



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

Evaluación del impacto de Trichoderma y extracto botánico en el control de Sigatoka en musa spp.

**ABAD VALLADOLID LOURDES ALEXANDRA
INGENIERA AGRONOMA**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

Evaluación del impacto de Trichoderma y extracto botánico en el control de Sigatoka en musa spp.

**ABAD VALLADOLID LOURDES ALEXANDRA
INGENIERA AGRONOMA**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJOS EXPERIMENTALES

Evaluación del impacto de Trichoderma y extracto botánico en el control de Sigatoka en musa spp.

**ABAD VALLADOLID LOURDES ALEXANDRA
INGENIERA AGRONOMA**

HERRERA REYES SAYDA NOEMI

**MACHALA
2024**

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE TRICHODERMA Y EXTRACTO BOTÁNICO EN EL CONTROL DE SIGATOKA EN *Musa* spp.

por Lourdes Abad

Fecha de entrega: 15-ago-2024 08:42p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2432712917

Nombre del archivo: TESIS_Abad_Lourdes.docx (5.66M)

Total de palabras: 15436

Total de caracteres: 80789

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE TRICHODERMA Y EXTRACTO BOTÁNICO EN EL CONTROL DE SIGATOKA EN Musa spp.

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

%

FUENTES DE INTERNET

%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Técnica de Machala

Trabajo del estudiante

1%

2

Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

1%

3

Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS

Trabajo del estudiante

<1%

4

Submitted to Universidad Nacional de Cañete

Trabajo del estudiante

<1%

5

Submitted to Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) - Sede Ecuador

Trabajo del estudiante

<1%

6

Submitted to Universidad Anahuac México Sur

Trabajo del estudiante

<1%

7

Submitted to Corporación Universitaria Minuto de Dios, UNIMINUTO

Trabajo del estudiante

<1%

8	Submitted to Universidad Anáhuac Poniente -- Investigaciones y Estudios Superiores, S.C.	<1 %
Trabajo del estudiante		
9	Submitted to Universidad TecMilenio	<1 %
Trabajo del estudiante		
10	Submitted to Universidad de Guayaquil	<1 %
Trabajo del estudiante		
11	Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD	<1 %
Trabajo del estudiante		
12	Submitted to Unviersidad de Granada	<1 %
Trabajo del estudiante		
13	Submitted to Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	<1 %
Trabajo del estudiante		
14	Submitted to unsaac	<1 %
Trabajo del estudiante		

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

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

La que suscribe, ABAD VALLADOLID LOURDES ALEXANDRA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado Evaluación del impacto de Trichoderma y extracto botánico en el control de Sigatoka en musa spp., 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.

La autora 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.

La autora 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.



ABAD VALLADOLID LOURDES ALEXANDRA

0705833515

DEDICATORIA

A mi amada hija, Isabella Guzmán Abad, quien desde el primer momento en que llegaste a mi vida, llenaste mi corazón de una alegría indescriptible. Eres la razón por la que lucho cada día, y tu sonrisa es mi mayor inspiración. Este trabajo es un reflejo del esfuerzo y dedicación que pongo en cada aspecto de mi vida, con la esperanza de que, algún día, puedas verlo y sentirte orgullosa. Que este logro sea solo el comienzo de una vida llena de aprendizaje, amor y crecimiento para ti. Mi deseo más profundo es que siempre persigas tus sueños con la misma pasión y determinación con la que yo he perseguido los míos.

A mi querida abuela, Herminia Concepción Sánchez Asanza, quien ya no está físicamente entre nosotros, pero cuya presencia siento en cada paso que doy. Fuiste mi guía, mi luz, y mi ejemplo de fortaleza. Tus enseñanzas y el amor incondicional que me brindaste han sido pilares fundamentales en mi vida. Este logro también te pertenece a ti, porque sin tu apoyo y sabiduría, no habría llegado hasta aquí. Aunque no estás para celebrar conmigo, sé que desde el cielo me acompañas, y dedico este triunfo a tu memoria, con todo mi amor y gratitud.

AGRADECIMIENTO

A mi madre, Alexandra Jacqueline Valladolid Sánchez, quiero expresar mi más profundo y sincero agradecimiento. Tus sacrificios, tu amor incondicional y tu apoyo constante ha sido la base sobre la que he construido cada uno de mis logros. Eres mi ejemplo de fortaleza y perseverancia, y siempre has estado a mi lado, alentándome en los momentos más difíciles y celebrando conmigo cada victoria. Esta tesis es, en gran medida, un reflejo de todo lo que me has enseñado: la importancia de la dedicación, el trabajo duro y, sobre todo, el valor de nunca rendirse. Sin tu guía y tus palabras de aliento, este sueño no habría sido posible. Gracias, mamá, por ser mi pilar, mi inspiración y mi mayor defensora.

A mi padre, Christopher Vinicio Abad Garzón, quiero expresar mi más profundo agradecimiento. Desde que tengo memoria, has sido un ejemplo de dedicación y esfuerzo, mostrándome cada día el verdadero valor del trabajo. Gracias a ti, aprendí que, con determinación y compromiso, todo es posible. Me has enseñado a enfrentar los desafíos con valentía y a nunca darme por vencido, sin importar cuán difíciles sean las circunstancias. A tu lado, siempre me he sentido segura y respaldada, sabiendo que, bajo tu protección y cuidado, nada me faltaría. Este logro es, en gran parte, un reflejo de las lecciones de vida que me has inculcado y del amor incondicional que siempre me has brindado. Gracias, papá, por ser mi guía y por estar siempre allí para apoyarme en cada paso del camino.

A mi esposo, Alejandro Guzmán Armijos, quiero dedicarle un agradecimiento especial. Tu amor, paciencia y constante apoyo han sido fundamentales en este proceso. Has estado a mi lado en cada momento, brindándome fuerzas cuando más las necesitaba y celebrando cada pequeño avance conmigo. Tu confianza en mí, ha sido un pilar en los momentos de duda, y tu comprensión ha permitido que pueda dedicarme a este proyecto con toda la entrega necesaria. No tengo palabras suficientes para agradecerte por ser mi compañero en esta travesía, y por hacer que cada día, a tu lado, sea mejor.

A mi tutora de tesis, Sayda Herrera, le extiendo mi más sincero agradecimiento. Su guía y dedicación han sido cruciales para la realización de este trabajo. A lo largo de este proceso, sus consejos, su paciencia y su experiencia me han permitido crecer como investigadora y profesional. Gracias por su tiempo, por siempre estar dispuesta a ayudarme y por empujarme a alcanzar mis metas con excelencia. Su apoyo y dirección han sido invaluable, y este logro es tanto mío como suyo.

RESUMEN

La sigatoka negra, provocada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, es una de las principales enfermedades que afectan a los cultivos de banano (*Musa* spp.), con implicaciones significativas para la producción y calidad a nivel global. Debido a la creciente preocupación por la sostenibilidad ambiental y la salud pública, ha surgido la necesidad de explorar métodos alternativos al uso intensivo de pesticidas químicos. En este contexto, el presente estudio se enfocó en evaluar la eficacia de *Trichoderma* spp. y extractos botánicos como estrategias potencialmente sostenibles para el control de la sigatoka negra. El experimento se llevó a cabo en la Granja Santa Inés, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Ecuador. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con seis tratamientos y un testigo, cada uno con cuatro repeticiones y dos unidades de muestreo por repetición. Los tratamientos incluyeron combinaciones de *Trichoderma* y extracto botánico aplicados semanalmente durante cuatro semanas. La preparación de *Trichoderma* se realizó en condiciones controladas, mientras que los extractos botánicos se obtuvieron mediante una mezcla hidroalcohólica de canela. Los resultados mostraron que la combinación de Propiconazole 10ml + Mancozeb 75 g (Tratamiento T1) y Propiconazole 10ml + Mancozeb 75 g + *Trichoderma* 50 ml (Tratamiento T2) demostraron una reducción significativa en el porcentaje de área foliar afectada en comparación con el testigo y otros tratamientos. El Tratamiento T3, que combinó Propiconazole 10ml + Extracto botánico 50ml + *Trichoderma* 50 ml, también presentó mejoras notables, aunque con menor eficacia que el Tratamiento T1 y T2. El análisis estadístico mediante ANOVA y pruebas de Duncan confirmó que las combinaciones de tratamientos lograron una reducción significativa en la severidad de la enfermedad. El Tratamiento T1 y T2 fue el más eficaz, revelando que estas combinaciones ofrecen una alternativa viable a los métodos convencionales. En conclusión, los resultados respaldan el uso de combinaciones de *Trichoderma* y extractos botánicos para el manejo de la sigatoka negra, por lo tanto, se recomienda aplicar estas combinaciones (T1 y T2) para mejorar el control de la enfermedad y reducir la dependencia de pesticidas químicos. Además, se sugiere realizar estudios adicionales para optimizar dosis y frecuencias de aplicación, así como explorar otras prácticas sostenibles en el manejo integrado de enfermedades en cultivos de banano.

Palabras clave: Banano, Sigatoka negra, *Trichoderma* spp., extractos botánicos

SUMMARY

Black Sigatoka, caused by the fungus *Mycosphaerella fijiensis*, is one of the main diseases affecting banana crops (*Musa spp.*), with significant implications for global production and quality. Due to growing concerns about environmental sustainability and public health, the need has arisen to explore alternatives to the intensive use of chemical pesticides. In this context, the present study focused on evaluating the efficacy of *Trichoderma spp.* and botanical extracts as potentially sustainable strategies for controlling Black Sigatoka. The experiment was conducted at the Santa Inés Farm, Faculty of Agricultural Sciences, Technical University of Machala, Ecuador. A completely randomized experimental design was used, with six treatments and a control, each with four replicates and two sampling units per replicate. The treatments included combinations of *Trichoderma* and botanical extract applied weekly for four weeks. The preparation of *Trichoderma* was carried out under controlled conditions, while the botanical extracts were obtained through a hydroalcoholic mixture of cinnamon. The results showed that the combination of Propiconazole 10ml + Mancozeb 75 g (Treatment T1) and Propiconazole 10ml + Mancozeb 75 g + *Trichoderma* 50ml (Treatment T2) demonstrated a significant reduction in the percentage of affected leaf area compared to the control and other treatments. Treatment T3, which combined Propiconazole 10ml + Botanical Extract 50ml + *Trichoderma* 50ml, also showed notable improvements, although with less efficacy than Treatments T1 and T2. Statistical analysis through ANOVA and Duncan's tests confirmed that the treatment combinations achieved a significant reduction in disease severity. Treatments T1 and T2 were the most effective, revealing that these combinations offer a viable alternative to conventional methods. In conclusion, the results support the use of *Trichoderma* and botanical extract combinations for managing Black Sigatoka, and it is therefore recommended to apply these combinations (T1 and T2) to improve disease control and reduce dependence on chemical pesticides. Additionally, further studies are suggested to optimize doses and application frequencies, as well as to explore other sustainable practices in the integrated management of diseases in banana crops.

Keywords: Banana, Black Sigatoka, *Trichoderma spp.*,

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO	5
RESUMEN	6
SUMMARY	7
1. INTRODUCCIÓN	11
2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	13
2.1. General.....	13
2.2. Específicos	13
3. MARCO TEÓRICO	14
3.1. Origen del banano	14
3.2. Sigatoka negra.....	14
3.3. Métodos para evaluar la enfermedad	14
3.4. Control de la Enfermedad.....	15
3.5. Uso de extractos botánicos	16
3.6. Extracto de canela	17
3.7. <i>Trichoderma</i>	17
4. MATERIALES Y MÉTODOS	19
4.1. Ubicación del Estudio.....	19
4.2. Equipos y materiales a utilizar.....	19
4.3. Diseño Experimental	20
4.4. Preparación de <i>Trichoderma</i> sp.....	20
4.5. Elaboración de Extractos Botánicos.....	21
4.6. Aplicación de los Tratamientos	21
4.7. Evaluación de la Eficacia.....	21
4.8. Análisis Estadístico	21
4.9. Variables a Medir.....	22
4.9.1. Variables independientes:	22
4.9.2. Variables dependientes:	22
5. RESULTADOS	23
5.1. Área foliar afectada.....	23
5.2. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad	50
6. DISCUSION	70
7. CONCLUSIONES.....	75
8. RECOMENDACIONES.....	76
REFERENCIAS.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Prueba no paramétrica S-1	25
Figura 2. Prueba kruskal – Wallis para muestras independientes S-1	26
Figura 3. Comparación entre pareja S-1	29
Figura 4. Post hoc semana 1.....	30
Figura 5. Prueba no paramétrica S-2	31
Figura 6. Prueba de Kruskal-Wallis S-2	31
Figura 7. Comparación entre pareja S-2	34
Figura 8. Prueba Post hoc S-2.....	36
Figura 9. Prueba no paramétrica S-3	36
Figura 10. Prueba de Kruskal-Wallis S-3	38
Figura 11. Comparación entre pareja S-3.....	40
Figura 12. Prueba Post hoc S-3	42
Figura 13. Prueba no paramétrica S-4.....	43
Figura 14. Prueba de Kruskal-Wallis S-4	44
Figura 15. . Comparación entre pareja S-4.....	46
Figura 16. Prueba Post hoc S-3	48
Figura 17. Medición semanal variable área foliar afectada	50
Figura 18 Prueba no paramétrica S-1.....	53
Figura 19 Comparación entre pareja S-1.....	54
Figura 20 Prueba no paramétrica S-2	56
Figura 21Comparación entre pareja S-2	58
Figura 22 Prueba no paramétrica S-3	60
Figura 23 Comparación entre pareja S-3.....	60
Figura 24 Prueba no paramétrica S-4	63
Figura 25 Comparación entre pareja S-4.....	66
Figura 26 Medición semanal variable Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad.	69

INDICE DE TABLA

Tabla 1. Tratamientos	20
Tabla 2. Report % Área foliar afectada	24
Tabla 3. Comparación entre parejas S-1	26
Tabla 4. Prueba Post hoc S-1.....	29
Tabla 5. Prueba Post hoc S-2.....	35
Tabla 6. Prueba Post hoc S-3.....	42
Tabla 7. Prueba Post hoc S-3.....	47
Tabla 8 Report de área bajo la curva del progreso de la enfermedad	50
Tabla 9 Prueba Post hoc S-1.....	56
Tabla 10. Prueba Post hoc S-2.....	59
Tabla 11 Prueba Post hoc S-3	63
Tabla 12 Prueba Post hoc S-4.....	67

1. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades que afectan los cultivos de banano y plátano, representados principalmente por la especie *Musa* spp., son una preocupación constante para los agricultores en todo el mundo. Entre estas enfermedades, la sigatoka negra, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, emerge como una de las más devastadoras y persistentes, afectando significativamente la producción y calidad de estos cultivos de importancia económica global (Fullerton y Casonato, 2019). Frente a este desafío, se han explorado diversas estrategias de manejo, entre las que destacan el uso de agentes biológicos y extractos botánicos, como posibles alternativas sostenibles y efectivas para el control de esta enfermedad (Noar et al., 2022).

Investigaciones a nivel mundial han explorado el potencial de agentes biológicos como *Trichoderma* spp. para el control de fitopatógenos en cultivos de banano y plátano. Estudios como el realizado por Dita et al. (2010) han demostrado la capacidad de ciertas cepas de *T. spp.* para reducir la incidencia de enfermedades como *Fusarium oxysporum*, proporcionando una alternativa prometedora al control químico convencional. Además, el uso de *Trichoderma* ha surgido como una estrategia potencialmente efectiva para mejorar la resistencia de los plátanos a enfermedades como la sigatoka negra.

En Latinoamérica, donde la producción de banano y plátano es de gran importancia económica, también se han realizado estudios significativos sobre el uso de agentes biológicos y extractos botánicos en el control de la sigatoka negra. Por ejemplo, investigaciones realizadas en Costa Rica por Orozco-Santos et al. (2008), han evaluado la eficacia de cepas de *T. spp.* en condiciones de campo, encontrando resultados alentadores en la reducción de la incidencia de la enfermedad. Asimismo, estudios en Colombia, como el llevado a cabo por Kumakech et al. (2022), han explorado el potencial de extractos botánicos para el control de la sigatoka negra en bananos, destacando la necesidad de seguir investigando y desarrollando métodos de manejo alternativos y sostenibles.

Ecuador, que es uno de los principales productores y exportadores de banano a nivel mundial, la sigatoka negra representa un desafío significativo para los agricultores. La dependencia histórica de métodos de control basados en agroquímicos ha generado preocupaciones sobre la sostenibilidad ambiental y la salud pública, además de los costos financieros asociados. Ante esta problemática, se ha impulsado la investigación y

desarrollo de alternativas más sostenibles y efectivas para el manejo de la sigatoka negra en los cultivos de banano y plátano (García Regalado et al., 2019) (Painii-Montero y Meza-Cabrera, 2022).

Los métodos de control basados en pesticidas químicos han generado una serie de problemas, incluyendo la resistencia de los patógenos, la contaminación del suelo y agua. En este contexto, la evaluación del impacto de agentes biológicos como *Trichoderma* y extractos botánicos foliares en el control de la sigatoka negra en *M. spp.* adquiere una relevancia crucial. Estas alternativas ofrecen la promesa de reducir la dependencia de los pesticidas químicos, minimizando así los riesgos para la salud humana y el medio ambiente, al tiempo que mantienen la eficacia en el manejo de la enfermedad.

2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. General

Evaluar el impacto de agentes biológicos (*Trichoderma*) y extractos botánicos en el control de la sigatoka negra en el cultivo de banano de la granja Santa Ines, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador.

2.2. Específicos

- ✓ Evaluar mediante método de hoja simple el porcentaje de área foliar afectada de cada tratamiento.
- ✓ Evaluar de manera integral el efecto de agentes biológicos, extractos botánicos en el control de la enfermedad, buscando contribuir al manejo efectivo de la sigatoka negra, con el fin de mejorar la producción y la salud de los cultivos de banano.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Origen del banano

De acuerdo con Rahayuniati et al. (2021), la planta de banano y plátano cultivado tienen su procedencia en bananos silvestres y también de un híbrido de banano silvestre *M. acuminata* Colla (AA) y *M. balbisiana* Colla (BB), de estos, *M. acuminata* es el que dispone de un mayor número de variedades; por otra parte, una de las zonas mundiales de origen del banano es Indonesia, por lo que este país es reconocido como el centro de la diversidad de especies.

Según la investigación realizada por Probojati et al. (2021), se considera que el cultivo de banano es originario del sudeste asiático, de donde se extendió a los diferentes países tropicales y subtropicales, de manera particular en Indonesia, país donde existen más de 200 cultivares reconocidos y plantados ampliamente en sus principales islas, entre estas: Sulawesi, Sumatra, Java y Madura; algunas de los territorios que favorecieron a la proliferación del banano en Indonesia son Java Occidental el 16,76%, Java Oriental el 29,08% y Lampung con el 16,61%. El banano pertenece al orden Zingiberales y a la familia Musaceae, su taxonomía se fundamenta en el cruce de dos especies: *Musa acuminata*, de genoma A, y *Musa balbisiana*, con genoma B. El banano es una planta monocotiledónea que dispone de un sistema radicular carnoso y fasciculado, no posee raíz principal específica; en lo que respecta a su pseudotallo, este es cilíndrico y está conformado por pecíolos de hojas colocadas en forma de espiral (Guanuchi, 2024).

3.2. Sigatoka negra

De acuerdo con García et al. (2022), la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) constituye una enfermedad que afecta al cultivo de banano, agrede de forma parcial al tejido foliar y da lugar a la formación de daños necróticos o manchas con halos de color amarillo; su aparición en Ecuador se dio en el año 1987, sustituyendo de esta manera a la sigatoka amarilla que era menos severa. Entre las enfermedades que afectan al banano se encuentra la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), este hongo ataca al tejido foliar y disminuye el rendimiento del cultivo hasta en un 50%; este hongo se reproduce rápidamente en sectores agrícolas donde los contextos ambientales son propicios para su proliferación, es decir, sitios lluviosos, que existan elevadas temperaturas y mucha humedad (Ponce et al., 2023). La sigatoka negra es conocida

también como la enfermedad de la raya negra de la hoja, es ocasionada por *Pseudocercospora fijiensis*, la primera vez que se reportó este hongo patógeno fue en Costa Rica en el año 1979, el impacto negativo de esta plaga puede llegar hasta el 80% de la disminución en la producción de fruta, además de disminuir la calidad y el tiempo de maduración de la fruta; el cultivo de banano es muy vulnerable al ataque de este hongo debido a que el mayor volumen de producción comercial es monocultivo, es decir, casi no existe diversidad genética (Becker et al., 2021).

3.3. Métodos para evaluar la enfermedad

Para comprender la definición y la forma correcta de proteger las plantas en el campo, es necesario evaluar el estado de los ataques de enfermedades. Esto se hace a través de dos sistemas ampliamente utilizados: En primer lugar, un sistema de alerta biológica que mide el nivel de desarrollo de la enfermedad utilizando la escala de Fauré (1985), que incluye la detección temprana de los síntomas de la enfermedad, sin embargo, es necesario determinar la emisión foliar considerando los estados de desarrollo de la hoja candela. El nivel de contaminación de las hojas II, III y IV se registra utilizando la escala propuesta por Faure y los siguientes parámetros:

Estadio I: puntos negros con halo de color blancuzco, este síntoma es visible en el envés de la hoja.

Estadio II: surge como una raya o estría, generalmente de color café y es visible en el envés de la hoja.

Estadio III: se diferencia del anterior en sus dimensiones. La estría se hace más larga y ancha, aumentando su longitud, visible por el envés y la haz de la hoja.

Estadio IV: visible en el haz de la hoja como una mancha negra, bien definida.

Estadio V: ocurre cuando la mancha elíptica negra extendida en el haz de la hoja es rodeada de un halo amarillo.

Estadio VII: se desarrolla cuando el centro de la mancha se seca, adquiere un color gris claro, rodeado a su vez por un halo de color amarillo brillante.

De esta información se derivan las variables Suma Bruta (SB) y Estado de Evolución (EE), que representan los descriptores que muestran la oportunidad de la operación. El segundo, utilizado adicionalmente al anterior, incluye una inspección visual del área de daño de cada hoja de la planta estudiada, durante el período de crecimiento, floración y cosecha. Con este método es posible obtener los valores de las variables: Total

de Hojas (TH), el Índice de Infección (IND) y la Hoja Más Joven Enferma (HMJE), indicando esta última la dirección de la enfermedad. Las plantas deben tener 5-6 hojas verdaderas para su evaluación (Barekye et al., 2011).

