aplicación de *Trichoderma spirale*. tiene un efecto significativo en el rendimiento del fruto.

Tabla 14. Anova para Variable Peso del Racimo

| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|-------------|-------------|-------------------|----|------------------|-------|------|
| PESO RACIMO | Intergrupos | 88,553 | 3 | 29,518 | 7,009 | ,000 |
| | Intragrupo | 235,826 | 56 | 4,211 | | |
| | Total | 324,379 | 59 | | | |

En la **Tabla 16.** el tratamiento con 300 g de *Trichoderma spirale*. resultó en un mayor peso del racimo, ubicándose en un subconjunto estadístico diferente, los tratamientos con 200 g, 100 g de *Trichoderma spirale*. y el testigo mostraron valores similares y no presentaron diferencias significativas entre sí, aunque hay una tendencia a que la dosis más alta (300 g) genere racimos más pesados, la diferencia aún no es estadísticamente significativa al 95% de confianza, pero se confirma un mejora en el rendimiento del fruto como lo explica (Marchuk Larrea et al., 2023).

Tabla 15. Prueba de Tukey para Variable de Peso del Racimo

| PESO RACIMO | | | | |
|---------------------------|-------------------|----|------------------------------|---------|
| TRATAMIENTO | | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
| | | | 1 | 2 |
| HSD de Tukey ^a | 200 g T. espirale | 15 | 52,0813 | |
| | 100 g T. espirale | 15 | 52,0900 | |
| | Testigo | 15 | 52,4867 | |
| | 300 g T, espirale | 15 | | 54,9993 |
| | Sig. | | ,949 | 1,000 |

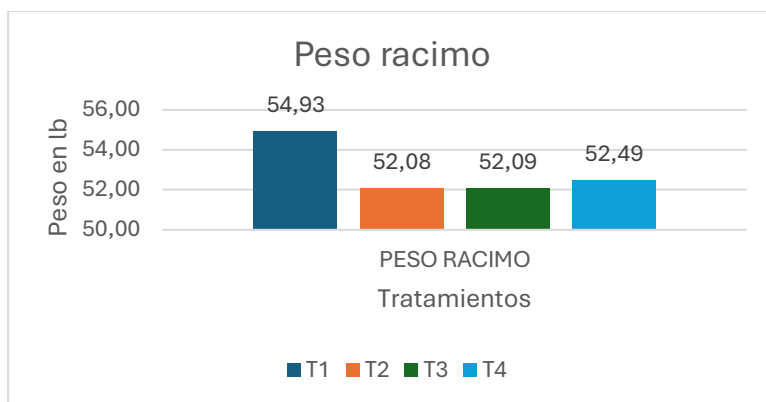


Figura 28. Gráfico de Barras Peso Racimo

En la **Figura 29.** el tratamiento con 300 g de *Trichoderma spirale*. (T1) mostró el mayor peso del racimo, lo que sugiere que esta dosis podría ser la más efectiva para aumentar la producción, T2 y T3 presentaron pesos de racimo más bajos, lo que podría indicar que dosis menores de *Trichoderma spirale*. o la ausencia del microorganismo no favorecen tanto el desarrollo del fruto, como lo muestra en los resultados (Ramírez-Torres et al., 2022).

4.1.8. PRAQ (Pesos del raquis)

En la **Tabla 17.** los tratamientos aplicados afectaron significativamente el peso del raquis ($p < 0.05$), lo que indica que al menos uno de los tratamientos generó una diferencia significativa en comparación con los demás, así podemos confirmar el aumento del raquis con el uso de *Trichoderma spirale*. como lo explica (Romero Cún & Loayza Agurto, 2023).

Tabla 16. Anova para Variable del Peso del Raquis

| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|-------------|--------------|-------------------|----|------------------|-------|------|
| PESO RAQUIS | Inter-grupos | 25,565 | 3 | 8,522 | 8,865 | ,000 |
| | Intra-grupos | 53,832 | 56 | ,961 | | |
| | Total | 79,397 | 59 | | | |

En la **Tabla 18**, el tratamiento con 300 g de *Trichoderma spirale*, mostró el mayor peso del raquis, lo que podría estar relacionado con un mejor desarrollo del racimo, los tratamientos con 200 g y 100 g de *Trichoderma spirale*, presentaron los valores más bajos, ubicándose en un subconjunto estadístico diferente, a pesar de la tendencia, no se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, aunque hay indicios de que dosis más altas pueden generar un mayor peso del raquis y se confirman los resultados comparando con (Marchuk Larrea et al., 2023).