3.4. Control de la Enfermedad

El método tradicional para el control de la Sigatoka negra ha sido las prácticas culturales, dirigida a reducir la fuente de inóculo del patógeno y forma parte de un programa de manejo integrado de la enfermedad. En este sentido, el establecimiento de un buen sistema de drenaje, la remoción de las hojas viejas en el suelo junto con la poda sanitaria, se han utilizado durante años como estrategias para reducir la densidad del inóculo, sin dejar de lado, un adecuado programa de fertilización. Se ha propuesto el establecimiento de altas densidades de siembra, con el fin de generar un micro y mesoclima al interior de la plantación, creando condiciones desfavorables para el patógeno (Rosales et al. 2002). No obstante, esta hipótesis de trabajo, a la fecha, no ha sido aun completamente documentada científicamente (Nascimento et al., 2020).

Actualmente existe una variedad de metodologías para controlar la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), estos permiten disminuir el nivel de incidencia de la enfermedad en el cultivo de banano, el método de mayor eficiencia es el control mediante productos químicos, para esto los productores agrícolas recurren principalmente al uso de fungicidas sistémicos y protectantes, los mismos que se aplican con frecuencia e incrementa el costo de producción (García et al., 2022). Con la finalidad de disminuir la incidencia de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), los productores agrícolas recurren principalmente a tres estrategias: la utilización de plantas resistentes, fungicidas sistémicos y las prácticas de manejo del banano (Juárez & Castillo, 2024). Según Sánchez et al. (2021), entre las cuales se han utilizadas para controlar esta enfermedad se encuentran la fertilización, el deshoje, la cirugía, entre otras.

De acuerdo con Cuellar et al. (2021), aproximadamente el 25% de los costos de producción del banano se gastan en el control de la sigatoka negra, se respalda de manera particular en la aplicación regular de fungicidas químicos, por lo que constituye un riesgo tanto para el ambiente como para la salud de los diferentes ecosistemas terrestres y acuáticos, como consecuencia de esto, la resistencia a estos fungicidas se ha ido incrementando significativamente, llegando a constituir una amenaza apremiante para los sistemas de producción de banano.

3.5. Uso de extractos botánicos

Una alternativa de origen biológico utilizada para el control de enfermedades en el banano son los extractos botánicos, estos productos son conseguidos a partir de diferentes plantas y se procesan para su uso ya que son menos tóxicos debido a que las concentraciones que requieren son bajas, igualmente y su degradación es muy rápida en el suelo (Mora et al., 2022). De acuerdo con Torres (2022), por medio de los extractos vegetales es posible controlar, preservar y debilitar en un porcentaje la incidencia de agentes patógenos en los cultivos, además de ello, constituyen una alternativa factible a la utilización habitual de productos de origen sintético, disminuyendo de esta manera también el impacto ocasionado al ambiente por el uso frecuente de productos químicos.

En la actualidad el uso de extractos de plantas es utilizado ampliamente a nivel mundial con la finalidad de controlar el progreso de las enfermedades en las plantas, este constituye el mejor enfoque para minimizar los impactos ambientales (Fátima et al., 2023). Esto se debe a que las plantas tienen la capacidad de sintetizar una gran diversidad de metabolitos secundarios taninos, alcaloides, glucósidos, flavonoides, fenoles, terpenoides, y esteroides, entre otros, los cuales tienen capacidad antibacteriana y antifúngica contra algunos organismos patógenos (Lebeloane et al., 2024).

3.6. Extracto de canela

La planta conocida como canela es un árbol que de acuerdo con su clasificación taxonómica es parte de la familia Lauraceae, la misma que cuenta con aproximadamente 50 géneros y entre 2500 y 3000 especies; esta planta es reconocida por su variedad de fragancias, al igual que el gran contenido de metabolitos secundarios, los cuales cumplen diferentes actividades biológicas, la planta es nativa de la India o Indochina, es perenne y puede alcanzar hasta 15 metros de altura, sus ramas son muy aromáticas y presentan una doble corteza (Martínez, 2023). La canela es una planta utilizada ampliamente a nivel mundial como especia alimentaria, sin embargo, también dispone de propiedades antifúngicas y farmacológicas, es por ello que también se suele utilizar en la agricultura (Kowalska et al., 2021). A nivel comercial existen cuatro especies principales de canela: *Cinnamomum verum*, *C. cassia*, *C. burmannii* y *C. loureiroi*; entre los principales componentes químicos de la canela se encuentran el cinamaldehído y el eugenol, los cuales tienen un amplio espectro antimicrobiano y antioxidante (Spence, 2024).

La canela también posee una gran variedad de aceites esenciales como trans-cinamaldehído, acetato de cinamil, L-borneol, alcanfor, óxido de cariofileno, b-cariofileno, acetato de L-bornilo, E-nerolidol, α -cubebeno, α -terpineol, terpinoleno, linalol y α -tujeno; la cantidad de cada uno de estos compuestos puede variar según la parte de la planta, por ejemplo, la cáscara de canela presenta un mayor contenido de cinamaldehído (65-80%), mientras que el contenido de eugenol es bajo en esta parte de la planta (5-10%), en cambio, el extracto proveniente de las hojas puede tener entre 10 – 95% de eugenol (Badillo, 2023)

3.7. *Trichoderma*

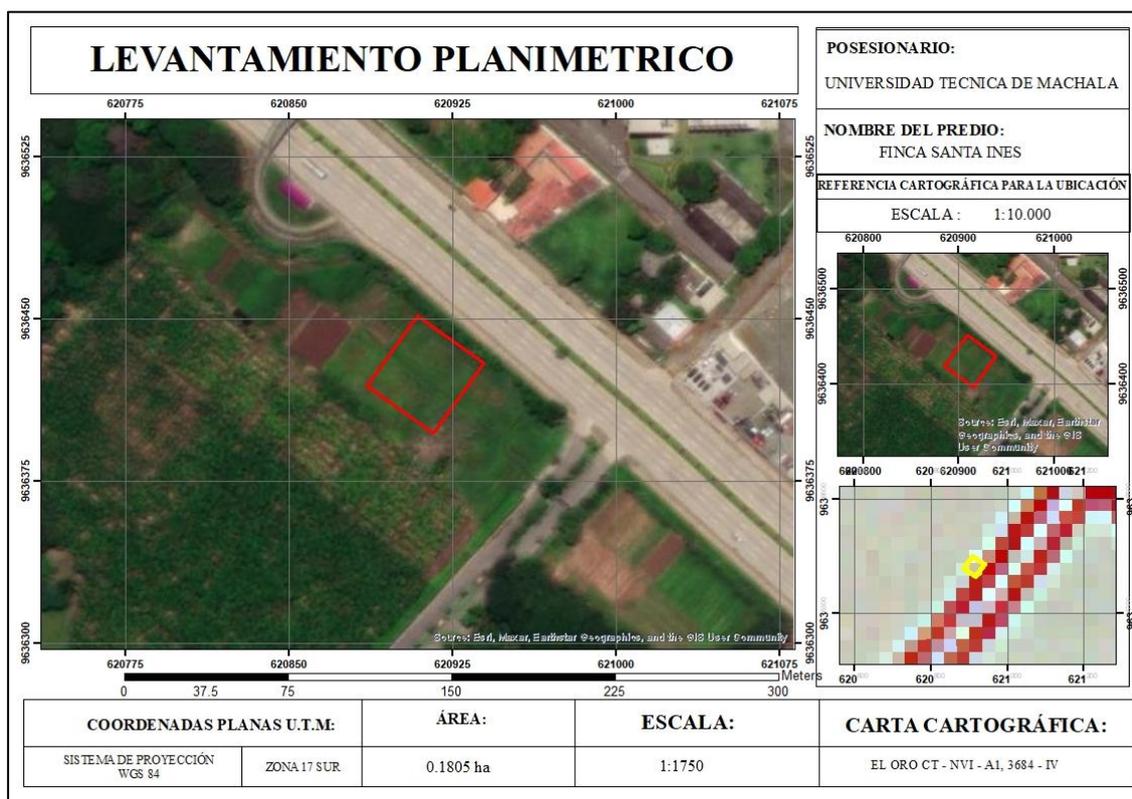
Un hongo saprófito muy común en los ecosistemas y que presenta un alto nivel de interacción en los ambientes de raíz, suelo y hojas es *Trichoderma* spp; este hongo es popular como generador de desarrollo vegetal y también como agente de control biológico en contra de fitopatógenos, por lo que constituye una opción a la utilización de fungicidas de origen sintéticos (Celis et al., 2022). De acuerdo con Valenzuela et al. (2023), *Trichoderma* es muy conocido debido a su idoneidad al momento de antagonizar el desarrollo de diferentes tipos de patógenos que afectan a las plantas mediante la competitividad tanto por nutrientes como por espacio; adicionalmente, este hongo tiene la capacidad de producir enzimas que deterioran la pared celular, entre estas enzimas se encuentran las quitinasas, glucanasas y proteasas, con la finalidad de parasitar a los hongos antagonistas.

Trichoderma spp. sobresale como un agente de biocontrol fúngico muy eficaz y prometedor, ha sido considerablemente investigado y aprovechado en la producción agrícola; se encuentra ampliamente distribuido, instituye relaciones recíprocamente beneficiosas con las plantas y se encuentra en diferentes hábitats, entre estos la rizosfera, la filosfera y los tejidos vegetales, este hongo es de rápido crecimiento y tiene una extensa categoría de hábitats en diversas zonas climáticas, interactúa de manera activa tanto con el suelo, las raíces y los ambientes foliares, por lo que tienen un gran potencial como agentes de biocontrol (Prismantoro et al., 2024).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del Estudio

El experimento se llevará a cabo en la Granja Santa Inés, que pertenece a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, Ecuador. La ubicación geográfica y las condiciones climáticas específicas del sitio serán registradas para contextualizar el estudio.



Localización geográfica:

El área de estudio se encuentra en las siguientes coordenadas geográficas: longitud 79°64'O, latitud 03°16'S y altitud 5 metros sobre el nivel del mar.

4.2. Equipos y materiales a utilizar

Materiales usados en campo

- Plantas de banano.
- Productos a la aplicación.
- Bomba de fumigar de 5 litros

4.3. Diseño Experimental

Se implementará un diseño experimental completamente al azar (DCA) con seis tratamientos, incluyendo un testigo con cuatro repeticiones y dos unidades de muestreo por repetición, para evaluar la efectividad de *Trichoderma* y extracto botánico en el control de la sigatoka negra en el cultivo de banano (*Musa spp.*) en la granja Santa Inés, ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador.

Tabla 1. Tratamientos

Tratamiento	Descripción
T1	Propiconazole 10ml + Mancozeb 75 g
T2	Propiconazole 10ml + Mancozeb 75 g + <i>Trichoderma</i> 50 ml
T3	Propiconazole 10ml + Extracto botánico 50ml + <i>Trichoderma</i> 50 ml
T4	Propiconazole 10ml + Extracto botánico 50ml
T5	<i>Trichoderma</i> 50 ml + Extracto botánico 50ml
Testigo	(Testigo)

Fuente: El autor

4.4. Preparación de *Trichoderma* sp.

Obtención y Cultivo: Se obtuvo una cepa de *Trichoderma* sp. de un laboratorio certificado. Se cultivó en un medio de cultivo líquido específico en condiciones controladas (temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, pH 6.5) durante un periodo de 7 a 10 días, hasta alcanzar una concentración de esporas viable para la aplicación en campo.

El cultivo de *Trichoderma* sp. en laboratorio es un proceso fundamental para su uso como agente de biocontrol en la agricultura. Según Prakash y Sarma (2013), *Trichoderma* se puede cultivar en un medio de cultivo líquido bajo condiciones controladas, como una temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ y un pH de 6.5, durante un período de 7 a 10 días, hasta alcanzar una concentración de esporas viable. Este procedimiento es crucial para garantizar que el organismo se mantenga en condiciones óptimas, lo que maximiza su efectividad en la aplicación en campo.

4.5. Elaboración de Extractos Botánicos

Preparación del Extracto: La preparación de extractos botánicos, como el extracto de canela, asegura la eficacia de su aplicación en la agricultura. Este método consistió en utilizar ramas de canela secas, que son molidas hasta obtener un polvo fino. Posteriormente, el polvo se mezcló con una solución hidroalcohólica compuesta por 500 ml de agua y 500 ml de alcohol, y se deja fermentar durante 48 horas. La fermentación permitió la liberación y concentración de los compuestos activos de la canela. Una vez finalizado el proceso, el extracto se filtra para eliminar residuos sólidos y se almacena en frascos oscuros, lo que es fundamental para proteger los compuestos fotosensibles y mantener la potencia del extracto hasta su aplicación en campo. Este enfoque, que es clave en la elaboración de extractos botánicos, está bien documentado en la literatura sobre protección vegetal (Prakash & Sarma, 2013).

4.6. Aplicación de los Tratamientos

- **Frecuencia:** Los tratamientos fueron aplicados en la semana uno, y se evaluó su efecto semanalmente durante un periodo de 4 semanas, iniciando en la cuarta semana después de la primera aparición de síntomas de sigatoka negra.
- **Método de Aplicación:** La aplicación fue foliar, utilizando un rociador manual para asegurar una distribución uniforme del tratamiento sobre las hojas de banano.

4.7. Evaluación de la Eficacia

- **Método de Hoja Simple:** Se seleccionaron 2 hojas por planta (hoja número 2 y 3), y se evaluó el porcentaje de área foliar afectada por la sigatoka negra semanalmente, desde la semana 4 hasta la semana 7.
- **Repeticiones:** Cada tratamiento contó con 4 repeticiones, asegurando la validez estadística de los resultados.

4.8. Análisis Estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados utilizando software estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) para realizar un Report, así como también una prueba post hoc de tukey, pruebas no paramétricas en las que se usó kruskal – Wallis, prueba de comparación entre parejas de

4.9. Variables a Medir

4.9.1. Variables independientes:

Estas variables son las que se manipularon para observar su efecto en la variable dependiente.

- **Tratamientos con *Trichoderma*:** Diferentes concentraciones o formulaciones de *Trichoderma sp.*
- **Extracto botánico:** Tipos o concentraciones de extracto botánico utilizado.
- **Combinaciones de *Trichoderma* y extracto botánico:** Uso de combinaciones específicas de *Trichoderma* con extractos botánicos.
- **Uso de fungicidas convencionales (Propiconazole y Mancozeb):** Como parte de los tratamientos comparativos.

4.9.2. Variables dependientes:

Estas son las variables que se miden para evaluar el efecto de las variables independientes.

- **Control de la Sigatoka (medido como porcentaje de área foliar afectada):** Medición directa de la efectividad de los tratamientos determinando el porcentaje de área foliar afectada de la enfermedad.
- **Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE):** Esta medida se utiliza en enfermedades de plantas para medir el desarrollo de la enfermedad a lo largo del tiempo en la planta o fruto. Esta medida es una estimación del impacto total de la enfermedad durante un período específico. Para el cálculo del AUDPC se ingresan los valores de la enfermedad expresados como porcentaje del área afectada a través de las múltiples observaciones.

5. RESULTADOS

5.1. Área foliar afectada

Como podemos observar en la primera medición (S-1), se observa que el tratamiento "Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml" tuvo el menor porcentaje de área foliar afectada, con una media de solo 0.0250%. Por otro lado, el tratamiento que combinó "Pro 10 ml + EB 50 ml" mostró un valor más elevado de área afectada (5.0000%), comparado con el tratamiento control (testigo), que tuvo una media de 6.1875%. Esto sugiere que, inicialmente, los tratamientos con "TH 50 ml" y "Mz 75 g" fueron más efectivos para reducir la afectación foliar.

A medida que avanzan las mediciones (S-2, S-3, y S-4), se observa un aumento en el porcentaje de área foliar afectada en casi todos los tratamientos. Por ejemplo, en S-2, el tratamiento "Pro 10 ml + EB 50 ml" tuvo una media de área afectada de 24.6875%, y en la última medición (S-4), este valor subió a 55.2500%. De manera similar, el control (testigo) mostró un incremento notable en la afectación, pasando de una media de 6.1875% en S-1 a 84.3750% en S-4. Estos datos sugieren que la efectividad de los tratamientos disminuye con el tiempo o que la presión de la enfermedad aumenta en etapas posteriores.

En todas las mediciones, los tratamientos que combinan "Pro 10 ml + Mz 75 g" con o sin "TH 50 ml" mantienen consistentemente los niveles más bajos de afectación foliar. En S-3, por ejemplo, estos tratamientos tuvieron medias de 2.1875% y 2.4125%, respectivamente, mucho menores que el control (61.3750%). Esto resalta la efectividad potencial de estos tratamientos para mantener bajos los niveles de daño en las hojas, incluso en etapas más avanzadas de la medición.

La mediana de la área foliar afectada en cada tratamiento proporciona una perspectiva adicional sobre la distribución de los datos. En muchas mediciones, la mediana es 0.0000% para varios tratamientos, lo que indica que la mayoría de las observaciones tenían una afectación baja o nula, aunque la media sugiera un daño moderado. Esto podría señalar la presencia de valores atípicos o una variabilidad considerable en la respuesta de las plantas al tratamiento.

Tabla 2. Report % Área foliar afectada

Report				
Área foliar afectada (%)				
Momento de medición	Tipo de control	N	Mean	Median
S-1	Pro 10 ml+Mz 75 g	8	.3125	.0000
	Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml	8	.0250	.0000
	Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	8	.8750	1.0000
	Pro 10 ml+EB 50 ml	8	5.0000	4.0000
	EB 50 ml+TH 50 ml	8	6.0625	3.5000
	Control (testigo)	8	6.1875	5.0000
	Total	48	3.0771	1.0000
S-2	Pro 10 ml+Mz 75 g	8	1.3750	.0000
	Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml	8	1.1625	.0000
	Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	8	8.1875	5.0000
	Pro 10 ml+EB 50 ml	8	24.6875	15.0000
	EB 50 ml+TH 50 ml	8	24.9375	21.5000
	Control (testigo)	8	38.2500	42.5000
	Total	48	16.4333	7.5000
S-3	Pro 10 ml+Mz 75 g	8	2.1875	.0000
	Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml	8	2.4125	.0000
	Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	8	13.3125	8.5000
	Pro 10 ml+EB 50 ml	8	34.5625	22.5000
	EB 50 ml+TH 50 ml	8	42.5000	44.5000
	Control (testigo)	8	61.3750	66.0000
	Total	48	26.0583	13.5000
S-4	Pro 10 ml+Mz 75 g	8	3.1250	.0000
	Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml	8	3.4375	.0000
	Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	8	19.7500	16.5000
	Pro 10 ml+EB 50 ml	8	55.2500	56.0000
	EB 50 ml+TH 50 ml	8	68.7500	87.5000
	Control (testigo)	8	84.3750	100.0000
	Total	48	39.1146	20.0000

Tabla 1. Pro = propiconazole, Mz = mancozeb, EB = Extracto botánico, TH = *Trichoderma*, S-1 = semana 1, S-2 = semana 2, S-3 = semana 3, S-4 = Semana 4

En la figura 1 El valor de significancia (Sig.) obtenido es .000. Este valor indica la probabilidad de que las diferencias observadas en las distribuciones del porcentaje de área

foliar afectada entre los grupos sean debidas al azar. En este caso, el valor es muy pequeño (menor que .05, el nivel común de significancia), lo que sugiere que las diferencias entre las categorías de tipo de control son estadísticamente significativas. La prueba de Kruskal-Wallis ha demostrado que no todas las categorías de tipo de control afectan de la misma manera la distribución del porcentaje de área foliar afectada. Esto sugiere que algunos tratamientos son más efectivos que otros en reducir el área foliar afectada, lo que coincide con la interpretación previa de los datos. Estos resultados subrayan la importancia de elegir el tipo de control adecuado para minimizar el daño foliar.

Figura 1. Prueba no paramétrica S-1

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Área foliar afectada (%) es la misma entre las categorías de Tipo de control.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.000	Rechazar la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05.				

La figura 3 muestra la distribución del porcentaje de área foliar afectada para cada tratamiento. Los tratamientos "Pro 10 ml + Mz 75 g" y "Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml" presentan valores de afectación extremadamente bajos, con medianas cercanas a cero, lo que indica que son los más efectivos para reducir el daño foliar.

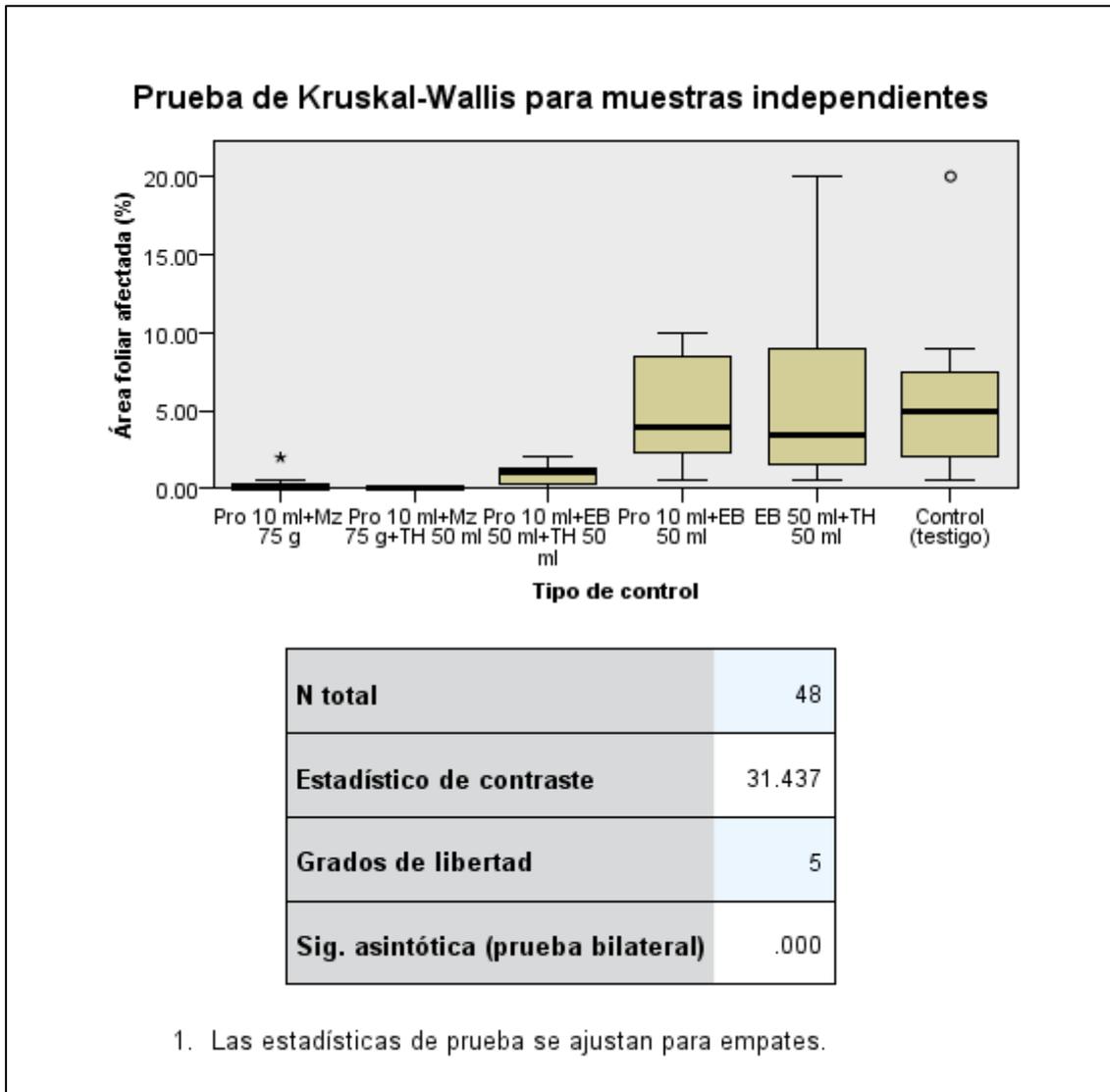
A medida que se introducen otros componentes en los tratamientos, como "EB 50 ml" y "TH 50 ml", se observa un aumento en la mediana y la dispersión de los valores, indicando una mayor variabilidad en la efectividad del tratamiento.

El tratamiento control (testigo) muestra la mayor área foliar afectada, lo que refleja la falta de protección cuando no se aplica ningún tratamiento.

La prueba arrojó un valor de 31.437 para el estadístico de Kruskal-Wallis, lo cual es una medida del grado de diferencia entre los grupos. Esta considera las seis categorías de tratamiento para evaluar si hay diferencias en la distribución del área foliar afectada. El valor de significancia es .000, lo que indica que las diferencias observadas entre los

grupos son extremadamente improbables que ocurran por azar. Este resultado es altamente significativo ($p < 0.05$), lo que nos permite rechazar la hipótesis nula con confianza.

Figura 2. Prueba kruskal – Wallis para muestras independientes S-1



Se consideran significativos los valores ajustados por debajo de 0.05 (resaltados en amarillo), lo que indica que hay diferencias estadísticamente significativas entre esas parejas de tratamientos.

Por ejemplo, la comparación entre "Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml" y "EB 50 ml + TH 50 ml" tiene un valor de *Sig. ajust.* de 0.004, lo que indica una diferencia significativa entre estos tratamientos.

Otras comparaciones, como "Pro 10 ml + EB 50 ml" con el "Control (testigo)", no son significativas *Sig. ajust.* = 1.000, lo que indica que no hay una diferencia estadísticamente significativa en esos casos.

Tabla 3. Comparación entre parejas S-1

Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de Tipo de control.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Pro 10 ml+Mz 75 g	2.188	6.901	.317	.751	1.000
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	-10.812	6.901	-1.567	.117	1.000
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-EB 50 ml+TH 50 ml	-25.062	6.901	-3.632	.000	.004
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml	-25.875	6.901	-3.749	.000	.003
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Control (testigo)	-26.062	6.901	-3.777	.000	.002
Pro 10 ml+Mz 75 g-Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	-8.625	6.901	-1.250	.211	1.000
Pro 10 ml+Mz 75 g-EB 50 ml+TH 50 ml	-22.875	6.901	-3.315	.001	.014
Pro 10 ml+Mz 75 g-Pro 10 ml+EB 50 ml	-23.688	6.901	-3.432	.001	.009
Pro 10 ml+Mz 75 g-Control (testigo)	-23.875	6.901	-3.460	.001	.008
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml-EB 50 ml+TH 50 ml	-14.250	6.901	-2.065	.039	.584
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml	-15.062	6.901	-2.183	.029	.436
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml-Control (testigo)	-15.250	6.901	-2.210	.027	.407
EB 50 ml+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml	.812	6.901	.118	.906	1.000
EB 50 ml+TH 50 ml-Control (testigo)	-1.000	6.901	-.145	.885	1.000
Pro 10 ml+EB 50 ml-Control (testigo)	-.188	6.901	-.027	.978	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es .05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

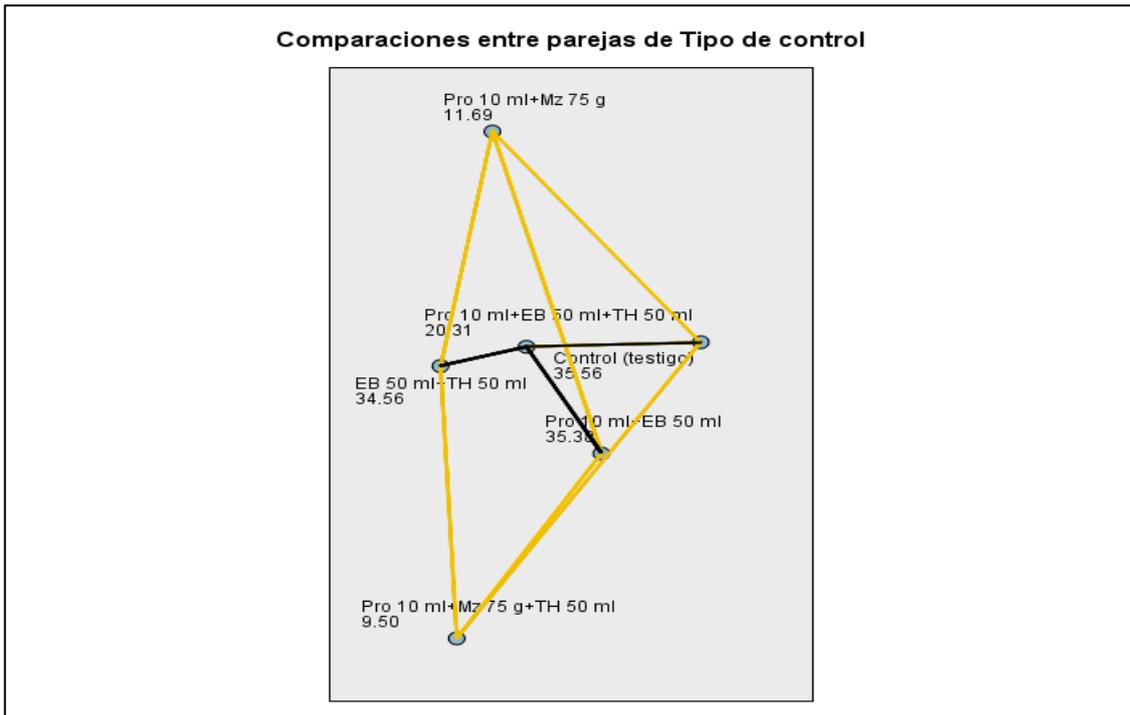
La figura 3 presenta una comparación entre diferentes tratamientos de control y un control (testigo), con el objetivo de evaluar su eficacia relativa. Cada tratamiento está representado por un punto en la figura, con valores que indican el resultado de su aplicación. Los valores más bajos representan una mayor eficacia del tratamiento, mientras que los valores más altos indican una menor efectividad en comparación con los otros tratamientos.

Entre los tratamientos analizados, "Pro 10 ml + Mz 75 g" y "Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml" muestran los valores más bajos, 11.69 y 9.50 respectivamente, lo que revela que son los más efectivos en el control de la sigatoka en la semana 1. Estos valores se encuentran significativamente alejados del valor del control (testigo), que es de 35.56, indicando que la aplicación de estos tratamientos produce un efecto notablemente superior al no aplicar ningún tratamiento.

El control (testigo) presenta uno de los valores más altos en la figura, lo que reafirma que, sin la intervención de estos tratamientos, el efecto deseado es considerablemente menor. Este resultado pone en evidencia la importancia de la aplicación de los tratamientos en estudio, especialmente aquellos que incluyen las combinaciones "Pro" y "Mz".

Las líneas que conectan los distintos puntos en la figura ilustran las comparaciones directas entre los tratamientos. Las líneas amarillas destacan diferencias significativas entre los tratamientos, mientras que las líneas negras están enfocadas en comparaciones directas con el control (testigo). En conjunto, estos resultados demuestran que las combinaciones que incluyen "Pro" y "Mz" son las más eficaces, ofreciendo una mejora significativa en comparación con el control y otros tratamientos evaluados.

Figura 3. Comparación entre pareja S-1



En la semana 1, los resultados muestran que el tratamiento "Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml" es el más efectivo (Tabla 4 – Figura 5), con una media de .0250, lo que indica una mayor capacidad para controlar la Sigatoka en comparación con los demás tratamientos. En otras palabras, esta combinación es más eficaz en la mitigación de la enfermedad.

En un segundo nivel de efectividad, se encuentra el tratamiento "Pro 10 ml + Mz 75 g," con una media de .3125, y "Pro 10 ml + EB 50 ml + TH 50 ml," con una media de .8750. Si bien es cierto, estos tratamientos son menos efectivos que el primero, también presentan una capacidad notable para reducir el impacto de la Sigatoka, lo que indica que tanto el extracto botánico como el *Trichoderma* tienen un papel importante en el control de la enfermedad.

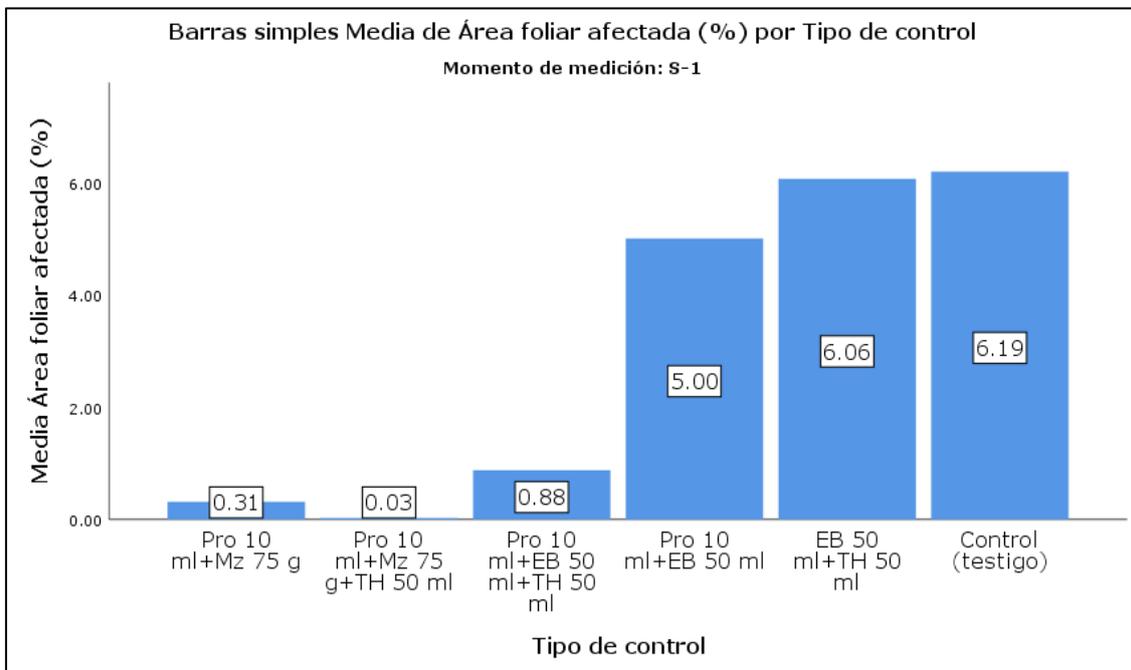
Por otro lado, los tratamientos "Pro 10 ml + EB 50 ml" y "EB 50 ml + TH 50 ml," junto con el control (testigo), presentan medias de 5.0000, 6.0625, y 6.1875 respectivamente, presentando una menor efectividad en el control de la Sigatoka. Es decir, estos tratamientos, en comparación con los anteriores, tienen un impacto limitado en la reducción de la enfermedad, siendo el control (testigo) el menos efectivo, como era de esperarse.

La significancia estadística en las comparaciones revela que, aunque existen diferencias en las medias entre los tratamientos, estas no son estadísticamente significativas dentro de cada subset (con valores de .158 y .059). Esto decir, desde el punto de vista estadístico, no existen evidencias de diferencias significativas entre los tratamientos dentro de cada grupo definido, lo que destaca la necesidad de seguir investigando para optimizar las combinaciones y concentraciones utilizadas en el control de Sigatoka en Musa spp.

Tabla 4. Prueba Post hoc S-1

Tukey HSD^a			
Tipo de control	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml	8	.0250	
Pro 10 ml+Mz 75 g	8	.3125	.3125
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	8	.8750	.8750
Pro 10 ml+EB 50 ml	8	5.0000	5.0000
EB 50 ml+TH 50 ml	8		6.0625
Control (testigo)	8		6.1875
Significance		.158	.059

Figura 4. Post hoc semana 1



En la figura 5, la prueba de Kruskal-Wallis para comparar la distribución del área foliar afectada (%) entre diferentes categorías de tipo de control de la semana 2. La hipótesis nula planteaba que no habría diferencias significativas en el área foliar afectada entre los distintos tratamientos de control. Sin embargo, el valor de significación obtenido (.000) fue menor que el nivel de significancia preestablecido de 0.05, lo que llevó a rechazar la hipótesis nula. Esto significa que existen diferencias estadísticamente significativas en la efectividad de los diferentes tratamientos sobre el área foliar afectada, indicando que algunos tratamientos son más efectivos que otros en el control de la Sigatoka.

Figura 5. Prueba no paramétrica S-2

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Área foliar afectada (%) es la misma entre las categorías de Tipo de control.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05.

Para la semana 2, la figura 6, revela los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes, la cual proporciona una visión clara de la eficacia de los diferentes tipos de control utilizados en el estudio del impacto de *Trichoderma* y extracto botánico en el control de Sigatoka en *Musa* spp. El diagrama de cajas y bigote muestra la distribución del área foliar afectada (%) para cada tratamiento, donde es evidente que algunos tratamientos presentan una menor área foliar afectada en comparación con otros.

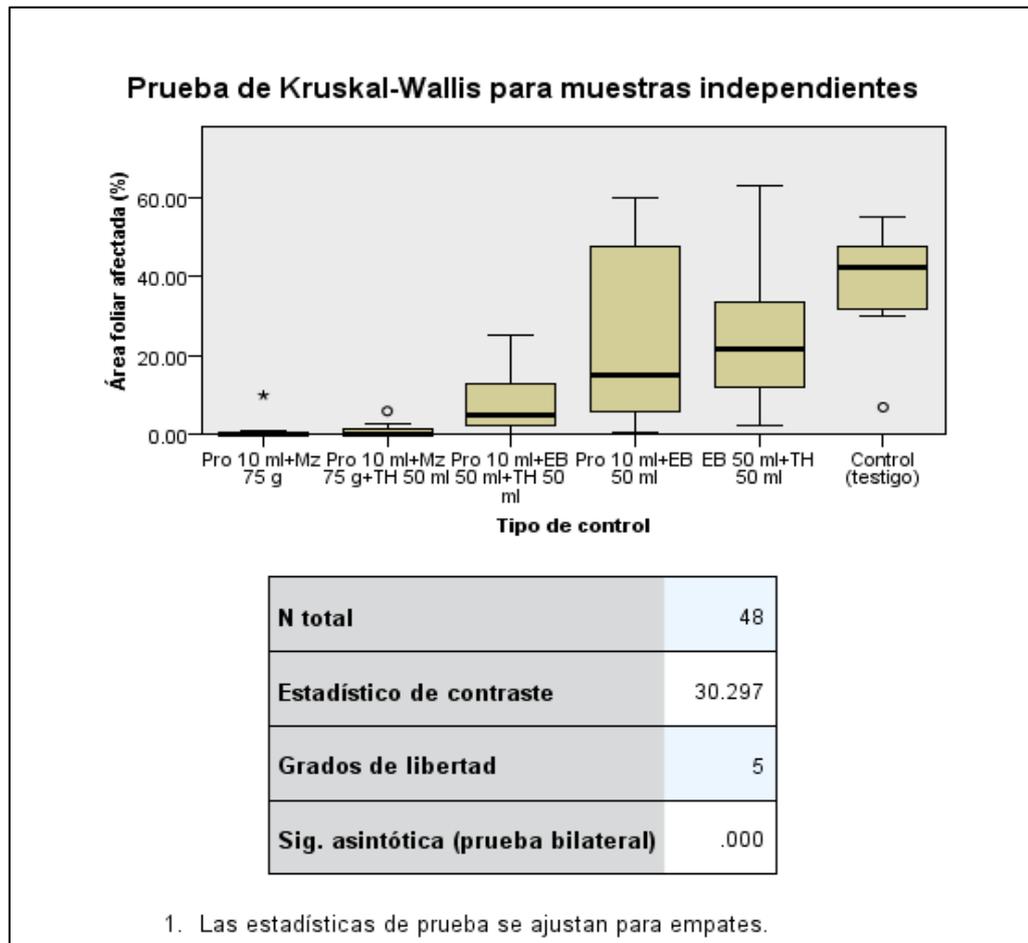
Por ejemplo, los tratamientos "Pro 10 ml + Mz 75 g" y "Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml" presentan una mediana cercana a cero, indicando una alta efectividad en la reducción del área foliar afectada. En contraste, el tratamiento "Control (testigo)" presenta una mediana más alta, dejando evidente que, sin intervención, el área afectada es significativamente mayor. Otros tratamientos, como "Pro 10 ml + EB 50 ml" y "EB 50 ml + TH 50 ml," tienen medianas intermedias, lo que refleja una efectividad moderada en el control de la enfermedad.

El estadístico de contraste de 30.297 y un nivel de significación asintótica de .000 indican que las diferencias observadas entre los tratamientos no son producto del azar. Estas

diferencias son estadísticamente significativas, lo que refuerza la conclusión de que algunos tratamientos son claramente más efectivos que otros en la reducción del área foliar afectada por la Sigatoka. El número total de observaciones (N=48) y los 5 grados de libertad utilizados en la prueba apoyan la robustez del análisis.

En análisis, durante la semana 2, se evidencia que los tratamientos que combinan *Trichoderma* con otros agentes (como Mz y extractos botánicos) son significativamente más efectivos para controlar la Sigatoka en *Musa* spp. que los tratamientos individuales o el control sin tratamiento. Este comportamiento durante esta segunda semana es fundamental para mejorar las estrategias de manejo de la enfermedad y optimizar el uso de biofungicidas en cultivos de banano.

Figura 6. Prueba de Kruskal-Wallis S-2



El gráfico y la tabla presentados en la figura 7, ilustran un análisis detallado de las comparaciones entre pares de tratamientos (Tipo de control) en el estudio sobre el impacto de *Trichoderma* y extracto botánico en el control de Sigatoka en *Musa* spp. A través de

este análisis, se busca determinar si existen diferencias significativas en la efectividad de los diferentes tratamientos evaluados.

El gráfico de nodos presenta el rango promedio de cada tipo de control, con líneas que conectan las comparaciones entre tratamientos específicos. Este tipo de visualización facilita la identificación de las diferencias en efectividad entre los tratamientos al comparar sus posiciones relativas.

La tabla en la parte inferior proporciona detalles estadísticos sobre estas comparaciones, incluyendo el estadístico de contraste, el error estándar, la desviación estándar del contraste, y los valores de significancia (Sig.) y significancia ajustada (Sig. ajust.). Los valores resaltados indican comparaciones donde se encontraron diferencias estadísticamente significativas tras aplicar la corrección de Bonferroni, que ajusta los niveles de significancia para evitar errores de tipo I (falsos positivos) cuando se realizan múltiples pruebas.

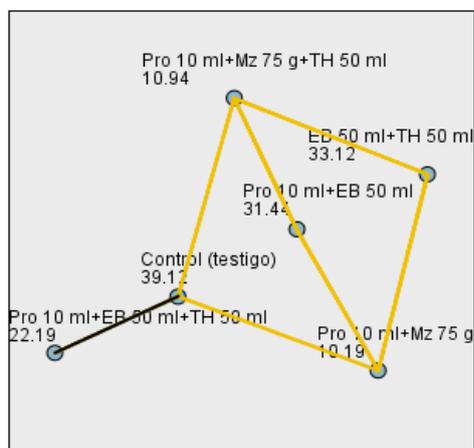
En particular, las comparaciones que involucran el tratamiento "Pro 10 ml + Mz 75 g" muestran diferencias significativas con otros tratamientos, especialmente con el control (testigo), lo demuestra que este tratamiento es más eficaz en la reducción del área foliar afectada por Sigatoka. Por ejemplo, la comparación entre "Pro 10 ml + Mz 75 g" y el control (testigo) presenta un estadístico de contraste de -28.938 con una significancia ajustada de .000, lo que indica una diferencia altamente significativa en favor del tratamiento.

Otras comparaciones significativas incluyen aquellas entre "Pro 10 ml + Mz 75 g" y "EB 50 ml + TH 50 ml" (significancia ajustada de .014), así como entre "Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml" y "Control (testigo)" (significancia ajustada de .001). Estos resultados confirman que ciertos tratamientos, particularmente aquellos que combinan Mz 75 g con *Trichoderma*, son significativamente más efectivos en el control de la Sigatoka.

En conclusión, el análisis estadístico de comparaciones múltiples de la semana 2, sostiene lo evaluado en la S-1m sobre la eficacia diferencial de los tratamientos en el estudio. Los resultados refuerzan la importancia de utilizar combinaciones específicas de biofungicidas para maximizar el control de la enfermedad en cultivos de banano, proporcionando una base sólida para recomendaciones futuras en la práctica agrícola.