Tabla 17. Prueba de Tukey para Variable del Peso del Raquis

| PESO RAQUIS | | | | |
|---------------------------|-------------------|----|------------------------------|---------|
| TRATAMIENTO | | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
| | | | 1 | 2 |
| HSD de Tukey ^a | 200 g T. espirale | 15 | 10,1133 | |
| | 100 g T. espirale | 15 | 10,4333 | |
| | Testigo | 15 | 11,0520 | 11,0520 |
| | 300 g T, espirale | 15 | | 11,8233 |
| | Sig. | | ,053 | ,149 |

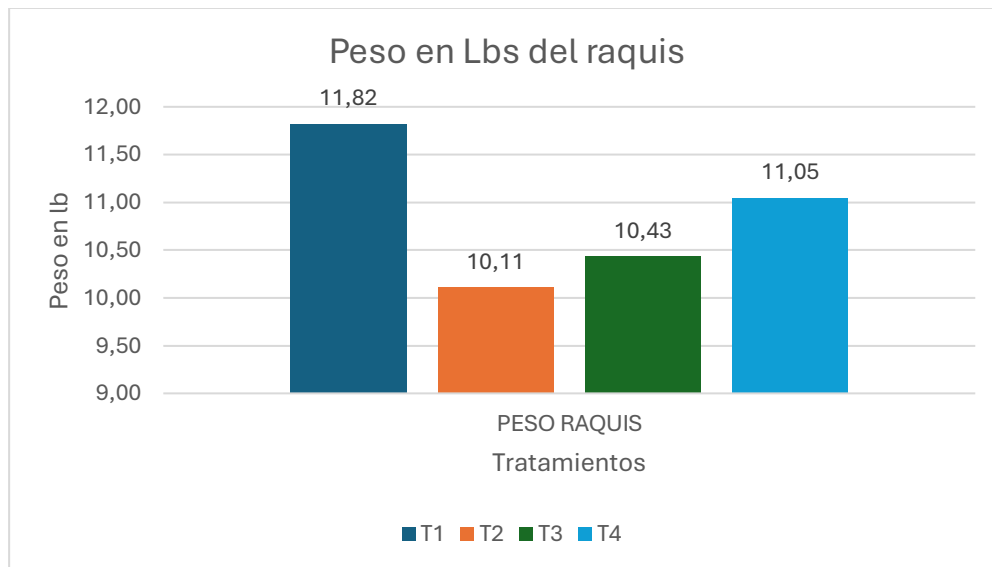


Figura 29. Gráfico de Barras Peso Raquis

En la **Figura 30.** el tratamiento con 300 g de *Trichoderma spirale.* (T1) mostró el mayor peso del raquis, lo que sugiere que esta dosis podría ser la más efectiva para mejorar el soporte estructural del racimo, T2 y T3 presentaron los pesos de raquis más bajos, lo que podría indicar que dosis menores de *Trichoderma spirale.* o la ausencia del microorganismo no favorecen tanto esta variable, con esto podemos confirmar lo que dice la literatura de (Andrade-Hoyos et al., 2023).

4.1.9. RATIO (Ratio procesado)

En la **Tabla 19.** se muestra que las diferencias observadas en el Ratio Procesado entre los tratamientos no son estadísticamente significativas ($p > 0.05$), Esto sugiere que los tratamientos aplicados no generaron un impacto claro en la ratio procesada, pero si existe un margen de mejora como se lo puede evidencia con los resultados de (Marchuk Larrea et al., 2023).