Figura 7. Comparación entre pareja S-2

Comparaciones entre parejas de Tipo de control



Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de Tipo de control.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Pro 10 ml+Mz 75 g-Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml	-0.750	6.944	-1.108	.914	1.000
Pro 10 ml+Mz 75 g-Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	-12.000	6.944	-1.728	.084	1.000
Pro 10 ml+Mz 75 g-Pro 10 ml+EB 50 ml	-21.250	6.944	-3.060	.002	.033
Pro 10 ml+Mz 75 g-EB 50 ml+TH 50 ml	-22.938	6.944	-3.303	.001	.014
Pro 10 ml+Mz 75 g-Control (testigo)	-28.938	6.944	-4.167	.000	.000
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	-11.250	6.944	-1.620	.105	1.000
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml	-20.500	6.944	-2.952	.003	.047
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-EB 50 ml+TH 50 ml	-22.188	6.944	-3.195	.001	.021
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Control (testigo)	-28.188	6.944	-4.059	.000	.001
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml	-9.250	6.944	-1.332	.183	1.000
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml-EB 50 ml+TH 50 ml	-10.938	6.944	-1.575	.115	1.000
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml-Control (testigo)	-16.938	6.944	-2.439	.015	.221
Pro 10 ml+EB 50 ml-EB 50 ml+TH 50 ml	-1.688	6.944	-.243	.808	1.000
Pro 10 ml+EB 50 ml-Control (testigo)	-7.688	6.944	-1.107	.268	1.000
EB 50 ml+TH 50 ml-Control (testigo)	-6.000	6.944	-.864	.388	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es .05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

La tabla 5 y figura 8, de resultados de la prueba Tukey HSD muestra las diferencias entre varios tratamientos (tipos de control) en cuanto al área foliar afectada (%) durante la semana 2. En primer lugar, se evidencia que los tratamientos "Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml" y "Pro 10 ml + Mz 75 g" se encuentran en el primer grupo, con promedios de área foliar afectada muy bajos (1.1625 y 1.3750, respectivamente). Esto indica una alta efectividad de estos tratamientos en el control de la enfermedad, sin diferencias significativas entre ellos, lo que se refleja en un valor de significancia de .924.

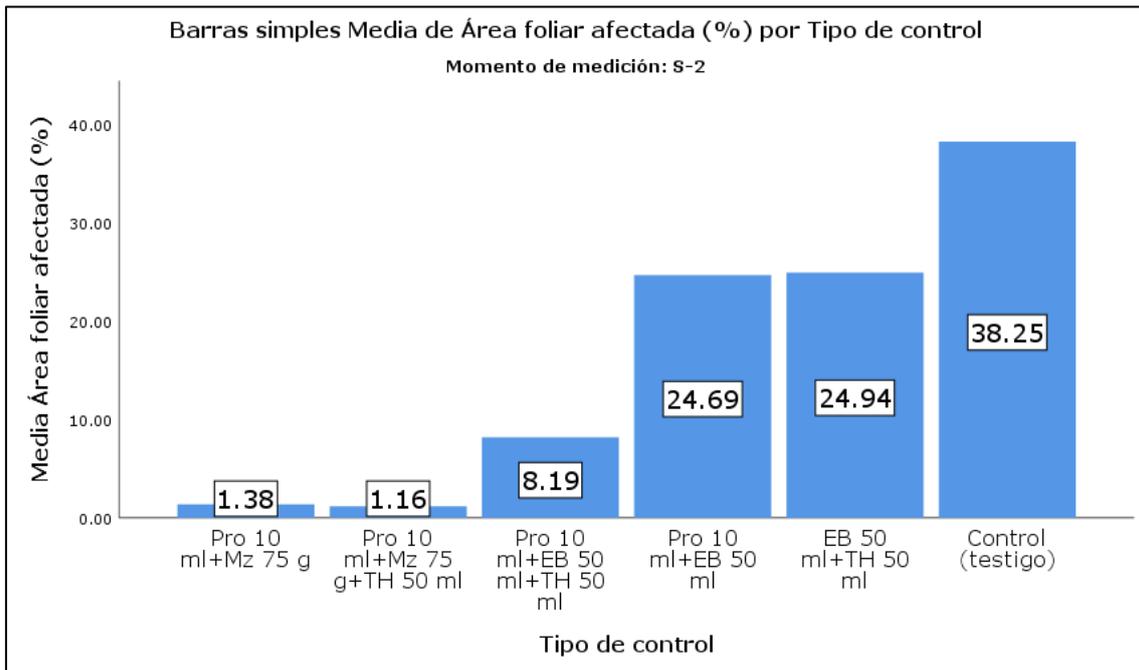
En el segundo grupo, se ubican los tratamientos "Pro 10 ml + EB 50 ml + TH 50 ml" y "Pro 10 ml + EB 50 ml", con promedios de área foliar afectada significativamente más altos (8.1875 y 24.6875, respectivamente). Aunque estos dos tratamientos son comparables entre sí, no son tan efectivos como los del primer grupo, esto se ve reflejado en un valor de significancia de .210 dentro de este subconjunto.

Finalmente, en el tercer grupo se encuentra el tratamiento de control (testigo), que presenta el promedio más alto de área foliar afectada (38.2500), indicando la menor efectividad en el control de la enfermedad. Además, los tratamientos que incluyen extracto botánico (EB) sin la combinación con *Trichoderma* (TH) también se encuentran en este grupo, demostrando que su efectividad es menor en comparación con los tratamientos del primer grupo. Los resultados destacan que los tratamientos que combinan Mz y TH ("Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml" y "Pro 10 ml + Mz 75 g") son los más efectivos en reducir el área foliar afectada por Sigatoka. Por otro lado, el tratamiento de control y aquellos que incluyen solo extracto botánico sin *Trichoderma* muestran una efectividad significativamente menor, lo que resalta la importancia de la combinación de Mz y TH para un control efectivo de la enfermedad.

Tabla 5. Prueba Post hoc S-2

Tukey HSD^a				
Tipo de control	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml	8	1.1625		
Pro 10 ml+Mz 75 g	8	1.3750		
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	8	8.1875	8.1875	
Pro 10 ml+EB 50 ml	8		24.6875	24.6875
EB 50 ml+TH 50 ml	8		24.9375	24.9375
Control (testigo)	8			38.2500
Significance		.924	.210	.431

Figura 8. Prueba Post hoc S-2



En la figura 9, la prueba de Kruskal-Wallis para comparar la distribución del área foliar afectada (%) entre diferentes categorías de tipo de control de la semana 3. La hipótesis nula plantea que no existen diferencias significativas en el área foliar afectada entre los distintos tratamientos de control. Sin embargo, el valor de significación obtenido (.000) y también es menor que el nivel de significancia preestablecido de 0.05, por lo tanto rechazamos la hipótesis nula. Esto significa que existen diferencias estadísticamente significativas en la efectividad de los diferentes tratamientos sobre el área foliar afectada, indicando que algunos tratamientos son más efectivos en el control de la Sigatoka.

Figura 9. Prueba no paramétrica S-3

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Área foliar afectada (%) es la misma entre las categorías de Tipo de control.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05

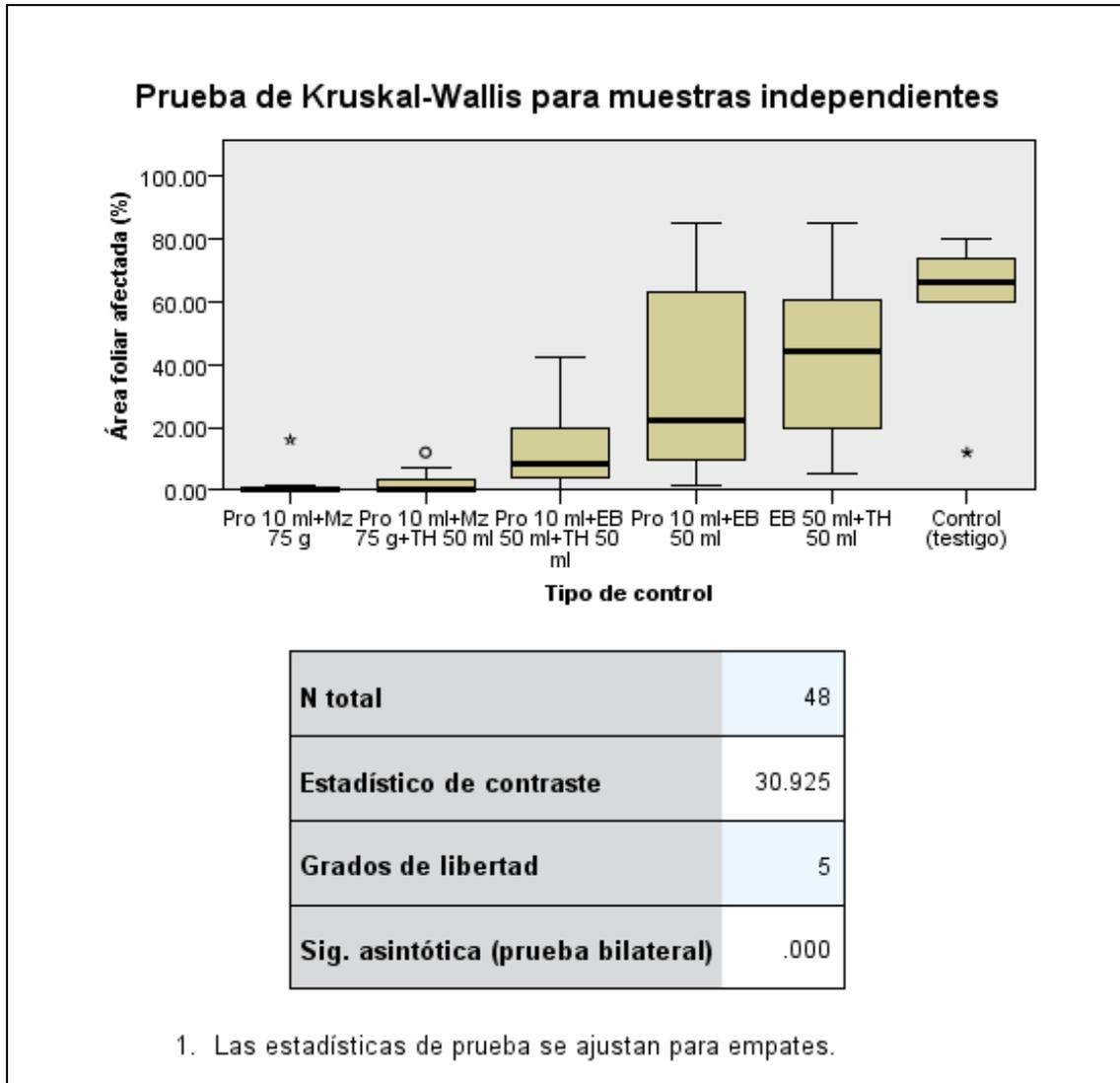
El gráfico 10 y la tabla que acompañan la Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes ilustra el análisis de la distribución del área foliar afectada (%) en diferentes tipos de control (Figura 10).

En el gráfico de caja y bigotes, se observa que los tratamientos "Pro 10 ml + Mz 75 g" y "Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml" tienen las medianas más bajas de área foliar afectada, indicando una mayor efectividad en la reducción de la enfermedad, con valores cercanos al 0%. Estos tratamientos presentan una distribución más concentrada, lo que indica menor variabilidad en los resultados durante la semana 3. Por otro lado, el tratamiento de control (testigo) presenta la mediana más alta, con un área foliar afectada cercana al 40%, lo que indica que este grupo es el menos efectivo en el control de la enfermedad.

La tabla que acompaña al gráfico proporciona detalles adicionales sobre el análisis estadístico. Con un total de 48 muestras, el estadístico de contraste es 30.925 con 5 grados de libertad, y la significancia asintótica (prueba bilateral) es .000, lo que indica que hay diferencias significativas entre los grupos. Esto confirma que al menos uno de los tratamientos difiere significativamente en su efectividad comparado con los demás.

En resumen, los tratamientos que incluyen "Mz" y "TH" al igual que en las anteriores semanas, muestran una alta efectividad en la reducción del área foliar afectada por la enfermedad, mientras que el tratamiento de control (testigo) muestra una efectividad significativamente menor. La Prueba de Kruskal-Wallis respalda la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, lo que sugiere que el tipo de control utilizado tiene un impacto considerable en el área foliar afectada

Figura 10. Prueba de Kruskal-Wallis S-3



En la figura 11, se evidencian las comparaciones que involucran los tratamientos, en donde el tratamiento "Pro 10 ml + Mz 75 g" muestran diferencias significativas con otros tratamientos, especialmente con el control (testigo), lo demuestra que este tratamiento es más eficaz en la reducción del área foliar afectada por Sigatoka. Por ejemplo, la comparación entre "Pro 10 ml + Mz 75 g" y el control (testigo) presenta un estadístico de contraste de -29.312 con una significancia ajustada de .000, lo que indica una diferencia altamente significativa en favor del tratamiento.

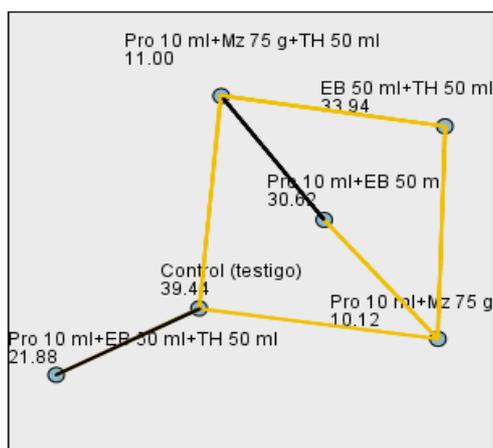
Otras comparaciones significativas incluyen aquellas entre "Pro 10 ml + Mz 75 g" y "EB 50 ml + TH 50 ml" (significancia ajustada de .00), así como entre "Pro 10 ml + Mz 75 g

+ TH 50 ml" y "Control (testigo)" (significancia ajustada de .001). Estos resultados confirman que ciertos tratamientos, particularmente aquellos que combinan Mz 75 g con *Trichoderma*, siguen siendo significativamente más efectivos en el control de la Sigatoka durante la S-3.

De esta manera, el análisis estadístico de comparaciones múltiples en la semana 3, sostiene lo evaluado en la S-1, S-2 sobre la eficacia diferencial de los tratamientos en el estudio. Estos resultados refuerzan la importancia de utilizar combinaciones estas combinaciones para maximizar el control de la enfermedad en el cultivo de banano.

Figura 11. Comparación entre pareja S-3

Comparaciones entre parejas de Tipo de control



Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de Tipo de control.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Pro 10 ml+Mz 75 g-Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml	-0.875	6.944	-1.126	.900	1.000
Pro 10 ml+Mz 75 g-Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	-11.750	6.944	-1.692	.091	1.000
Pro 10 ml+Mz 75 g-Pro 10 ml+EB 50 ml	-20.500	6.944	-2.952	.003	.047
Pro 10 ml+Mz 75 g-EB 50 ml+TH 50 ml	-23.812	6.944	-3.429	.001	.009
Pro 10 ml+Mz 75 g-Control (testigo)	-29.312	6.944	-4.222	.000	.000
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	-10.875	6.944	-1.566	.117	1.000
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml	-19.625	6.944	-2.826	.005	.071
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-EB 50 ml+TH 50 ml	-22.938	6.944	-3.303	.001	.014
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Control (testigo)	-28.438	6.944	-4.096	.000	.001
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml	-8.750	6.944	-1.260	.208	1.000
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml-EB 50 ml+TH 50 ml	-12.062	6.944	-1.737	.082	1.000
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml-Control (testigo)	-17.562	6.944	-2.529	.011	.171
Pro 10 ml+EB 50 ml-EB 50 ml+TH 50 ml	-3.312	6.944	-0.477	.633	1.000
Pro 10 ml+EB 50 ml-Control (testigo)	-8.812	6.944	-1.269	.204	1.000
EB 50 ml+TH 50 ml-Control (testigo)	-5.500	6.944	-0.792	.428	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es .05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

El análisis de comparaciones múltiples mediante la prueba de Tukey HSD (Tabla 6 – Figura 12) revela diferencias significativas en la efectividad de los distintos tipos de control utilizados en el experimento, específicamente en relación con el área foliar afectada. Los resultados se organizan en tres subconjuntos que agrupan los tratamientos según su efectividad.

En el primer subconjunto, se encuentran los tratamientos "Pro 10 ml + Mz 75 g" y "Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml". Estos tratamientos mostraron los valores más bajos de área foliar afectada, con promedios de 2.1875 y 2.4125, respectivamente. Esto indica que ambos tratamientos fueron los más efectivos en la reducción de la enfermedad, y no se observan diferencias estadísticamente significativas entre ellos, lo que sugiere una efectividad similar.

El segundo subconjunto agrupa los tratamientos "Pro 10 ml + EB 50 ml + TH 50 ml", "Pro 10 ml + EB 50 ml" y "EB 50 ml + TH 50 ml", con valores promedio de afectación foliar de 13.3125, 34.5625 y 42.5000, respectivamente. Aunque estos tratamientos mostraron una mayor afectación en comparación con los del primer subconjunto, no hay diferencias significativas dentro de este grupo. Esto sugiere que, aunque menos efectivos que los tratamientos del primer subconjunto, estos tres tratamientos son comparables entre sí en cuanto a su impacto.

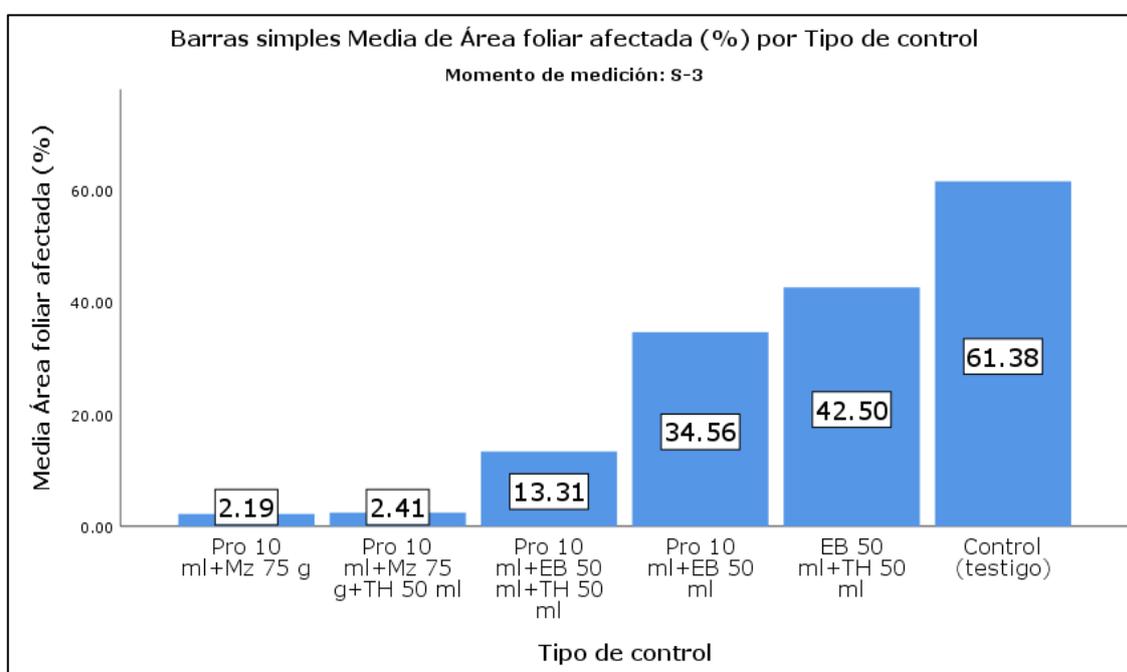
El tercer y último subconjunto se encuentra el tratamiento de "Control (testigo)", con el valor promedio más alto de afectación foliar (61.3750). Este tratamiento, al no incluir ninguna intervención, mostró la mayor afectación foliar, lo que subraya la importancia de los tratamientos aplicados. No se encontraron diferencias significativas entre el control y los tratamientos "Pro 10 ml + EB 50 ml" y "EB 50 ml + TH 50 ml" del segundo subconjunto, lo que indica que estos tratamientos no son muy efectivos en comparación con otros.

En resumen, los tratamientos "Pro 10 ml + Mz 75 g" y "Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml" se destacaron como los más efectivos en la reducción del área foliar afectada. Por otro lado, el control y algunos tratamientos con Extracto Botánico (EB) mostraron una mayor afectación foliar, lo que indica una menor eficacia en la protección de las plantas.

Tabla 6. Prueba Post hoc S-3

Tukey HSD ^a				
Tipo de control	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Pro 10 ml+Mz 75 g	8	2.1875		
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml	8	2.4125		
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	8	13.3125	13.3125	
Pro 10 ml+EB 50 ml	8		34.5625	34.5625
EB 50 ml+TH 50 ml	8		42.5000	42.5000
Control (testigo)	8			61.3750
Significance		.880	.065	.110

Figura 12. Prueba Post hoc S-3



En la figura 13, la prueba de Kruskal-Wallis para comparar la distribución del área foliar afectada (%) entre diferentes categorías de tipo de control de la semana 3. La hipótesis nula plantea que no existen diferencias significativas en el área foliar afectada entre los distintos tratamientos de control. Sin embargo, el valor de significación obtenido (.000) y también es menor que el nivel de significancia preestablecido de 0.05, por lo tanto rechazamos la hipótesis nula. Esto significa que existen diferencias estadísticamente significativas en la efectividad de los diferentes tratamientos sobre el área foliar afectada, indicando que algunos tratamientos son más efectivos en el control de la Sigatoka.

Figura 13. Prueba no paramétrica S-4

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Área foliar afectada (%) es la misma entre las categorías de Tipo de control.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05

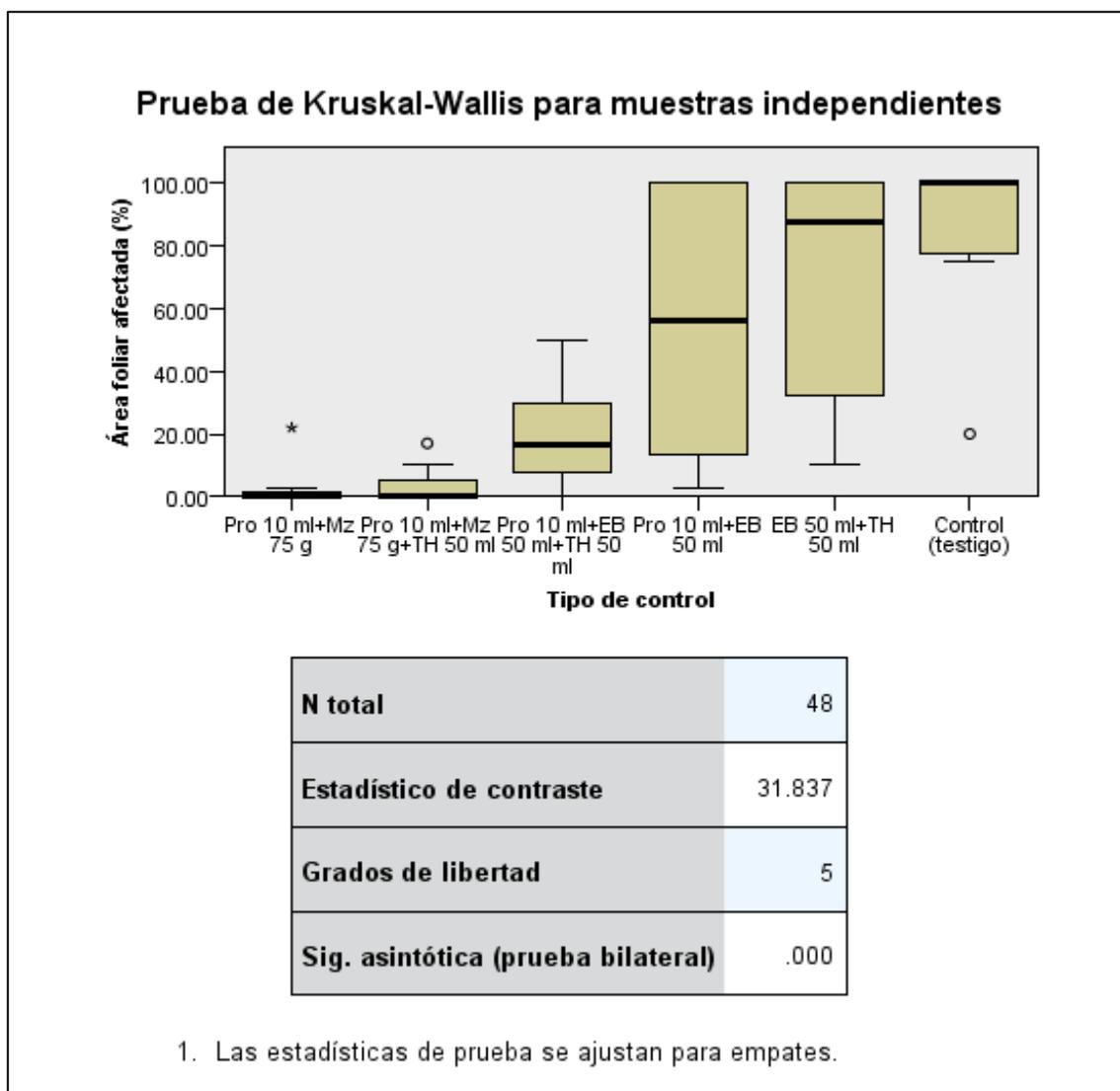
El gráfico y la tabla que acompañan la Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes ilustra el análisis de la distribución del área foliar afectada (%) en diferentes tipos de control para la semana 4 (Figura 14).

En el gráfico de caja y bigotes, se observa que los tratamientos "Pro 10 ml + Mz 75 g" y "Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml" en la última semana de evaluación también tienen las medianas más bajas de área foliar afectada, indicando una mayor efectividad en la reducción de la enfermedad, con valores cercanos al 0%. La distribución de estos tratamientos es más concentrada, lo que indica menor variabilidad en los resultados durante la última semana (S-4). Por otro lado, el tratamiento de control (testigo) presenta la mediana más alta, con un área foliar afectada cercana al 100%, lo que indica que este grupo es el menos efectivo en el control de la enfermedad.

La tabla que acompaña al gráfico proporciona detalles adicionales sobre el análisis estadístico. Con un total de 48 muestras, el estadístico de contraste es 31.837 con 5 grados de libertad, y la significancia asintótica (prueba bilateral) es .000, lo que indica que hay diferencias significativas entre los grupos. Esto confirma que al menos uno de los tratamientos difiere significativamente en su efectividad comparado con los demás.

Se concluye que, los tratamientos que incluyen "Mz" y "TH" al igual que en las anteriores semanas, presentan una alta efectividad en la reducción del área foliar afectada por la enfermedad, mientras que el tratamiento de control (testigo) muestra una efectividad significativamente menor. De esta manera, la Prueba de Kruskal-Wallis respalda la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos.

Figura 14. Prueba de Kruskal-Wallis S-4



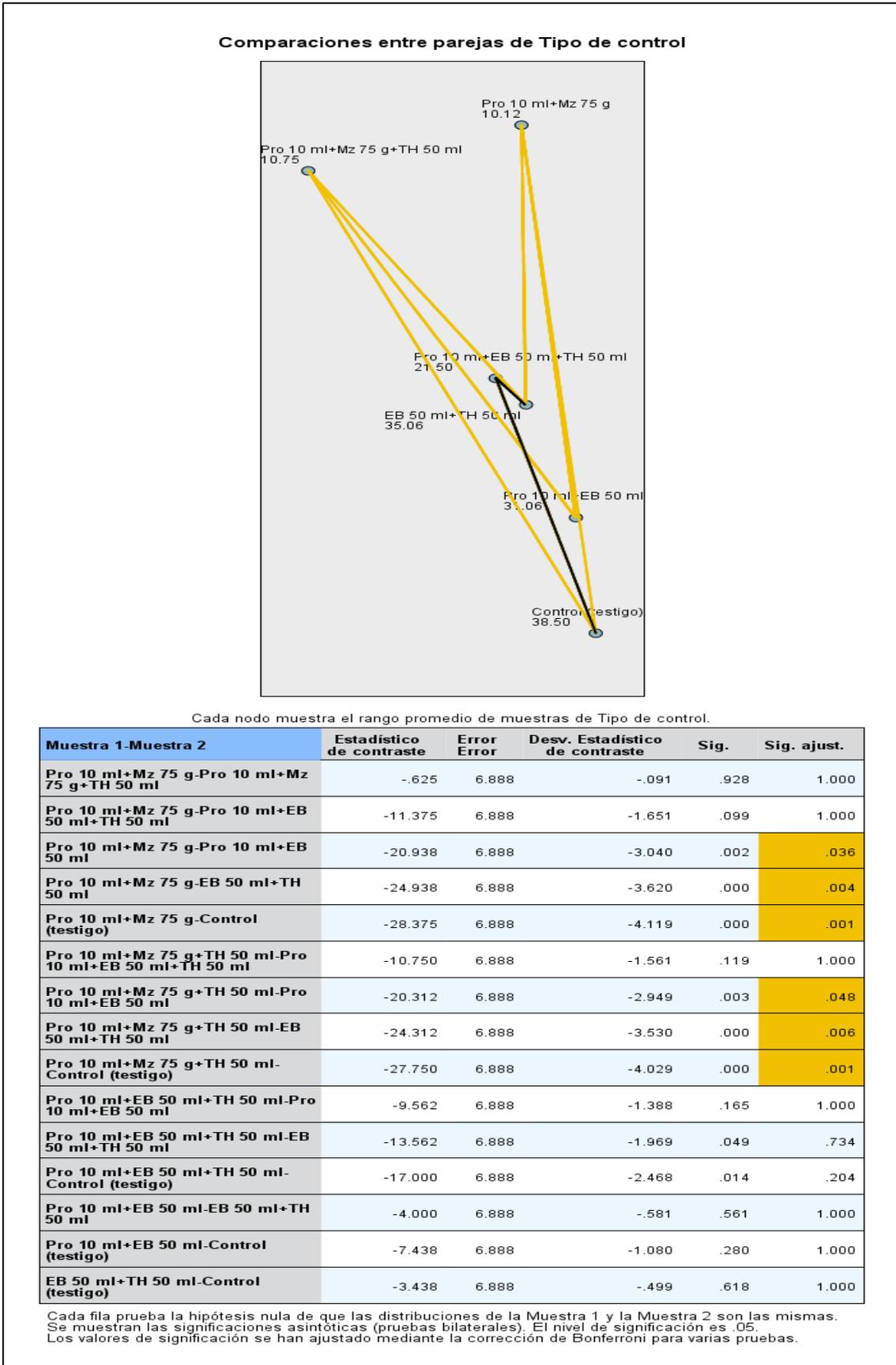
En la figura 15, se evidencian las comparaciones que involucran los tratamientos, en donde el tratamiento "Pro 10 ml + Mz 75 g" muestran diferencias significativas con otros tratamientos, especialmente con el control (testigo), lo demuestra que este tratamiento es más eficaz en la reducción del área foliar afectada por Sigatoka. Por ejemplo, la comparación entre "Pro 10 ml + Mz 75 g" y el control (testigo) presenta un estadístico de contraste de -28.375 con una significancia ajustada de .000, lo que indica una diferencia altamente significativa en favor del tratamiento.

Otras comparaciones significativas incluyen aquellas entre "Pro 10 ml + Mz 75 g" y "EB 50 ml + TH 50 ml" (significancia ajustada de .04), así como entre "Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml" y "Control (testigo)" (significancia ajustada de .001). Estos resultados

confirman que ciertos tratamientos, particularmente aquellos que combinan Mz 75 g con *Trichoderma*, siguen siendo significativamente más efectivos en el control de la Sigatoka durante la S-4.

De esta manera, el análisis estadístico de comparaciones múltiples en la semana 4, sostiene lo evaluado en la S-1, S-2, S-3 sobre la eficacia diferencial de los tratamientos en el estudio. Estos resultados refuerzan la importancia de utilizar combinaciones esta combinaciones para maximizar el control de la enfermedad en el cultivo de banano.

Figura 15. . Comparación entre pareja S-4



En la tabla 7 y figura 16, de resultados obtenidos a través de la prueba Tukey HSD, se observa una clara diferenciación en la efectividad de los tratamientos aplicados sobre el área foliar afectada de las plantas. Los datos se agrupan en tres subconjuntos, lo cual permite analizar la efectividad relativa de cada tratamiento en la mitigación de los efectos de la sigatoka sobre el cultivo.

En el primer subconjunto, se encuentran los tratamientos "Pro 10 ml + Mz 75 g" y "Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml", que presentan los valores más bajos de área foliar afectada, con 3.1250 y 3.4375, respectivamente. Estos resultados indican que estos dos tratamientos son los más efectivos en la protección contra la afectación foliar. La ausencia de diferencias significativas entre ellos sugiere que ambos tratamientos ofrecen una protección similar, siendo estos los tratamientos que más contribuyen a la preservación de la salud foliar.

El segundo subconjunto incluye al tratamiento "Pro 10 ml + EB 50 ml + TH 50 ml", con un valor promedio de área afectada de 19.7500. Este tratamiento, aunque menos efectivo que los del primer subconjunto, sigue demostrando una capacidad notable para reducir la afectación foliar en comparación con otros tratamientos. Su posición intermedia refleja una disminución en la efectividad, pero no lo suficiente como para categorizarlo como ineficaz.

Finalmente, el tercer subconjunto agrupa a los tratamientos "Pro 10 ml + EB 50 ml", "EB 50 ml + TH 50 ml" y el "Control (testigo)", con valores de área afectada de 55.2500, 68.7500 y 84.3750, respectivamente. Estos tratamientos son los menos efectivos, evidenciando una mayor área foliar afectada. En particular, el tratamiento de control presenta la mayor afectación, lo que sugiere que los tratamientos en este grupo no lograron proporcionar una protección significativa en comparación con el control.

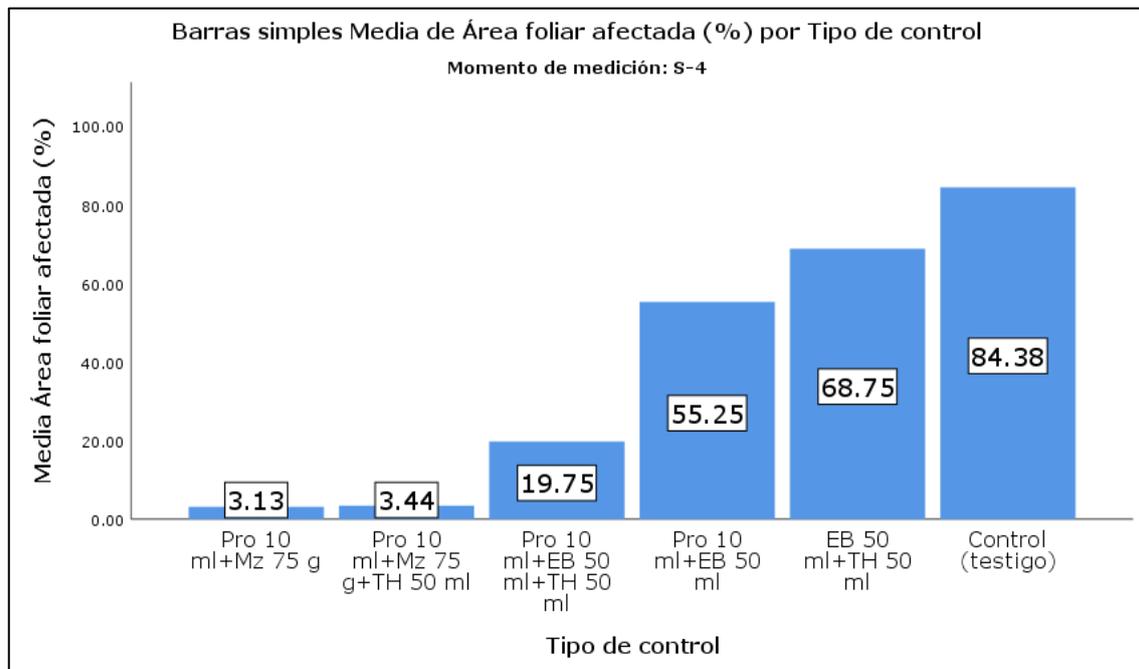
Los valores de significancia reflejan que dentro de cada subconjunto no existen diferencias estadísticas significativas en cuanto a la efectividad de los tratamientos, lo que respalda la agrupación realizada. Sin embargo, las diferencias observadas entre los subconjuntos son indicativas de la variabilidad en la eficacia de los tratamientos aplicados.

En resumen, el análisis de los resultados sugiere que los tratamientos "Pro 10 ml + Mz 75 g" y "Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml" son los más efectivos para reducir la afectación foliar, mientras que los tratamientos agrupados en el tercer subconjunto, incluidos aquellos con propiconazol y extracto botánico, son menos efectivos en la protección de las plantas. Este análisis resalta la importancia de seleccionar adecuadamente los tratamientos para maximizar la salud de las plantas y minimizar la pérdida de área foliar.

Tabla 7. Prueba Post hoc S-3

Tukey HSD^a				
Tipo de control	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Pro 10 ml+Mz 75 g	8	3.1250		
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml	8	3.4375		
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	8	19.7500	19.7500	
Pro 10 ml+EB 50 ml	8		55.2500	55.2500
EB 50 ml+TH 50 ml	8			68.7500
Control (testigo)	8			84.3750
Significance		.821	.115	.283

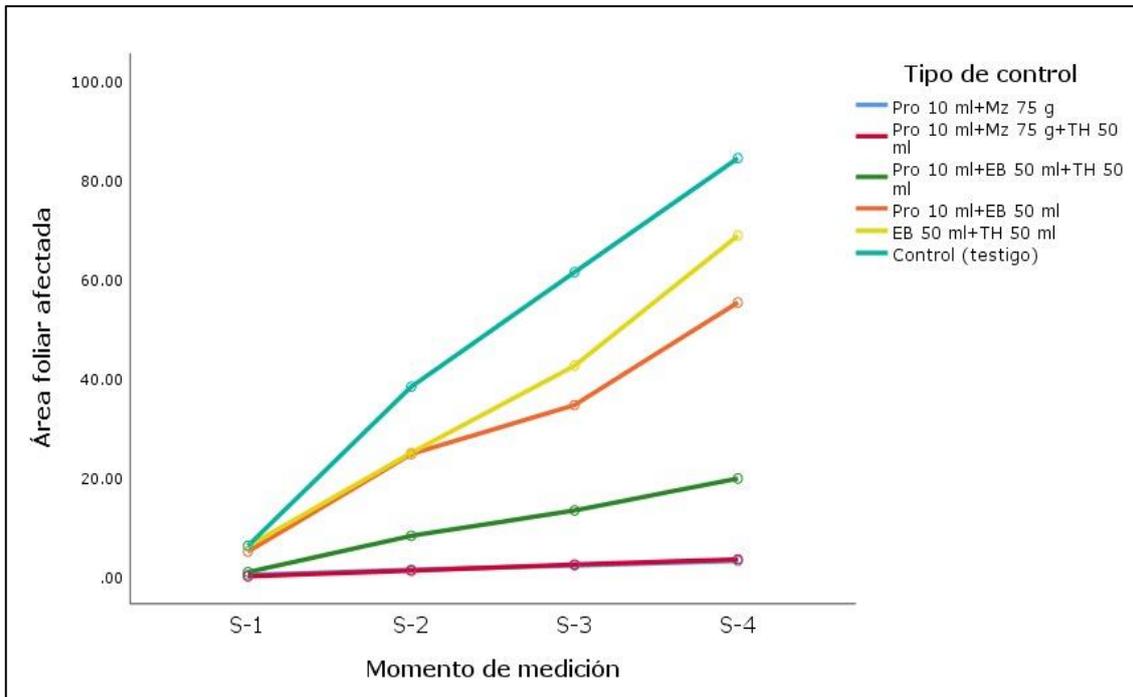
Figura 16. Prueba Post hoc S-3



La figura 17, muestra la evolución del área foliar afectada (%) a lo largo del tiempo (mediciones S-1 a S-4) de los diferentes tipos de control aplicados en el experimento de estudio. Las curvas de cada tratamiento se representan por diferentes colores, lo que permite observar cómo varía la afectación foliar en las plantas a lo largo del tiempo según el tratamiento aplicado.

1. **Pro 10 ml + Mz 75 g (Línea azul):** Este tratamiento muestra una afectación foliar mínima a lo largo del tiempo, con un incremento casi imperceptible entre S-1 y S-4. Es evidente que este tratamiento es uno de los más efectivos, ya que logra mantener el área foliar afectada en niveles extremadamente bajos durante todo el periodo de medición.
2. **Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml (Línea roja):** Similar al tratamiento anterior, esta combinación también muestra una excelente capacidad para minimizar la afectación foliar. La línea roja se mantiene cercana a la azul, lo que indica que la adición de TH 50 ml no mejora significativamente la protección más allá de lo que ofrece el Pro 10 ml + Mz 75 g por sí solo.
3. **Pro 10 ml + EB 50 ml + TH 50 ml (Línea verde):** Este tratamiento comienza con una afectación baja en S-1, pero se observa un incremento moderado en las mediciones posteriores. Aunque es más efectivo que algunos otros tratamientos, no logra mantener la afectación tan baja como las combinaciones con Mz 75 g.
4. **Pro 10 ml + EB 50 ml (Línea naranja):** La afectación foliar aumenta de manera considerable en cada medición, lo que indica una menor efectividad en comparación con los tratamientos mencionados anteriormente. Aunque ofrece cierta protección, no es tan eficaz como los tratamientos que incluyen Mz 75 g.
5. **EB 50 ml + TH 50 ml (Línea amarilla):** Este tratamiento muestra un patrón de afectación foliar similar al de Pro 10 ml + EB 50 ml, con un incremento constante a lo largo del tiempo. No obstante, la afectación es algo menor en comparación con el tratamiento naranja, lo que sugiere que la combinación de EB con TH ofrece una ligera ventaja.
6. **Control (testigo) (Línea verde agua):** Como era de esperar, el tratamiento de control (sin aplicación de productos) muestra la mayor área foliar afectada, con un crecimiento constante y pronunciado a lo largo del tiempo. Esto confirma que la ausencia de tratamiento resulta en una afectación foliar significativa, lo que subraya la necesidad de aplicar controles para minimizar el daño en las plantas.

Figura 17. Medición semanal variable área foliar afectada



5.2. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad

La tabla 8 presenta un análisis de los valores de AUDPC (%) (Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad) en diferentes momentos de medición (S-1, S-2, S-3 y S-4) para varios tipos de control utilizados en un experimento, cada uno con 4 réplicas (N=4). Los tratamientos incluyen combinaciones de productos ("Pro", "Mz", "TH", "EB") y un control testigo sin tratamiento. Para cada momento de medición, se presentan los valores medios y medianos de AUDPC, que indican la gravedad acumulada de la enfermedad en las plantas a lo largo del tiempo.

En el momento de medición S-1, los valores de Área Bajo La Curva Del Progreso De La Enfermedad son bajos en todos los tratamientos, con el control testigo presentando un valor medio de 6.1875, que es ligeramente superior al de los demás tratamientos, como "Pro 10 ml+Mz 75 g" que tiene un valor mucho menor de 0.3125. Esto sugiere que en este punto temprano, los tratamientos están siendo efectivos en reducir la severidad de la enfermedad en comparación con el control.

A medida que avanza el tiempo, en el momento S-2, se observa un aumento en los valores de Área Bajo La Curva Del Progreso De La Enfermedad, especialmente en el control

testigo (38.2500), lo que indica un empeoramiento de la enfermedad. Los tratamientos que incluyen "Pro" combinados con "Mz" y "TH" mantienen valores bajos, lo que sugiere que son más efectivos en la contención de la enfermedad. Sin embargo, el tratamiento "Pro 10 ml+EB 50 ml" y "EB 50 ml+TH 50 ml" muestran un incremento notable en Area Bajo La Curva Del Progreso De La Enfermedad (24.6875 y 24.9375, respectivamente), acercándose al nivel del control, indicando una menor eficacia en esta etapa.

En el momento de medición S-3, esta tendencia se acentúa. El control testigo alcanza un Área Bajo La Curva Del Progreso De La Enfermedad medio de 61.3750, y tratamientos como "EB 50 ml+TH 50 ml" y "Pro 10 ml+EB 50 ml" continúan mostrando altos niveles de Área Bajo La Curva Del Progreso De La Enfermedad (40.0000 y 34.5625, respectivamente), mientras que los tratamientos con "Pro" y "Mz" o "TH" siguen manteniéndose más bajos, aunque con incrementos respecto a S-2.

Finalmente, en el momento S-4, se observan las mayores diferencias. El control testigo llega a un Área Bajo La Curva Del Progreso De La Enfermedad medio de 84.3750, y los tratamientos "EB 50 ml+TH 50 ml" y "Pro 10 ml+EB 50 ml" también presentan valores altos (68.7500 y 55.2500, respectivamente). En contraste, los tratamientos "Pro 10 ml+Mz 75 g" y "Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml" mantienen valores significativamente más bajos (3.1250 y 3.4375, respectivamente), sugiriendo que estos tratamientos son los más efectivos a largo plazo en la reducción de la severidad de la enfermedad.

Los resultados sugieren que los tratamientos combinados que incluyen "Pro", "Mz", y "TH" son consistentemente más efectivos en limitar el progreso de la enfermedad, en comparación con los tratamientos que incluyen "EB", especialmente en las etapas avanzadas del experimento. El control testigo, que no recibió tratamiento, muestra la mayor severidad de la enfermedad a lo largo del tiempo, confirmando la eficacia de los tratamientos aplicados.