Tabla 18. Anova para Variable Ratio Procesado

| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|-----------------|--------------|-------------------|----|------------------|-------|------|
| RATIO PROCESADO | Inter-grupos | ,015 | 3 | ,005 | 2,362 | ,081 |
| | Intra-grupos | ,119 | 56 | ,002 | | |
| | Total | ,134 | 59 | | | |

En la **Tabla 20.** no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al Ratio Procesado, lo que sugiere que el uso de *Trichoderma spirale.* no tuvo un efecto claro en esta variable, el tratamiento con 300 g de *Trichoderma spirale.* mostró una ligera tendencia a aumentar el Ratio Procesado, pero la diferencia no es lo suficientemente grande como para considerarse significativa, porque podemos afirmar que el uso de *Trichoderma spirale.* sí tiene una mejora como lo menciona (Andrade-Hoyos et al., 2023).

Tabla 19. Prueba de Tukey para Variable Ratio Procesado

| RATIO PROCESADO | | | |
|---------------------------|-------------------|----|------------------------------|
| TRATAMIENTO | | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |
| HSD de Tukey ^a | Testigo | 15 | ,9633 |
| | 100 g T. espirale | 15 | ,9673 |
| | 200 g T. espirale | 15 | ,9767 |
| | 300 g T, espirale | 15 | 1,0040 |
| | Sig. | | ,086 |

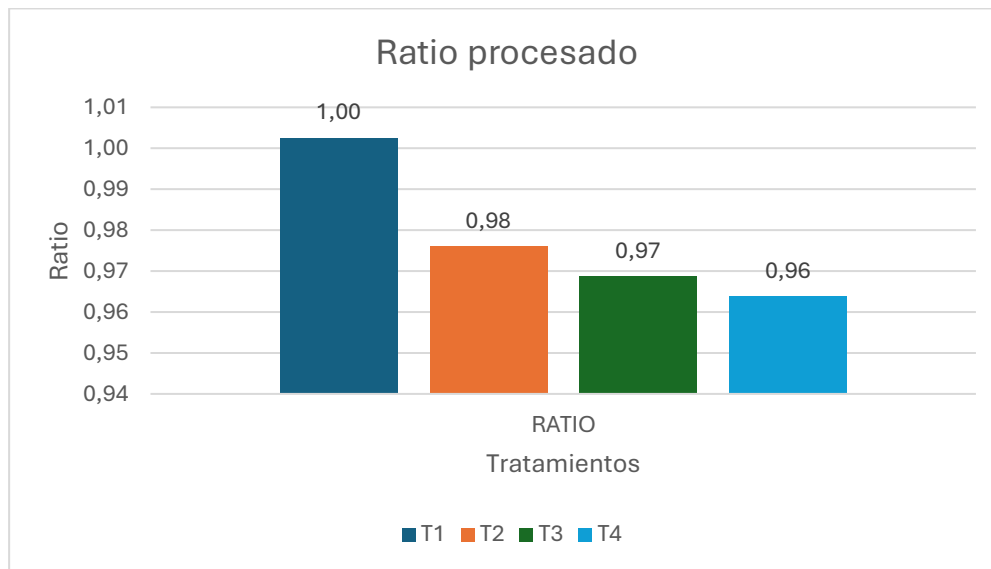


Figura 30. Gráfico de Barras Ratio Procesado

En la **Figura 31.** el tratamiento con 300 g de *Trichoderma spirale*. (T1) mostró una ligera tendencia a mejorar la ratio procesada, pero la diferencia no es significativa desde el punto de vista estadístico, No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, lo que indica que el uso de *Trichoderma spirale*. no tuvo un impacto claro en el ratio procesado, por este motivo podemos afirmar que si existe una mejor teniendo el cuenta los factores abióticos que influyeron en el rendimiento del cultivo como lo dice la literatura de (Marchuk Larrea et al., 2023).

V. Conclusiones

Efectividad de *Trichoderma spirale*. en condiciones de estrés abiótico, la aplicación de *Trichoderma spirale*. en el cultivo de banano (*Musa x paradisiaca L.*) durante una temporada caracterizada por condiciones de estrés abiótico (altas temperaturas y baja precipitación) demostró ser una estrategia viable para mitigar los efectos negativos del clima adverso sobre el desarrollo del cultivo.