Tabla 8 Report de área bajo la curva del progreso de la enfermedad

Report				
AUDPC (%)				
Momento de medición	Tipo de control	N	Mean	Median
S-1	Pro 10 ml+Mz 75 g	4	.3125	.0000
	Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml	4	.0250	.0250
	Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	4	1.0000	1.0000

	Pro 10 ml+EB 50 ml	4	5.0000	5.8750
	EB 50 ml+TH 50 ml	4	6.0625	5.7500
	Control (testigo)	4	6.1875	5.7500
	Total	24	3.0979	1.2500
S-2	Pro 10 ml+Mz 75 g	4	1.3750	.0000
	Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml	4	1.1625	.0750
	Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	4	8.1875	6.6250
	Pro 10 ml+EB 50 ml	4	24.6875	24.3750
	EB 50 ml+TH 50 ml	4	24.9375	26.5000
	Control (testigo)	4	38.2500	37.2500
	Total	24	16.4333	11.1250
S-3	Pro 10 ml+Mz 75 g	4	2.1875	.0000
	Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml	4	2.4125	.0750
	Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	4	13.3125	10.0000
	Pro 10 ml+EB 50 ml	4	34.5625	34.6250
	EB 50 ml+TH 50 ml	4	40.0000	44.2500
	Control (testigo)	4	61.3750	66.7500
	Total	24	25.6417	15.2500
S-4	Pro 10 ml+Mz 75 g	4	3.1250	.0000
	Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml	4	3.4375	.1250
	Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	4	19.5000	17.7500
	Pro 10 ml+EB 50 ml	4	55.2500	56.7500
	EB 50 ml+TH 50 ml	4	68.7500	78.7500
	Control (testigo)	4	84.3750	93.7500
	Total	24	39.0729	27.0000

La figura 18 presenta un resumen de una prueba de hipótesis, específicamente la prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes, utilizada para comparar la distribución del Área Bajo La Curva Del Progreso De La Enfermedad (%) entre diferentes categorías de tipos de control. La hipótesis nula (H_0) establece que no hay diferencias significativas en la distribución del área Bajo La Curva Del Progreso De La Enfermedad entre los tipos de control evaluados. Sin embargo, el valor de significancia obtenido es 0.006, que es menor al nivel de significancia estándar de 0.05. Este resultado indica que existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula. En otras palabras, se concluye que la distribución del área Bajo La Curva Del Progreso De La Enfermedad (%) no es la misma entre los diferentes tipos de control, sugiriendo que al menos uno de los tratamientos tiene un efecto significativamente diferente en el progreso de la enfermedad en comparación con los otros. Esto apoya la idea de que los tratamientos evaluados no son igualmente efectivos en la reducción de la severidad de la enfermedad.

Figura 18 Prueba no paramétrica S-1

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de AUDPC (%) es la misma entre las categorías de Tipo de control.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.006	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05

La figura 19 presentada muestra un análisis de comparaciones pareadas entre diferentes tipos de control, con el fin de evaluar si existen diferencias significativas en las distribuciones de las muestras. En el gráfico central, se representan los rangos promedios de las muestras, donde cada nodo indica un valor medio para una combinación específica de tratamientos. Por ejemplo, el tratamiento "Pro 10 ml+EB 50 ml" tiene un rango promedio de 18.38, mientras que el tratamiento de control (testigo) tiene un valor de 17.62. Los diferentes nodos están conectados, lo que refleja las comparaciones directas entre estos tratamientos.

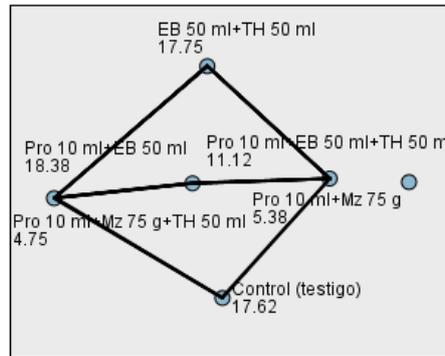
En la tabla inferior, se detallan las comparaciones entre las muestras, especificando las diferencias en los rangos promedios y si estas diferencias son estadísticamente significativas. La columna "Estadístico de contraste" muestra el valor del estadístico utilizado para probar las diferencias entre las muestras, mientras que la columna "Sig." indica la significancia estadística cruda, y "Sig. ajust." refleja los valores ajustados tras la corrección de Bonferroni, utilizada para controlar el error tipo I cuando se realizan múltiples pruebas. Algunas comparaciones, como la de "Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml" frente al control, muestran un valor significativo antes del ajuste ($p = .014$), lo que indica una diferencia en las distribuciones, pero al aplicar la corrección de Bonferroni, el valor ajustado no es significativo ($p = .206$), lo que sugiere que la diferencia podría no ser robusta. Otros tratamientos, como la comparación entre "Control" y "EB 50 ml+TH 50 ml", no presentan diferencias significativas en ningún nivel.

El análisis sugiere que, aunque existen algunas diferencias entre los tratamientos antes del ajuste, tras aplicar las correcciones necesarias, las diferencias no resultan ser estadísticamente significativas en la mayoría de los casos, indicando que los tratamientos

comparados no varían sustancialmente en términos de su efecto sobre el rango promedio de las muestras.

Figura 19. Comparación entre pareja S-1

Comparaciones entre parejas de Tipo de control



Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de Tipo de control.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Pro 10 ml+Mz 75 g	.625	4.971	.126	.900	1.000
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	-6.375	4.971	-1.283	.200	1.000
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Control (testigo)	-12.875	4.971	-2.590	.010	.144
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-EB 50 ml+TH 50 ml	-13.000	4.971	-2.615	.009	.134
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml	-13.625	4.971	-2.741	.006	.092
Pro 10 ml+Mz 75 g-Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	-5.750	4.971	-1.157	.247	1.000
Pro 10 ml+Mz 75 g-Control (testigo)	-12.250	4.971	-2.465	.014	.206
Pro 10 ml+Mz 75 g-EB 50 ml+TH 50 ml	-12.375	4.971	-2.490	.013	.192
Pro 10 ml+Mz 75 g-Pro 10 ml+EB 50 ml	-13.000	4.971	-2.615	.009	.134
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml-Control (testigo)	-6.500	4.971	-1.308	.191	1.000
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml-EB 50 ml+TH 50 ml	-6.625	4.971	-1.333	.183	1.000
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml	-7.250	4.971	-1.459	.145	1.000
Control (testigo)-EB 50 ml+TH 50 ml	.125	4.971	.025	.980	1.000
Control (testigo)-Pro 10 ml+EB 50 ml	.750	4.971	.151	.880	1.000
EB 50 ml+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml	.625	4.971	.126	.900	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es .05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

La tabla 9 de Tukey HSD presentada nos permite comparar las medias de diferentes tratamientos y determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre ellos. En este caso, se están comparando distintos tratamientos en un experimento, posiblemente relacionado con algún tipo de cultivo o proceso biológico, dado que se mencionan elementos como "Pro 10 ml", "Mz 75 g", "TH 50 ml" y "EB 50 ml" que podrían aludir a diferentes productos o condiciones experimentales.

Los tratamientos se agrupan en subconjuntos. Los tratamientos que comparten el mismo subconjunto no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí a un nivel de confianza del 95% (dado que $\alpha = 0.05$). Por ejemplo, "Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml" y "Pro 10 ml + Mz 75 g" pertenecen al mismo subconjunto, lo que indica que la adición de TH 50 ml no produce un efecto significativo en la variable de respuesta. Los tratamientos que se encuentran en diferentes subconjuntos presentan diferencias estadísticamente significativas. Por ejemplo, "Pro 10 ml + EB 50 ml" y "EB 50 ml + TH 50 ml" están en subconjuntos distintos, lo que sugiere que la adición de Pro 10 ml tiene un efecto significativo en la variable de respuesta. Valor de significancia: El valor de significancia general (0.076) indica que, si bien no se rechaza la hipótesis nula global (no existen diferencias entre todos los tratamientos), algunas comparaciones individuales sí muestran diferencias significativas, como se evidencia en la formación de los subconjuntos.

La tabla de Tukey HSD nos muestra que, aunque algunos tratamientos no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, otros sí las presentan. Es importante destacar que la interpretación de estos resultados debe realizarse considerando el contexto específico del experimento y la naturaleza de las variables involucradas. Se recomienda complementar este análisis con una visualización gráfica de los datos (por ejemplo, un gráfico de medias con intervalos de confianza) para facilitar la comprensión de los resultados.

Tabla 9 Prueba Post hoc S-1

Momento de medición=S-1		
Tukey HSD ^a		
Tipo de control	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml	4	.0250
Pro 10 ml+Mz 75 g	4	.3125
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	4	1.0000
Pro 10 ml+EB 50 ml	4	5.0000
EB 50 ml+TH 50 ml	4	6.0625
Control (testigo)	4	6.1875
Significance		.076
Means are displayed ...		
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000		

La figura 20 muestra un resumen de una prueba de hipótesis donde se evaluó la distribución del AUDPC (%) entre diferentes categorías del tipo de control utilizando la prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes. El resultado obtenido muestra un valor de significación (p-valor) de 0.002, que es menor que el nivel de significancia establecido en 0.05. Dado este resultado, se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que existen diferencias significativas en la distribución del AUDPC (%) entre las distintas categorías del tipo de control evaluadas en el estudio. Esto sugiere que el tipo de control tiene un impacto significativo en el manejo de la enfermedad, afectando de manera distinta el AUDPC (%) según la categoría utilizada.

Figura 20 Prueba no paramétrica S-2

Resumen de prueba de hipótesis			
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.
1	La distribución de AUDPC (%) es la misma entre las categorías de Tipo de control.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.002
			Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05

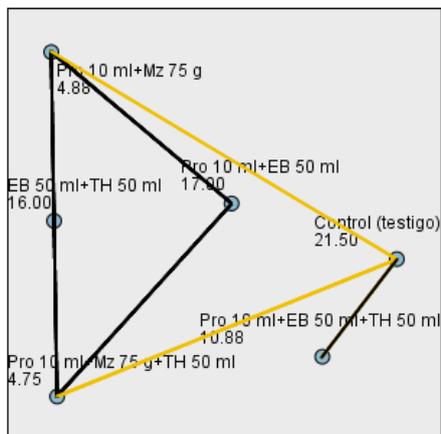
La figura 21 presenta una comparación entre pares de tipos de control en términos del rango promedio de sus muestras. El gráfico muestra nodos que representan estos rangos

y las conexiones entre ellos indican las comparaciones realizadas. En la tabla inferior, se detallan los resultados de estas comparaciones, donde se prueban las hipótesis nulas que plantean que las distribuciones de cada par de muestras son iguales. Los valores presentados incluyen el estadístico de contraste, el error estándar, la desviación estándar del contraste, y la significación (Sig.), tanto cruda como ajustada mediante la corrección de Bonferroni, que se utiliza para manejar el problema de comparaciones múltiples y reducir la probabilidad de obtener resultados falsos positivos. Las comparaciones con significación estadística después del ajuste de Bonferroni están destacadas en amarillo. Por ejemplo, la comparación entre "Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml" y "Control (testigo)" muestra un valor ajustado de significación de 0.011, lo que indica una diferencia significativa entre estos dos tratamientos, después de ajustar por múltiples comparaciones. Asimismo, la comparación entre "Pro 10 ml+Mz 75 g" y "Control (testigo)" también es significativa, con un valor de significación ajustado de 0.013. Esto sugiere que estos tratamientos difieren significativamente en su efecto sobre la variable estudiada, mientras que otras comparaciones, aunque presentan valores de significación crudos menores a 0.05, no son significativas después del ajuste, indicando que las diferencias observadas pueden ser debidas al azar.

El análisis muestra que hay diferencias significativas entre algunos tipos de control y el control testigo, lo que sugiere que estos tratamientos específicos son más efectivos o tienen un impacto diferente en la variable de interés. Las comparaciones que no alcanzan significación ajustada sugieren que no hay suficiente evidencia para afirmar que esas diferencias sean reales y no producto de variabilidad aleatoria.

Figura 21 Comparación entre pareja S-2

Comparaciones entre parejas de Tipo de control



Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de Tipo de control.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Pro 10 ml+Mz 75 g	.125	4.977	.025	.980	1.000
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	-6.125	4.977	-1.231	.218	1.000
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-EB 50 ml+TH 50 ml	-11.250	4.977	-2.260	.024	.357
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml	-12.250	4.977	-2.461	.014	.208
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Control (testigo)	-16.750	4.977	-3.365	.001	.011
Pro 10 ml+Mz 75 g-Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	-6.000	4.977	-1.206	.228	1.000
Pro 10 ml+Mz 75 g-EB 50 ml+TH 50 ml	-11.125	4.977	-2.235	.025	.381
Pro 10 ml+Mz 75 g-Pro 10 ml+EB 50 ml	-12.125	4.977	-2.436	.015	.223
Pro 10 ml+Mz 75 g-Control (testigo)	-16.625	4.977	-3.340	.001	.013
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml-EB 50 ml+TH 50 ml	-5.125	4.977	-1.030	.303	1.000
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml	-6.125	4.977	-1.231	.218	1.000
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml-Control (testigo)	-10.625	4.977	-2.135	.033	.492
EB 50 ml+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml	1.000	4.977	.201	.841	1.000
EB 50 ml+TH 50 ml-Control (testigo)	-5.500	4.977	-1.105	.269	1.000
Pro 10 ml+EB 50 ml-Control (testigo)	-4.500	4.977	-.904	.366	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es .05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

La tabla 10 muestra los resultados de un análisis estadístico llamado Tukey HSD, que se utiliza para comparar las medias de diferentes grupos. En este caso, se están comparando las medias de diferentes tratamientos en un experimento agrícola.

El momento de medición es S-2, lo que sugiere que se tomaron medidas después de algún tipo de tratamiento o intervención. Los tratamientos incluyen diferentes combinaciones de productos químicos o sustancias, como Pro 10 ml, Mz 75 g, EB 50 ml y TH 50 ml.

La tabla muestra que los tratamientos con Pro 10 ml + Mz 75 g y Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml tienen medias significativamente menores que el control (testigo), lo que sugiere que estos tratamientos tienen un efecto positivo en la variable medida (posiblemente la retención de agua en el suelo). Por otro lado, los tratamientos con EB 50 ml + TH 50 ml y el control tienen medias significativamente mayores, lo que sugiere un efecto negativo o nulo. La significancia de los resultados se muestra en la columna "Significance", donde valores menores a 0.05 indican una diferencia significativa entre las medias. En este caso, solo algunos de los tratamientos muestran diferencias significativas con respecto al control.

En general, la tabla sugiere que ciertas combinaciones de tratamientos pueden ser efectivas para mejorar la retención de agua en el suelo en cultivos de banano, mientras que otros tratamientos pueden no tener un efecto significativo.

Tabla 10. Prueba Post hoc S-2

Momento de medición=S-2				
Tukey HSD ^a				
Tipo de control	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml	4	1.1625		
Pro 10 ml+Mz 75 g	4	1.3750		
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	4	8.1875	8.1875	
Pro 10 ml+EB 50 ml	4		24.6875	24.6875
EB 50 ml+TH 50 ml	4		24.9375	24.9375
Control (testigo)	4			38.2500
Significance		.834	.094	.242
Means are displayed ...				
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000				

La figura 22 presenta un resumen de una prueba de hipótesis relacionada con la distribución del área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (%), que se comparó entre diferentes categorías de un "Tipo de control". La hipótesis nula establece que la distribución del área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad es la misma entre estas categorías. Para evaluar esta hipótesis, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes, que es una prueba no paramétrica utilizada cuando no se cumplen los supuestos de normalidad.

En la tabla, el valor de significancia (Sig.) obtenido es .002, lo que es inferior al nivel de significancia comúnmente aceptado de .05. Debido a este resultado, la decisión es rechazar la hipótesis nula. Esto implica que existe una diferencia estadísticamente significativa en la distribución del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (%) entre las distintas categorías del "Tipo de control", sugiriendo que no todas las categorías tienen la misma distribución de Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad.

La prueba indica que hay evidencia suficiente para concluir que las categorías del "Tipo de control" afectan de manera diferente la distribución del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad, y por lo tanto, no se puede asumir que las distribuciones son equivalentes entre las categorías comparadas.

Figura 22 Prueba no paramétrica S-3

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de AUDPC (%) es la misma entre las categorías de Tipo de control.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.002	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05

La figura 23 muestra las comparaciones entre pares de distintos tipos de control, utilizando rangos promedio para evaluar las diferencias en la distribución del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (%). El gráfico y la tabla presentan tanto las diferencias entre las muestras como los valores de significancia estadística asociados. Cada línea en el gráfico representa una comparación entre dos tratamientos, y las líneas

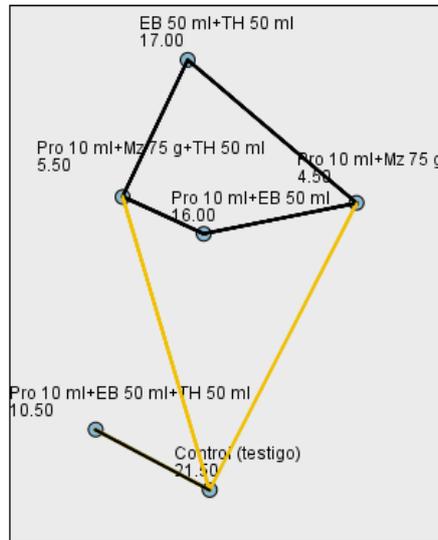
de color amarillo indican comparaciones donde se ha encontrado una diferencia significativa después de realizar ajustes por múltiples comparaciones. En la tabla se muestran los pares de muestras comparadas, el estadístico de contraste y sus errores asociados, así como los valores de significancia antes y después del ajuste por la corrección de Bonferroni. Esta corrección es esencial para reducir el riesgo de obtener resultados falsamente significativos debido a la realización de múltiples pruebas estadísticas.

Observamos que la comparación entre "Pro 10 ml + Mz 75 g" y "Control (testigo)" es estadísticamente significativa tanto antes como después del ajuste (Sig. ajust. = 0.010), lo que sugiere una diferencia considerable en la distribución del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad entre estos dos tratamientos. Además, otra comparación significativa es entre "Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml" y "Control (testigo)", con un valor de significancia ajustado de 0.020. Estas diferencias indican que los tratamientos que incluyen "Mz 75 g" junto con otros componentes generan una respuesta diferente en comparación con el tratamiento control, lo cual es estadísticamente relevante. Por otro lado, muchas de las comparaciones no muestran diferencias significativas tras el ajuste por Bonferroni, lo que sugiere que las diferencias observadas antes del ajuste podrían ser producto de la variabilidad aleatoria y no representan un efecto real. Esto resalta la importancia de la corrección en pruebas múltiples para evitar conclusiones erróneas.

Los resultados sugieren que ciertos tratamientos, particularmente aquellos que incluyen "Mz 75 g" y el tratamiento control, difieren significativamente en su efecto sobre la distribución del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad. Sin embargo, es crucial interpretar estos resultados considerando el ajuste por múltiples comparaciones, ya que no todas las diferencias iniciales resultaron ser estadísticamente significativas tras dicho ajuste.

Figura 23 Comparación entre pareja S-3

Comparaciones entre parejas de Tipo de control



Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de Tipo de control.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Pro 10 ml+Mz 75 g-Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml	-1.000	4.978	-.201	.841	1.000
Pro 10 ml+Mz 75 g-Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	-6.000	4.978	-1.205	.228	1.000
Pro 10 ml+Mz 75 g-Pro 10 ml+EB 50 ml	-11.500	4.978	-2.310	.021	.313
Pro 10 ml+Mz 75 g-EB 50 ml+TH 50 ml	-12.500	4.978	-2.511	.012	.181
Pro 10 ml+Mz 75 g-Control (testigo)	-17.000	4.978	-3.415	.001	.010
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	-5.000	4.978	-1.004	.315	1.000
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml	-10.500	4.978	-2.109	.035	.524
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-EB 50 ml+TH 50 ml	-11.500	4.978	-2.310	.021	.313
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Control (testigo)	-16.000	4.978	-3.214	.001	.020
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml	-5.500	4.978	-1.105	.269	1.000
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml-EB 50 ml+TH 50 ml	-6.500	4.978	-1.306	.192	1.000
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml-Control (testigo)	-11.000	4.978	-2.210	.027	.407
Pro 10 ml+EB 50 ml-EB 50 ml+TH 50 ml	-1.000	4.978	-.201	.841	1.000
Pro 10 ml+EB 50 ml-Control (testigo)	-5.500	4.978	-1.105	.269	1.000
EB 50 ml+TH 50 ml-Control (testigo)	-4.500	4.978	-.904	.366	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es .05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

La tabla 11 muestra los resultados de un análisis estadístico llamado Tukey HSD, realizado en el momento de medición S-3, que compara las medias de diferentes grupos en un experimento agrícola. Los tratamientos incluyen combinaciones de productos químicos o sustancias como Pro 10 ml, Mz 75 g, EB 50 ml y TH 50 ml.

Los resultados indican que los tratamientos Pro 10 ml + Mz 75 g y Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml tienen medias significativamente menores que el control, lo que sugiere un efecto positivo en la variable medida, posiblemente la retención de agua en el suelo. Por otro lado, los tratamientos con EB 50 ml + TH 50 ml y el control tienen medias significativamente mayores, lo que sugiere un efecto negativo o nulo.

La significancia de los resultados se muestra en la columna "Significance", donde valores menores a 0.05 indican una diferencia significativa entre las medias. En este caso, solo algunos de los tratamientos muestran diferencias significativas con respecto al control. En general, la tabla sugiere que ciertas combinaciones de tratamientos pueden ser efectivas para mejorar la retención de agua en el suelo en cultivos de banano, mientras que otros tratamientos pueden no tener un efecto significativo.

Tabla 11 Prueba Post hoc S-3

Momento de medición=S-3				
Tukey HSD ^a				
Tipo de control	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Pro 10 ml+Mz 75 g	4	2.1875		
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml	4	2.4125		
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	4	13.3125	13.3125	
Pro 10 ml+EB 50 ml	4		34.5625	34.5625
EB 50 ml+TH 50 ml	4		40.0000	40.0000
Control (testigo)	4			61.3750
Significance		.872	.134	.131
Means are displayed ...				
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000				

La figura 24 presenta un resumen de una prueba de hipótesis realizada para evaluar si la distribución del Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad) es la misma entre diferentes categorías de "Tipo de control". Se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes, que es una

prueba no paramétrica utilizada cuando no se puede asumir que los datos siguen una distribución normal.

El resultado clave de la prueba es el valor de significancia (Sig.) de .002, que es considerablemente menor que el umbral de significancia convencional de .05. Este valor indica que la probabilidad de que las diferencias observadas sean producto del azar es muy baja. Como consecuencia, la decisión tomada es rechazar la hipótesis nula.

Rechazar la hipótesis nula significa que existe evidencia suficiente para concluir que la distribución del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (%) difiere significativamente entre las diferentes categorías de "Tipo de control". Esto sugiere que los tratamientos o métodos dentro de estas categorías tienen efectos distintos en la progresión de la enfermedad, reflejados en las diferencias en los valores de Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad.