Mejora en el crecimiento y resistencia de las plantas, se observaron mejoras significativas en la altura de la planta, el diámetro del pseudotallo y el desarrollo foliar en los tratamientos con *Trichoderma spirale*., en comparación con el testigo sin aplicación. Estos resultados indican que el hongo contribuye a fortalecer la estructura de la planta y su capacidad de adaptación a condiciones ambientales adversas.

Incremento en el rendimiento y calidad del fruto, aunque el impacto no fue drástico, los resultados reflejan que *Trichoderma spirale*. mejoró el peso del racimo, el peso del raquis y el número de hojas a la cosecha. Estas mejoras, aunque mínimas, confirman que el microorganismo tiene un efecto positivo en el rendimiento y la calidad de los frutos, incluso bajo condiciones de estrés abiótico.

Eficiencia de la dosis de 200 g/ha, se determinó que la dosis de 200 g/ha de *Trichoderma spirale*. es suficiente para obtener beneficios significativos sin necesidad de incrementar la cantidad aplicada. Aunque la dosis de 300 g/ha mostró una ligera ventaja en algunas variables, la diferencia con la dosis de 200 g/ha no fue estadísticamente significativa, lo que sugiere que esta última es la opción más eficiente en términos de costo-beneficio.

Comparación con el clima de la zona de estudio, los resultados obtenidos pueden considerarse representativos para la zona de estudio, ubicada en la provincia de El Oro, Ecuador, donde la investigación se llevó a cabo en un periodo con temperaturas promedio de 31°C y precipitaciones mínimas de 11 mm mensuales. En este contexto, *Trichoderma spirale*. logró mejorar la adaptación del banano a las condiciones climáticas adversas, lo que refuerza su potencial como herramienta biotecnológica en el manejo del cultivo frente al cambio climático.

Condiciones de estrés abiótico durante el experimento, el experimento se desarrolló desde el 9 de octubre de 2023 hasta el 20 de agosto de 2024, atravesando periodos críticos de altas temperaturas y baja disponibilidad de agua. Durante la siembra en octubre, las temperaturas oscilaron entre 19,2°C y 24,5°C, con precipitaciones de apenas 16 mm, En agosto, mes de enfunde, la temperatura promedio fue de 24,2°C, con precipitaciones mínimas cercanas a 4 mm. Estas condiciones climáticas extremas pudieron generar estrés hídrico en las plantas, sin embargo, la aplicación de *Trichoderma spirale*. contribuyó a su adaptación y crecimiento, mitigando parcialmente los efectos del ambiente hostil.

VI. Recomendaciones

Uso de 200 g/ha de *Trichoderma spirale*. como dosis óptima: Se recomienda la aplicación de 200 g/ha de *Trichoderma spirale*. para maximizar el crecimiento y rendimiento del cultivo sin incurrir en costos adicionales innecesarios con dosis más altas.

Aplicación en etapas tempranas del cultivo: La inoculación del hongo debe realizarse en etapas iniciales del desarrollo para establecer una simbiosis eficaz con la planta y mejorar su resistencia a factores de estrés abiótico.

Monitoreo de las condiciones del suelo: Para potenciar los efectos de *Trichoderma spirale.*, se recomienda realizar análisis periódicos del suelo y asegurarse de que las condiciones de humedad y disponibilidad de nutrientes sean óptimas para la actividad del microorganismo.

Combinación con otras estrategias de manejo agronómico: El uso de *Trichoderma spirale.* debe integrarse dentro de un enfoque de manejo sostenible, combinándose con prácticas como el uso de materia orgánica, rotación de cultivos y control eficiente del riego.

Evaluación del impacto a largo plazo: Dado que los efectos del hongo pueden variar según las condiciones ambientales, se recomienda realizar estudios adicionales para evaluar su eficacia en diferentes ciclos de cultivo y en distintas zonas productivas.