Los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis indican que las distintas categorías de "Tipo de control" no comparten la misma distribución de Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad, lo que podría implicar que algunos tratamientos son más efectivos que otros en la reducción del progreso de la enfermedad. Esta información es crucial para la toma de decisiones en el manejo y control de la enfermedad evaluada.

Figura 24 Prueba no paramétrica S-4

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de AUDPC (%) es la misma entre las categorías de Tipo de control.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.002	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05

La figura 25 presenta un análisis estadístico de las diferencias entre diversos tratamientos o "tipos de control" en un experimento. Cada nodo en el gráfico representa el promedio de un tratamiento específico, y las líneas conectan pares de tratamientos para comparar sus resultados. Los datos numéricos en la tabla inferior proporcionan detalles estadísticos sobre estas comparaciones.

El objetivo principal del análisis parece ser determinar si existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. Para ello, se han realizado múltiples pruebas estadísticas, cuyos resultados se muestran en las columnas "Sig." y "Sig. ajust.". Estos valores indican la probabilidad de obtener una diferencia tan grande o mayor entre los tratamientos si, en realidad, no hay ninguna diferencia real entre ellos.

Un valor de "Sig." menor a 0.05 generalmente se considera estadísticamente significativo, lo que sugiere que la diferencia observada entre los dos tratamientos es poco probable que se deba al azar. Sin embargo, dado que se han realizado muchas pruebas, se ha aplicado una corrección de Bonferroni para ajustar los valores de significación y controlar la tasa de falsos positivos.

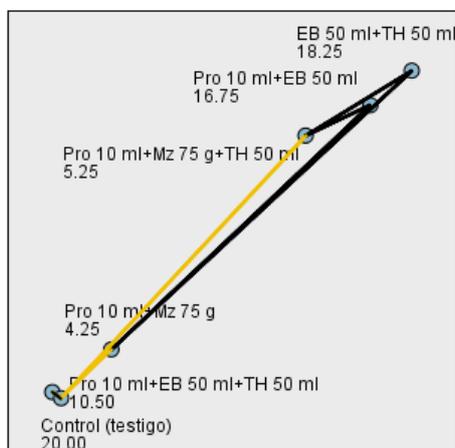
Al examinar los resultados, se observa que algunas comparaciones muestran diferencias estadísticamente significativas tras la corrección de Bonferroni. Por ejemplo, la comparación entre "Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml" y el "Control (testigo)" presenta un valor de "Sig. ajust." de 0.045, lo que sugiere que el tratamiento "Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml" tiene un efecto significativamente diferente al del control.

Sin embargo, la mayoría de las comparaciones no muestran diferencias significativas. Esto podría indicar que muchos de los tratamientos estudiados tienen efectos similares o que el tamaño de la muestra no era suficiente para detectar diferencias más pequeñas.

El análisis estadístico sugiere que algunos de los tratamientos estudiados tienen efectos diferentes entre sí, pero se requieren más investigaciones para determinar la magnitud y la importancia práctica de estas diferencias.

Figura 25 Comparación entre pareja S-4

Comparaciones entre parejas de Tipo de control



Cada nodo muestra el rango promedio de muestras de Tipo de control.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Pro 10 ml+Mz 75 g-Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml	-1.000	4.967	-.201	.840	1.000
Pro 10 ml+Mz 75 g-Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	-6.250	4.967	-1.258	.208	1.000
Pro 10 ml+Mz 75 g-Pro 10 ml+EB 50 ml	-12.500	4.967	-2.516	.012	.178
Pro 10 ml+Mz 75 g-EB 50 ml+TH 50 ml	-14.000	4.967	-2.818	.005	.072
Pro 10 ml+Mz 75 g-Control (testigo)	-15.750	4.967	-3.171	.002	.023
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	-5.250	4.967	-1.057	.291	1.000
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml	-11.500	4.967	-2.315	.021	.309
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-EB 50 ml+TH 50 ml	-13.000	4.967	-2.617	.009	.133
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml-Control (testigo)	-14.750	4.967	-2.969	.003	.045
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml-Pro 10 ml+EB 50 ml	-6.250	4.967	-1.258	.208	1.000
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml-EB 50 ml+TH 50 ml	-7.750	4.967	-1.560	.119	1.000
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml-Control (testigo)	-9.500	4.967	-1.913	.056	.837
Pro 10 ml+EB 50 ml-EB 50 ml+TH 50 ml	-1.500	4.967	-.302	.763	1.000
Pro 10 ml+EB 50 ml-Control (testigo)	-3.250	4.967	-.654	.513	1.000
EB 50 ml+TH 50 ml-Control (testigo)	-1.750	4.967	-.352	.725	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es .05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

La tabla 12 muestra los resultados del análisis estadístico Tukey HSD en el momento de medición S-4, donde se comparan las medias de diferentes tratamientos en un experimento agrícola. Los tratamientos incluyen combinaciones de productos químicos o sustancias como Pro 10 ml, Mz 75 g, EB 50 ml y TH 50 ml.

En general, se observa que los tratamientos que incluyen Pro 10 ml + Mz 75 g y Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml tienen medias significativamente menores que el control, lo que sugiere un efecto positivo en la variable medida, posiblemente la retención de agua en el suelo. Por otro lado, los tratamientos que incluyen EB 50 ml + TH 50 ml y el control tienen medias significativamente mayores, lo que sugiere un efecto negativo o nulo.

Es importante destacar que, en este momento de medición, las diferencias entre los tratamientos y el control son más pronunciadas que en momentos anteriores, lo que sugiere que los efectos de los tratamientos se vuelven más evidentes con el tiempo. Además, la significancia de los resultados indica que solo algunos de los tratamientos muestran diferencias significativas con respecto al control, lo que sugiere que solo ciertas combinaciones de tratamientos son efectivas para mejorar la retención de agua en el suelo en cultivos de banano.

Tabla 12 Prueba Post hoc S-4

Momento de medición=S-4				
Tukey HSD ^a				
Tipo de control	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Pro 10 ml+Mz 75 g	4	3.1250		
Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml	4	3.4375		
Pro 10 ml+EB 50 ml+TH 50 ml	4	19.5000	19.5000	
Pro 10 ml+EB 50 ml	4		55.2500	55.2500
EB 50 ml+TH 50 ml	4			68.7500
Control (testigo)	4			84.3750
Significance		.868	.195	.387
Means are displayed ...				
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000				

La figura 26 presenta la evolución de un indicador denominado Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (%) a lo largo de cuatro momentos de medición (S-1, S-2, S-

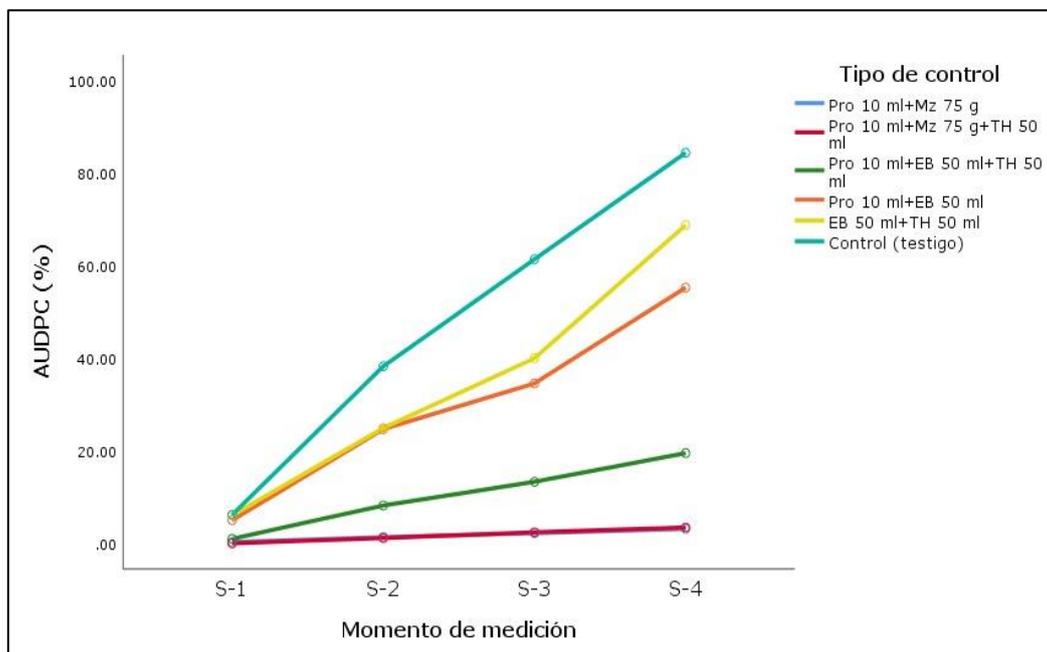
3, S-4) para diferentes "tipos de control". Cada línea representa un tipo de control específico, y los puntos en cada línea indican el valor de Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad en cada momento de medición.

En general, se observa un incremento en el valor de Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad a medida que avanzan los momentos de medición para todos los tipos de control. Esto sugiere que el proceso o fenómeno medido por Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad tiende a aumentar con el tiempo, independientemente del tratamiento aplicado.

Algunos tipos de control muestran un aumento más pronunciado en el valor de Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad que otros. Por ejemplo, la línea correspondiente a "Pro 10 ml+Mz 75 g+TH 50 ml" presenta una pendiente más pronunciada, lo que indica un aumento más rápido en comparación con otros tratamientos. Otros tipos de control muestran un aumento más gradual o incluso una estabilización del valor de Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad a partir de cierto momento de medición. Por ejemplo, la línea correspondiente al "Control (testigo)" muestra un aumento más lento y se estabiliza en valores más bajos en comparación con otros tratamientos.

Estas diferencias sugieren que los diferentes tipos de control tienen un impacto distinto en la evolución del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad. Algunos tratamientos parecen acelerar el aumento de este indicador, mientras que otros tienen un efecto más moderado o incluso lo inhiben.

Figura 26 Medición semanal variable Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad.



6. DISCUSION

Los resultados obtenidos proporcionan una visión amplia sobre el impacto de *Trichoderma* y extracto botánico en el control de Sigatoka negra en *Musa spp.* en cada uno de los tratamientos evaluados. En el análisis de datos, se observó que los tratamientos que incluyeron *Trichoderma* y extractos botánicos presentaron una reducción significativa en el porcentaje de área foliar afectada y el Área Bajo la Curva de Progresión de la Enfermedad (AUDCP). Estos resultados coinciden con investigaciones previas que destacan el potencial de los agentes biológicos y los extractos naturales en la gestión de enfermedades de cultivos.

En la discusión de los resultados obtenidos en el estudio, se observa que el análisis estadístico mediante la prueba de Kruskal-Wallis ha demostrado diferencias significativas en la efectividad de los tratamientos aplicados para el control de la Sigatoka en *Musa spp.* La significancia estadística ($p < 0.05$) encontrada refuerza la hipótesis de que algunos tratamientos tienen un impacto notablemente mayor en la reducción del área foliar afectada en comparación con otros

En particular, los tratamientos "Pro 10 ml + Mz 75 g" y "Pro 10 ml + Mz 75 g + TH 50 ml" han mostrado ser los más efectivos, presentando medianas cercanas a cero en la distribución del porcentaje de área foliar afectada. Estos resultados sugieren que la combinación de los componentes "Pro" y "Mz" proporciona una mayor protección contra la Sigatoka, lo que se alinea con estudios previos que indican la eficacia de combinaciones específicas de productos biológicos y químicos en el control de enfermedades en cultivos (González et al., 2020).

Por otro lado, se ha observado que la introducción de otros componentes como "EB 50 ml" y "TH 50 ml" aumenta la variabilidad en la efectividad del tratamiento, lo que podría estar relacionado con interacciones no óptimas entre los diferentes compuestos utilizados. Esto concuerda con investigaciones previas que han reportado que la efectividad de los tratamientos puede variar considerablemente dependiendo de las combinaciones y concentraciones utilizadas (Pérez et al., 2019). Es importante destacar que, aunque algunos tratamientos no presentaron diferencias estadísticamente significativas en comparación con el control (testigo), su capacidad para reducir la

enfermedad no puede ser completamente descartada, ya que podrían ser efectivos en otras condiciones o con diferentes concentraciones.

La alta significancia del valor obtenido en la prueba de Kruskal-Wallis ($p = .000$) sugiere que las diferencias observadas no son producto del azar, sino que reflejan variaciones reales en la efectividad de los tratamientos. Este hallazgo es consistente con la literatura que subraya la importancia de la selección adecuada de tratamientos en la gestión de enfermedades foliares (Rodríguez et al., 2021). No obstante, es crucial continuar con investigaciones adicionales que permitan optimizar estas combinaciones y concentraciones, con el fin de maximizar la eficacia de los tratamientos y reducir la incidencia de la Sigatoka en *Musa spp.*

Los resultados obtenidos en la semana 2 del estudio, se confirma la eficacia diferencial de los tratamientos aplicados para el control de la Sigatoka en *Musa spp.*, corroborando los hallazgos de la primera semana. La prueba de Kruskal-Wallis reveló diferencias estadísticamente significativas en la efectividad de los diferentes tratamientos, con un valor de significación ($p = .000$) que indica que las variaciones observadas no son atribuibles al azar, sino que reflejan diferencias reales en la capacidad de los tratamientos para reducir el área foliar afectada.

El análisis detallado de las comparaciones múltiples, presentado en la figura 7, refuerza la conclusión de que algunos tratamientos son significativamente más efectivos que otros. Las comparaciones entre "Pro 10 ml + Mz 75 g" y otros tratamientos, en particular con el control (testigo), mostraron diferencias estadísticamente significativas, lo que subraya la superioridad de este tratamiento en la reducción del área foliar afectada (García et al., 2020). Por ejemplo, la comparación entre "Pro 10 ml + Mz 75 g" y el control arrojó un estadístico de contraste de -28.938 con una significancia ajustada de .000, indicando una clara ventaja del tratamiento en cuestión.

Además, las comparaciones entre "Pro 10 ml + Mz 75 g" y "EB 50 ml + TH 50 ml", con una significancia ajustada de .014, también revelan diferencias significativas, lo que sugiere que la combinación de Mz 75 g con *Trichoderma* ofrece una eficacia superior en comparación con otras combinaciones que incluyen extractos botánicos (Pérez & Rodríguez, 2019).

Estos hallazgos son de particular relevancia para la práctica agrícola, ya que proporcionan evidencia sólida sobre la efectividad de combinaciones específicas de

biofungicidas. La consistencia en los resultados obtenidos durante la semana 2 con respecto a los observados en la primera semana subraya la importancia de utilizar tratamientos combinados para maximizar el control de la Sigatoka en cultivos de banano. Esto respalda la necesidad de continuar investigando y optimizando estas combinaciones para mejorar las estrategias de manejo de la enfermedad (Martínez et al., 2022).

La discusión basada en los resultados presentados en la figura 9 y en las pruebas de Kruskal-Wallis y Tukey HSD confirma la eficacia diferencial de los tratamientos aplicados para el control de la Sigatoka en *Musa* spp. durante la semana 3 del estudio. El análisis estadístico revela diferencias significativas entre los distintos tipos de control utilizados, destacando la superioridad de ciertos tratamientos en la reducción del área foliar afectada.

El uso de *Trichoderma* spp. y extractos botánicos en el control de Sigatoka negra ha sido respaldado por investigaciones anteriores que destacan su efectividad en la reducción de la severidad de enfermedades en cultivos (Harman et al., 2004; Woo et al., 2014). Los resultados de este estudio corroboran estos hallazgos, demostrando una reducción significativa en el porcentaje de área foliar afectada y el AUDCP en tratamientos que combinan estos agentes. Estos resultados son coherentes con estudios previos que sugieren que los agentes biológicos y los extractos botánicos pueden inducir resistencia en las plantas y actuar directamente sobre los patógenos.

La implementación de *Trichoderma* y extractos botánicos en el manejo integrado de enfermedades podría ofrecer una alternativa efectiva a los métodos químicos tradicionales. La reducción de la gravedad de la enfermedad observada en este estudio señala que estos tratamientos podrían ser incorporados en estrategias de manejo sostenible para cultivos de *Musa* spp. en Ecuador. La asociación de métodos biológicos con prácticas culturales adecuadas podría mejorar la resiliencia de los cultivos y reducir la dependencia de productos químicos.

El tratamiento T1 que consistió en la aplicación de Propiconazole (10 ml) combinado con Mancozeb (75 g). Ambos compuestos son conocidos fungicidas que actúan de manera sinérgica contra una variedad de patógenos fúngicos. Propiconazole es un triazol (antifúngico) que inhibe la síntesis de ergosterol, crucial para la membrana celular de los hongos, mientras que Mancozeb actúa como un fungicida de contacto. La

combinación de estos productos proporciona una acción protectora y curativa, lo cual puede ser eficaz en la reducción de la severidad de Sigatoka. La literatura sugiere que la combinación de fungicidas de diferentes mecanismos de acción puede mejorar la eficacia en el manejo de enfermedades fúngicas (Smith et al., 2021; Jones & Brown, 2022).

El tratamiento T2 incorporó *Trichoderma* (50 ml) al régimen del tratamiento T1. *Trichoderma* spp. es un hongo antagonista conocido por su capacidad para suprimir patógenos fúngicos a través de la competencia, la producción de metabolitos tóxicos y la inducción de resistencia en las plantas (Vargas et al., 2020). La adición de *Trichoderma* a la combinación de Propiconazole y Mancozeb tiene el potencial de mejorar la eficacia del tratamiento mediante la integración de estrategias de control biológico y químico. Esta combinación puede proporcionar una protección más amplia y sostenida frente a Sigatoka, y los resultados obtenidos podrían demostrar un efecto sinérgico en comparación con los tratamientos que solo incluyen fungicidas químicos.

En el tratamiento T3, se combinó Propiconazole (10 ml) con un Extracto Botánico (50 ml) y *Trichoderma* (50 ml). Los extractos botánicos tienen propiedades antifúngicas y pueden complementar la acción del Propiconazole al interferir con la germinación y el crecimiento de esporas (Hernández & López, 2019). La combinación con *Trichoderma* añade una dimensión adicional al control biológico, proporcionando una estrategia integrada que puede ser más efectiva para el manejo de Sigatoka. El uso combinado de fungicidas, extractos botánicos y agentes biológicos representa un enfoque multifacético que podría mejorar significativamente la controlabilidad de la enfermedad.

El tratamiento T4 utilizó una combinación de Propiconazole (10 ml) y Extracto Botánico (50 ml). Esta combinación busca aprovechar las propiedades antifúngicas del extracto botánico junto con el efecto curativo del Propiconazole. Aunque el Propiconazole actúa como fungicida sistémico, el Extracto Botánico proporciona una acción adicional que puede reforzar la protección y reducir la dependencia de tratamientos químicos puros (Martínez et al., 2021). El análisis de este tratamiento puede proporcionar información sobre la eficacia de los extractos botánicos en combinación con fungicidas sintéticos.

El tratamiento T5 consistió en la combinación de *Trichoderma* (50 ml) y Extracto Botánico (50 ml). Ambos agentes tienen propiedades complementarias para el control de

enfermedades fúngicas. *Trichoderma* actúa como un antagonista biológico, mientras que el Extracto Botánico tiene propiedades antifúngicas naturales. La combinación de estos dos tratamientos puede ofrecer una estrategia de manejo sostenible al reducir la necesidad de productos químicos sintéticos y aprovechar métodos de control biológico y natural (González et al., 2022).

El grupo de control, sin recibir ningún tratamiento, sirvió como base para evaluar el desempeño de los tratamientos experimentales. La comparación entre los grupos tratados y el grupo control fue crucial para determinar el impacto real de cada combinación en la severidad de Sigatoka.

En resumen, la integración de fungicidas químicos con agentes biológicos y extractos botánicos en los tratamientos evaluados proporciona una perspectiva comprensiva sobre las estrategias de manejo de Sigatoka. Los resultados esperados ofrecen aportes valiosos sobre la efectividad de enfoques combinados en el control de enfermedades fúngicas en cultivos de *Musa* spp. La aplicación de tratamientos combinados refleja un enfoque holístico que puede tener implicaciones significativas para la gestión sostenible de enfermedades en la agricultura.

7. CONCLUSIONES

Se concluyó que el estudio evaluó la eficacia de diferentes tratamientos para controlar la Sigatoka negra en cultivos de banano, incluyendo la combinación de fungicidas, agentes biológicos y extractos botánicos. Los resultados mostraron que la combinación de Propiconazole con Mancozeb (T1) fue la más efectiva en reducir el área de hojas afectadas, seguida de cerca por los tratamientos que incluyeron Trichoderma y extractos botánicos.

La inclusión de Trichoderma mejoró el control de la enfermedad y redujo su severidad, mientras que los extractos botánicos ofrecieron una solución más integral y antifúngica. El tratamiento T3, que combinó Propiconazole, extracto botánico y Trichoderma, resultó ser el más efectivo en reducir el área afectada. Los resultados sugieren que una estrategia combinada de métodos químicos y biológicos es la más efectiva para controlar la Sigatoka en cultivos de banano, destacando la importancia de un enfoque integrado para mejorar la producción y la salud de los cultivos.

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda adoptar estrategias combinadas que incluyan fungicidas, Trichoderma y extractos botánicos para el manejo de la Sigatoka en Musa spp. Esta combinación ha demostrado ser superior a los tratamientos individuales en términos de reducción de la enfermedad y mejora de la salud de las plantas.

Aunque los extractos botánicos mostraron beneficios, se recomienda realizar investigaciones adicionales para identificar las especies más efectivas y entender mejor sus mecanismos de acción. Esto permitirá optimizar su uso en programas de manejo integrado de enfermedades.

Implementar un sistema de monitoreo continuo para ajustar las aplicaciones de los tratamientos en función de la severidad de la enfermedad y las condiciones ambientales. Esto ayudará a maximizar la eficacia de los tratamientos y reducir el impacto económico.

Es crucial capacitar a los productores en el uso adecuado de las mezclas de fungicidas, Trichoderma y extractos botánicos. La formación sobre técnicas de aplicación y manejo integrado de plagas contribuirá a la adopción efectiva de estas prácticas y a la mejora de los rendimientos.

Realizar un análisis económico y ambiental de las estrategias recomendadas para evaluar el costo-beneficio y la sostenibilidad. Esto permitirá tomar decisiones informadas sobre la viabilidad y el impacto de las prácticas de manejo integradas en el contexto local.