VII. Referencias

- Abril, C. G. P. (2019). CARACTERIZACIÓN DE LA FIBRA DEL PSEUDO TALLO DE PLÁTANO COMO REFUERZO Y DESARROLLO DE UN MATERIAL COMPUESTO PARA FABRICACIÓN DE TEJAS. <https://repositorio.uptc.edu.co/server/api/core/bitstreams/3f1bdc92-1997-4e6c-a275-513c37aa701f/content>
- Alcivar, F. J. A. (2015). ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL BANANO. Universidad Nacional de Colombia. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/44494637/ARTICULO_BANANO_PDF_EVOLUCION_DE_PLANTAS_CULTIVADAS-libre.pdf?1459998393=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3D2015_I_UNIVERSIDAD_NACIONAL_DE_COLOMBIA.pdf&Expires=1739211307&Signature=EIJNn-XEypXW5h~eJoRXxckh8GLSxqpcGBCq0BWe9M3Jpd79AeJ1e1UtAumIE-Mm5--QuMPWDjJnP4XUIYY3Dcx4yLQ6J6GECZydBLDxO6am-X5AH2pgxsh5O2eR6e8qH1zddbbyIOq8X9Sq-

3hYX7qGMHZzyF5yc166OijRXVPnQHCTcJaZ4hpFFFqjuN0cgii~30Vrb4pYioectew45gD0LplS
gzfCSrSZenSsrQJNRL6lvF7KsQm1eKjwfeU1cRZj40Ad~2Mc1sSOUt0SoRDfzt~cOa86Tra7sz
DW23dC2Np~z2Y5MQeOxeZ4yDqPl9o37icjwLZ8z7sDGre3LQ__&Key-Pair-
Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Andrade-Hoyos, P., Rivera-Jiménez, M. N., Landero-Valenzuela, N., Silva-Rojas, H. V., Martínez-Salgado, S. J., & Romero-Arenas, O. (2023). Beneficios ecológicos y biológicos del hongo cosmopolita *Trichoderma* spp. en la agricultura: Una perspectiva en el campo mexicano. *Revista Argentina de Microbiología*, 55(4), 366-377. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2023.06.005>

Arrazate-Argueta, V. D. C., Martínez-Bolaños, M., Ayala-Escobar, V., Avendaño-Arrazate, C. H., & Hernández-Morales, J. (2019). Diversidad morfológica y fisiológica de cepas nativas de *Trichoderma* spp. En suelos cacaoteros de México. *Agro Productividad*, 12(12). <https://doi.org/10.32854/agrop.vi0.1529>

Averos, G. (2022). Influencia de microorganismos eficientes en la producción del cultivo de banano (*Musa AAA*) en el Ecuador. *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO*, 19.

Caizabanda, A. M. M. (2023). COMPARATIVO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS ASOCIADO A SUELOS DE BOSQUE NATIVO Y PLANTACIÓN FORESTAL DE LA CORPORACIÓN SUMAK TARPUY, EN CANTÓN COLTA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO. 50.

Cortés Hernández, F. D. C., Alvarado Castillo, G., & Sanchez Viveros, G. (2023). *Trichoderma* spp., una alternativa para la agricultura sostenible: Una revisión. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 25(2), 62-76. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v25n2.111384>

Duarte Holguín, Y., Palacios Zapata, F., & Valencia Arbeláez, J. A. (2024). Factores ecofisiológicos causantes de la aparición de agobio en banano (*Musa AAA*) indicar el cultivar en la zona de