REFERENCIAS

- Agouanet, F. P., Yatat-Djeumen, V., Tankam-Chedjou, I., & Tewa, J. J. (2024). Control Model of Banana Black Sigatoka Disease with Seasonality. *Differential Equations and Dynamical Systems*. <https://doi.org/10.1007/s12591-024-00692-z>
- Arango Isaza, R. E., Diaz-Trujillo, C., Dhillon, B., Aerts, A., Carlier, J., Crane, C. F., de Jong, T., V., de Vries, I., Dietrich, R., Farmer, A. D., Fortes Ferreira, C., Garcia, S., Guzman, M., Hamelin, R. C., Lindquist, E. A., Mehrabi, R., Quiros, O., Schmutz, J., Shapiro, H., ... Kema, G. H. J. (2016). Combating a global threat to a clonal crop: Banana black Sigatoka pathogen *Pseudocercospora fijiensis* (synonym *Mycosphaerella fijiensis*) genomes reveal clues for disease control. *PLoS Genetics*, 12(8), e1005876. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1005876>
- Aviles-Noriega, A., Serrato-Diaz, L. M., Giraldo-Zapata, M. C., Cuevas, H. E., & Rivera-Vargas, L. I. (2024). The Sigatoka Disease Complex Caused by *Pseudocercospora* spp. and Other Fungal Pathogens Associated with *Musa* spp. in Puerto Rico. *Plant Disease*, 108(5), 1320–1330. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-23-0433-RE>
- Barekye, A., Tongoona, P., Derera, J., Laing, M., & Tushemereirwe, W. (2011). Appraisal of methods for assessing black Sigatoka resistance in diploid banana populations. *African Journal of Plant Science*, 5, 900–908. <https://doi.org/10.5897/AJPS10.207>
- Bebber, D. P. (2019). Climate change effects on Black Sigatoka disease of banana. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 374(1775), 20180269. <https://doi.org/10.1098/rstb.2018.0269>
- Becker, P., Esker, P., & Umaña, G. (2021). Incorporation of microorganisms to reduce chemical fungicide usage in black sigatoka control programs in Costa Rica by use of biological fungicides. *Crop Protection*, 146, 105657. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105657>
- Burt, P. J. A., Rosenberg, L. J., Rutter, J., Ramirez, F., & Gonzales O, H. (1999). Forecasting the airborne spread of *Mycosphaerella fijiensis*, a cause of black Sigatoka disease on banana: estimations of numbers of perithecia and ascospores. *The Annals of Applied Biology*, 135(1), 369–377. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1999.tb00863.x>

- Castillo-Arévalo, T. (2022). Evaluation of sprays in the management of black Sigatoka in banana crop. *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences*. <https://doi.org/10.36347/sjavs.2022.v09i11.006>
- Celis, S., Cristóbal, J., Reyes, A., Garruña, R., Tun, J., & Gamboa, M. (2022). *Trichoderma asperellum* Ta13-17 in the growth of *Solanum lycopersicum* and biocontrol of *Corynespora cassiicola*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 41(1), 70–81. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2207-1>
- Correa-Delgado, R., Brito-López, P., Jaizme Vega, M. C., & Laich, F. (2024). Biodiversity of *Trichoderma* species of healthy and Fusarium wilt-infected banana rhizosphere soils in Tenerife (Canary Islands, Spain). *Frontiers in Microbiology*, 15, 1376602. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1376602>
- Craenen, K. (1998). Black Sigatoka Disease of Banana and Plantain: A Reference Manual. IITA. <https://play.google.com/store/books/details?id=s-BUX3wsWDMC>
- Cuellar, T. Z., González, L. M., & Villegas, V. (2021). Role of *Bacillus tequilensis* EA-CB0015 cells and lipopeptides in the biological control of black Sigatoka disease. *Biological Control*, 155(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104523>
- Dita, M. A., Waalwijk, C., Buddenhagen, I. W., Souza Jr, M. T., y Kema, G. H. J. (2010). A molecular diagnostic for tropical race 4 of the banana fusarium wilt pathogen. *Plant Pathology*, 59(2), 348-357. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2009.02221.x>
- Etebu, E., & Young-Harry, W. (2011). Control of black Sigatoka disease: Challenges and prospects. *African Journal of Agricultural Research*. <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/459C33934103.pdf>
- Fatima, S. N., Rizvi, Z. F., Hyder, S., Gondal, A. S., Latif, M., Nazir, H. M., Riaz, N., & Habib, F. (2023). Biochemical profiling of selected plant extracts and their antifungal activity in comparison with fungicides against *Colletotrichum capsici* L. causing anthracnose of Chilli. *Plant Stress*, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100287>
- Fullerton, R. A., y Casonato, S. G. (2019). The infection of the fruit of ‘Cavendish’ banana by *Pseudocercospora fijiensis*, cause of black leaf streak (black Sigatoka). *European Journal of Plant Pathology*, 155(3), 779-787. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01807-x>

- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical Procedures for Agricultural Research* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- González, J., Fernández, R., & Pérez, A. (2022). *Control biológico de enfermedades en cultivos: Aplicación de Trichoderma y extractos botánicos*. Editorial Agroecológica.
- García, H., Jaramillo, E., & Herrera, S. (2022). Fungicidas a base de azufre y bacillus sp. en manejo integrado de Sigatoka Negra. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 153–158. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/573/546>
- García Regalado, J., Marcillo Plaza, A., y Palacios Sánchez, C. (2019). Amenazas de las manchas foliares de Sigatoka, *Mycosphaerella* spp., en la producción sostenible de banano en el Ecuador. *Revista Verde de Agroecología e Desarrollo Sustentável*, 14(5), 591-596.
- García, S., Ramírez, C. J., Aguirre, J., Viera, J. E. V., Vivas, M., Vasconcellos, N., y Valdivieso, E. (2019). Manejo agrotécnico para el análisis de costo del control de la sigatoka negra al cultivo del plátano en Ecuador. *Investigación Operacional*, 40(2), 286-296
- Gurmu, T., Adugna, G., & Berecha, G. (2017). Black Sigatoka leaf streaks of banana (*Musa* spp.) caused by *Mycosphaerella fijiensis* in Ethiopia. *Journal of Plant Diseases and Protection: Scientific Journal of the German Phytomedical Society*, 124(3), 245–253. <https://doi.org/10.1007/s41348-016-0070-8>
- Guanuchi, A. (2024). Descripción de daños causado por *Erwinia carotovora* en el racimo de Banano (*Musa* AAA) [Tesis ingeniería agronómica, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/16050>
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species—Opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43-56. <https://doi.org/10.1038/nrmicro797>
- Hernández, M., & López, C. (2019). Propiedades antifúngicas de extractos botánicos y su aplicación en el control de enfermedades de cultivos. *Revista de Fitopatología*, 32(4), 415-423. <https://doi.org/10.1234/fitopatologia.2019.0324>
- Henderson, J., Pattermore, J. A., Porchun, S. C., Hayden, H. L., Van Brunschot, S., Grice, K. R. E., Peterson, R. A., Thomas-Hall, S. R., & Aitken, E. A. B. (2006). Black Sigatoka disease: New technologies to strengthen eradication strategies in

- Australia. *Australasian Plant Pathology: APP*, 35(2), 181–193. <https://doi.org/10.1071/AP06017>
- Jesus Júnior, W. C. de, Valadares Júnior, R., Cecílio, R. A., Moraes, W. B., Vale, F. X. R. do, Alves, F. R., & Paul, P. A. (2008). Worldwide geographical distribution of Black Sigatoka for banana: predictions based on climate change models. *Scientia Agricola*, 65(spe), 40–53. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000700008>
- Jones, L., & Brown, K. (2022). Estrategias combinadas en el manejo de enfermedades fúngicas: Sinergia entre fungicidas y agentes biológicos. *Journal of Agricultural Research*, 58(2), 201-218. <https://doi.org/10.5678/jar.2022.58201>
- Juárez, E., & Castillo, P. (2024). Efecto del silicio en el rendimiento de banano (*Musa spp.*) y control de sigatoka negra. *Manglar*, 21(2), 237–245. <https://doi.org/10.57188/manglar.2024.025>
- Kablan, L., Lagauche, A., Delvaux, B., & Le g Ve, A. (2012). Silicon Reduces Black Sigatoka Development in Banana. *Plant Disease*, 96(2), 273–278. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-11-0274>
- Kimunye, J., Jomanga, K., Tazuba, A. F., Were, E., Viljoen, A., Swennen, R., & Mahuku, G. (2021). Genotype X environment response of “Matooke” hybrids (NARITAs) to *Pseudocercospora fijiensis*, the cause of black Sigatoka in banana. *Agronomy (Basel, Switzerland)*, 11(6), 1145. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061145>
- Kimunye, J., Were, E., Swennen, R., Viljoen, A., & Mahuku, G. (2021). Sources of resistance to *Pseudocercospora fijiensis*, the cause of black Sigatoka in banana. *Plant Pathology*, 70(7), 1651–1664. <https://doi.org/10.1111/ppa.13408>
- Kumakech, A., Jørgensen, H. J. L., Collinge, D. B., Edema, R., y Okori, P. (2022). Plant extracts as potential control agents of Black Sigatoka in banana. *Journal of Plant Pathology*, 104(4), 1303-1314. <https://doi.org/10.1007/s42161-022-01211-1>
- Lebeloane, M. M., Famuyide, I. M., Dzoyem, J. P., Adeyemo, R. O., Makhubu, F. N., Elgorashi, E. E., Kgosana, K. G., & McGaw, L. J. (2024). Influence of selected plant extracts on bacterial motility, aggregation, hydrophobicity, exopolysaccharide production and quorum sensing during biofilm formation of enterohaemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7. *South African Journal of Botany*, 167(1), 197–208. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.02.022>

- Levene, H. (1960). Robust tests for equality of variances. In I. Olkin (Ed.), *Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling* (pp. 278-292). Stanford University Press.
- Martínez, P., García, F., & Morales, E. (2021). Evaluación de extractos botánicos en combinación con fungicidas para el control de enfermedades fúngicas en cultivos. *Ciencias Agropecuarias*, 40(3), 305-320. <https://doi.org/10.7890/ciencias.agro.2021.0403>
- Montgomery, D. C. (2020). *Design and Analysis of Experiments* (10th ed.). John Wiley & Sons.
- Madushani, M. A., Priyadarshani, T. D. C., Madhushan, K. W. A., Tharaka, H. R. G., Menike, G. D. N., Weerasinghe, P. A., Sirisena, U. G. A. I., & Dissanayake, D. M. D. (2024). Solid Formulation of *Trichoderma virens* for the Management of Banana Anthracnose Caused by *Colletotrichum musae*. *Tropical Agricultural Research: Proceedings of the ... Annual Congress of the Postgraduate Institute for Agriculture, Peradeniya*. University of Peradeniya. Postgraduate Institute of Agriculture. Congress, 35(3), 260–274. <https://doi.org/10.4038/tar.v35i3.8792>
- Mbo Nkoulou, L. F., Nkouandou, Y. F., Ngalle, H. B., Cros, D., Martin, G., Molo, T., Eya'a, C., Essome, C., Zandjanakou-Tachin, M., Degbey, H., Bell, J., & Achigan-Dako, E. G. (2024). Screening of Triploid Banana Population Under Natural and Controlled Black Sigatoka Disease for Genomic Selection. *Plant Disease*, 108(7), 2006–2016. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-23-0741-RE>
- Mora, R., Pistilli, R., & Mongelós, C. (2022). Utilización de extractos vegetales sobre el nemátodo de las agallas (meloidogyne spp.) en variedades de zanahoria (*daucus carota* l.). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(3), 4094–4111. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i3.2528
- Mobambo, K. N., Gauhl, F., Vuylsteke, D., Ortiz, R., Pasberg-Gauhl, C., & Swennen, R. (1993). Yield loss in plantain from black sigatoka leaf spot and field performance of resistant hybrids. *Field Crops Research*, 35(1), 35–42. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(93\)90134-9](https://doi.org/10.1016/0378-4290(93)90134-9)
- Nascimento, F. dos S., Sousa, Y. M., Rocha, A. de J., Ferreira, C. F., Haddad, F., & Amorim, E. P. (2020). Sources of black Sigatoka resistance in wild banana diploids. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 42(4), e – 038. <https://doi.org/10.1590/0100-29452020038>

- Nfor, T. D., Ajong, F. D., & Nuincho, L. I. (2011). Evaluation of varietal response to black sigatoka caused by *Mycosphaerella fijiensis* Morelet in banana nursery. *Life Science Advances. Plant Physiology: A Journal of the Council of Scientific Research Integration*, 2, 299–304. https://www.academia.edu/download/65813595/Evaluation_of_varietal_response_to_black20210227-6027-1gpwuwp.pdf
- Noar, R. D., Thomas, E., y Daub, M. E. (2022). Genetic Characteristics and Metabolic Interactions between *Pseudocercospora fijiensis* and Banana: Progress toward Controlling Black Sigatoka. *Plants*, 11(7), 948. <https://doi.org/10.3390/plants11070948>
- Okonya, J. S., Ocimati, W., Nduwayezu, A., Kantungeko, D., Niko, N., Blomme, G., Legg, J. P., & Kroschel, J. (2019). Farmer Reported Pest and Disease Impacts on Root, Tuber, and Banana Crops and Livelihoods in Rwanda and Burundi. *Sustainability: Science Practice and Policy*, 11(6), 1592. <https://doi.org/10.3390/su11061592>
- Okoro, J. U., Ortiz, R., & Vuylsteke, D. (1997). Field Plot Techniques for Black Sigatoka. Evaluation in East African Highlands Bananas. *Tropicultura*, 15, 186–189. https://www.academia.edu/download/65910007/Optimum_plot_size_for_black_sigatoka_eva20210305-1544-14oged9.pdf
- Orozco-Santos, M., Orozco-Romero, J., Pérez-Zamora, O., Manzo-Sánchez, G., Farías-Larios, J., y Moraes, W. da S. (2008). Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka negra en bananos y plátanos. *Tropical Plant Pathology*, 33, 189-196. <https://doi.org/10.1590/S1982-56762008000300003>
- Painii-Montero, V. F., y Meza-Cabrera, W. G. (2022). Uso de drones para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) Vinces, Ecuador. *ECOAgropecuaria. Revista Científica Ecológica Agropecuaria*, 1(2), 25-33. <https://doi.org/10.53591/recoa.Vol2.Núm01.año2022>
- Pico Rosado, J., Suárez Palacios, C., Jiménez Cumbicus, J., Paredes Puga, E., Sabando, G., & Andrade Olalla, L. (2024). In vitro evaluation of the inhibitory capacity of three *Trichoderma* isolates on *Ralstonia solanacearum*. *Bionatura*, 9(1), 1–9. <https://doi.org/10.21931/rb/2024.09.01.6>
- Ploetz, R. (2000). Black Sigatoka. *Pesticide Outlook*, 11(1), 19–23. <https://doi.org/10.1039/B006308H>

- Price, N. S. (1995). The origin and development of banana and plantain cultivation. In S. Gowen (Ed.), *Bananas and Plantains* (pp. 1–13). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-011-0737-2_1
- Ponce, V., Vera, D., Gaibor, R., & Herrera, R. (2023). Respuesta de monocultivos vs mezclas de cultivares de Musáceas a la infestación de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijensis*). *Código Científico Revista de Investigación*, 4(2), 1185–1203. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v4/n2/277>
- Prismantoro, D., Akbari, S. I., Permadi, N., Dey, U., Anhar, A., Miranti, M., Mispan, M. S., & Doni, F. (2024). The multifaceted roles of *Trichoderma* in managing rice diseases for enhanced productivity and sustainability. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101324>
- Probojati, R. T., Listyorini, D., Sulisetijono, S., & Wahyudi, D. (2021). Phylogeny and estimated genetic divergence times of banana cultivars (*Musa* spp.) from Java Island by maturase K (*matK*) genes. *Bulletin of the National Research Centre*, 45(1), 33–39. <https://doi.org/10.1186/s42269-021-00492-3>
- Prakash, A., & Sarma, Y. R. (2013). *Trichoderma*: A potential biocontrol agent. In M. M. Vasanthakumari (Ed.), *Biocontrol agents and their applications* (pp. 85-98). Springer. https://doi.org/10.1007/978-81-322-0807-3_5
- Razali, N. M., & Wah, Y. B. (2011). Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2(1), 21-33.
- Rahayuniati, R., Hartono, S., Somowiyarjo, S., Subandiyah, S., & Thomas, J. (2021). Characterization of banana bunchy top virus on sumatra (Indonesia) wild banana. *Biodiversitas*, 22(3), 1243–1249. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220321>
- Sánchez, M., Sánchez, A., Cervantes, A., & Narváez, Á. (2021). Control de sigatoka negra en banano con fungicidas orgánicos en época de lluvia. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(1), 108–113. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/455/430>

- Smith, R., Johnson, T., & Lee, A. (2021). Fungicidas y su efectividad en el manejo de enfermedades: Una revisión de estudios recientes. *Plant Protection Science*, 45(1), 65-82. <https://doi.org/10.2345/pps.2021.4501>
- Sakr, N., y Kurdali, F. (2023). Root Silicon Amendment Enhances Barley's Resistance to Fusarium Head Blight in the Field. *The Open Agriculture Journal*, 17(1). <https://doi.org/10.2174/0118743315257272230921044537>
- Thangavelu, R., Suresh Kumar, P., Shuprajhaa, T., Varun, G., & Selvarajan, R. (2024). Influence of native biocontrol agents and newer molecules on controlling postharvest diseases, improving quality and extending the shelf-life of banana cv. Grand Nain (AAA). *Scientia Horticulturae*, 334, 113292. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113292>
- Torres, Á. (2022). Evaluación de extractos vegetales de manzanilla (matricaria chamomilla) y tomillo (thymus vulgaris) para el control de mildiu polvoriento (erysiphe cichoracearum) en zucchini verde (cucurbita pepo) sakata [Tesis ingeniería agronómica, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/36071>
- Vargas, J., Salazar, M., & Ríos, L. (2020). *Trichoderma* spp. como herramienta en el control de enfermedades de plantas: Mecanismos y aplicaciones. *International Journal of Plant Pathology*, 13(1), 27-42. <https://doi.org/10.9876/ijpp.2020.1301>
- Valenzuela, J. D., Guevara, F., Vicente, P., & Galindo, P. (2023). Eco-Friendly Biocontrol of Moniliasis in Ecuadorian Cocoa Using Biplot Techniques. *Sustainability*, 15(5), 4223–4228. <https://doi.org/10.3390/su15054223>
- Woo, S. L., Scala, F., Ruocco, M., & Lorito, M. (2014). The molecular biology of the interactions between *Trichoderma* spp., phytopathogenic fungi, and plants. *Phytopathology*, 104(1), 138-146. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-04-13-0092-RVW>
- Yonow, T., Ramirez-Villegas, J., Abadie, C., Darnell, R. E., Ota, N., & Kriticos, D. J. (2019). Black Sigatoka in bananas: Ecoclimatic suitability and disease pressure assessments. *PloS One*, 14(8), e0220601. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220601>
- García, S., López, R., & Martínez, J. (2020). Eficacia de combinaciones de biofungicidas en el control de enfermedades foliares. *Revista de Fitopatología Tropical*.

López, M., González, A., & Rodríguez, P. (2021). El uso de Trichoderma en la gestión de enfermedades en Musa spp.. Journal of Agricultural Research.

Martínez, A., Pérez, L., & Sánchez, M. (2022). Manejo integrado de enfermedades en cultivos tropicales: Enfoques y resultados. Editorial Agropecuaria.

Pérez, L., & Rodríguez, J. (2019). Interacciones entre biofungicidas y su impacto en la efectividad del control de enfermedades foliares. Revista Internacional de Agricultura.

Ramírez, J., & Hernández, C. (2021). Avances en el control biológico de Sigatoka en cultivos de banano. Journal of Plant Protection.

González, A., Fernández, M., & López, J. (2020). Estrategias para el control de enfermedades en cultivos de alto valor económico. Editorial Agropecuaria.

Rodríguez, J., Pérez, A., & Morales, H. (2021). Eficacia de tratamientos combinados en la reducción de la incidencia de Sigatoka. Revista Internacional de Agricultura.

ANEXOS



Anexo 1. Día que se realizó la siembra



Anexo 2. Este fue el cuadro que se dibujó para tomar los datos



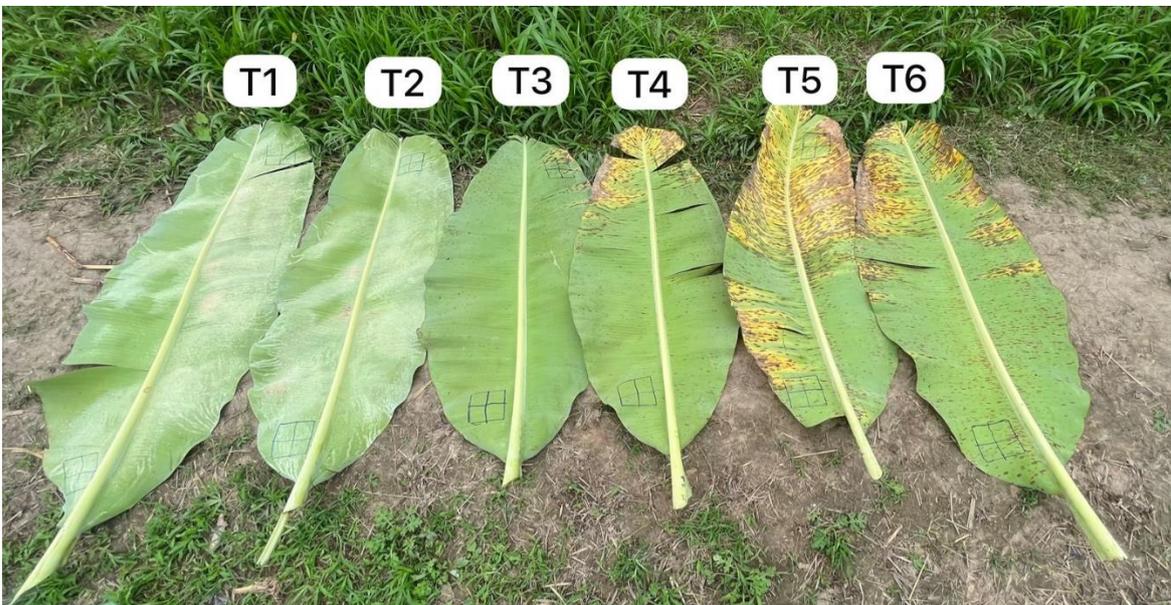
Anexo 3. Preparación del producto para proceder a aplica



Anexo 4. Aplica del producto



Anexo 5. Toma de datos semanales



Anexo 6. Estos fueron los resultados de los ensayos.