- Urabá, Antioquia. Acorbat Revista de Tecnología y Ciencia/Acorbat Journal of Technology and Science, 1(1). <https://doi.org/10.62498/ARTC.2416>
- Elbehri, A., Calberto, G., Staver, C., & Hospido, A. (2015). CAMBIO CLIMÁTICO Y SOSTENIBILIDAD DEL BANANO EN EL ECUADOR: 180.
- García, E., Anahi, M., & Guzman, E. (2024). Evaluación de cepas de *Trichoderma* sp como control biológico de roya (*Hemileia vastatrix*) en vitroplantas de café. Instituto Tecnológico de Tlajomulco, 61.
- González-León, Y., Ortega-Bernal, J., Anducho-Reyes, M. A., & Mercado-Flores, Y. (2022). *Bacillus subtilis* y *Trichoderma*: Características generales y su aplicación en la agricultura. TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 25. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.520>
- INFOAGRO. (2020). Requerimientos edafoclimáticos del banano. <https://www.infoagro.com/documentos/imprimir.asp?iddoc=371&idcap=1>
- INTRAGI. (2018). Requerimientos de clima y suelo para el cultivo de banano. Artículos técnicos de INTRAGI. <file:///C:/Users/salva/Downloads/33.%20Requerimientos%20de%20Clima%20y%20Suelo%20para%20el%20Cultivo%20de%20Banano.pdf>
- López-Valenzuela, B., Tzintzun-Camacho, O., Armenta-Bojórquez, A., Valenzuela-Escoboza, F., Lizárraga-Sánchez, G., Ruelas-Islas, J., & González-Mendoza, D. (2022). Microorganismos del género *Trichoderma* productores de fitohormonas y antagonistas de fitopatógenos. *Bioagro*, 34(2), 163-172. <https://doi.org/10.51372/bioagro342.6>
- Marchuk Larrea, C. N., Benítez Rodas, G. A., Sandoval-Espínola, W. J., Fernández Ríos, D., & Arrúa, A. A. (2023). *Trichoderma* un aliado de la agricultura. Reportes científicos de la FACEN, 14(2), 183-189. <https://doi.org/10.18004/rcfacen.2023.14.2.183>

- Martínez-Canto, O. J., Cristóbal-Alejo, J., Tun-Suárez, J. M., & Reyes-Ramírez, A. (2021a). Detección de genes Epl1 y Sm1 en *Trichoderma* spp. Antagonistas contra hongos fitopatógenos. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2). <https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2791>
- Martínez-Canto, O. J., Cristóbal-Alejo, J., Tun-Suárez, J. M., & Reyes-Ramírez, A. (2021b). Detección de genes Epl1 y Sm1 en *Trichoderma* spp. Antagonistas contra hongos fitopatógenos. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2). <https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2791>
- Mayorga, K., Solís, Z., Terrero, P., & Hoyos, M. (2024). Interacciones antagónicas entre *Trichoderma* spp. Y *Fusarium oxysporum* f. Sp. cubenseR1: Un estudio in vitro sobre competencia y antibiosis. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 8(54). <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol8iss54.2024pp12-23>
- Moreno, M. J. M. (2022). MONITOREO Y CONTROL DEL PICUDO NEGRO *Cosmopolites sordidus* Germar, 1824 (Coleóptera, Curculionidae) EN CULTIVO DE BANANO. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/8e9e9dfa-e5ae-4898-a2c9-64ab02240ec2/content>
- Ramírez-Torres, D. C., Reyes-López, D., Domínguez-Perales, L. A., Orduño-Cruz, N., Grifaldo-Alcántara, P. F., & Hernández-Domínguez, C. (2022). Endofitismo de especies de *Trichoderma* y crecimiento radicular en dos variedades de banano in vitro. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 8(1). <https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081013>
- Romero Cún, A. R., & Loayza Agurto, M. G. (2023). Efectos del Uso de *Trichoderma* Spp. En Suelo Arcilloso Salino y Plantas de Banano Etapa Vegetativa. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 7111-7132. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.8293
- Sánchez, J. (2023). AISLAMIENTO Y SELECCIÓN DE CEPAS DE *Trichoderma* spp. ANTAGONISTAS A *Fusarium oxysporum* CAUSANTE DE LA NECROSIS EN LA RAÍZ DEL *Agave angustifolia*.

Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

<https://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/4587>

Sánchez Miranda, M. D., Moreno Mayorga, L. F., & Páramo Aguilera, L. A. (2021). Identificación morfológica y molecular de especies autóctonas trichoderma spp., aisladas de suelos de importancia agrícola. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 11(1), 26-42.

<https://doi.org/10.5377/elhigo.v11i1.11715>

Troya, C., & Vaca, L. (2014). Protocolo para la reproducción de cepas nativas de trichoderma sp en laboratorios artesanales. *MAGAP*, 41.

Vera, C. (2022). Exportación de banano (*Musa x paradisiaca*) y su importancia en la economía de Ecuador. *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO*, 20.