



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE HIDALGO



INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ÁREA ACADÉMICA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES

Ingeniería en agronomía para la producción sustentable

"Eficacia biológica de un fungicida agroecológico de última generación para el manejo de sigatoka negra (*Mycospharella fijiensis*) en banano (*Musa paradisiaca L.*)"

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el Título de:

**Ingeniero en Agronomía para la Producción
Sustentable**

Presenta

Cristian Miguel Ramírez Vargas

Director: Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos

Co-director: Dr. Oscar Arce Cervantes

Tulancingo de Bravo, Hidalgo, noviembre de 2025



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Agropecuarias
Institute of Agricultural Sciences
Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales
Academic Area of Agricultural and Forestry Sciences

Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hgo., a 12 de noviembre de 2025

Asunto: Autorización de impresión

Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado
Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado a él pasante de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable, **Cristian Miguel Ramírez Vargas**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado "**Eficacia biológica de un fungicida agroecológico de última generación para el manejo de Sigatoka negra (*Mycospharella fijiensis*) en banano (*Musa paradisiaca* L.)**", que después de revisarlo en reunión de sinodales, ha decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del jurado:

PRESIDENTE Dr. José Luis Martínez Salas
SECRETARIO Dr. Oscar Arce Cervantes
VOCAL 1 Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos
VOCAL 2 Dr. Abraham Monteón Ojeda

Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

ATENTAMENTE
"Amor, Orden y Progreso"

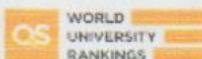
Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos
Coordinador del PE de Ingeniería
en Agronomía para la Prod. Sust



c.c.p. Archivo.

Avenida Universidad #133, Col. San Miguel Huatengo,
Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo,
México. C.P. 43775.
Teléfono: 7717172001 Ext. 42173
profe_5566@uaeh.edu.mx

"Amor, Orden y Progreso"



2025



uaeh.edu.mx

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH)**, expreso mi más profundo agradecimiento por brindarme la oportunidad de formarme en un ambiente académico de calidad, por las instalaciones, los recursos y el respaldo institucional que hicieron posible el desarrollo de este trabajo de investigación.

Al **Programa Educativo de Ingeniería Agroindustrial y de Producción Sustentable (IAPS)**, agradezco el acompañamiento académico, la formación integral y el compromiso de sus docentes, quienes contribuyeron significativamente a mi preparación profesional. Este proyecto es resultado del aprendizaje, la orientación y las experiencias adquiridas durante mi trayectoria en el programa.

Al Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos Director de tesis, agradezco su guía, su dedicación y su exigencia académica, que impulsaron el fortalecimiento de este trabajo. Sus observaciones, sugerencias y acompañamiento constante fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de esta investigación.

Al Co-director, Dr. Oscar Arce Cervantes, le expreso mi sincero agradecimiento por su tiempo, por compartir su conocimiento y experiencia, y por la disposición mostrada en cada etapa del proceso. Su orientación técnica y científica representó un apoyo clave para el logro de los objetivos planteados.

Dr. Abraham Monteon Ojeda, por el apoyo en el proceso de investigación y desarrollo del proyecto, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento en todos los ámbitos.

A mis asesores, les agradezco profundamente por su compromiso, por sus revisiones, aportes metodológicos y recomendaciones que enriquecieron de manera sustancial el contenido y la calidad del presente estudio. Su participación y apoyo académico fueron determinantes para la consolidación de esta tesis.

Finalmente, agradezco a mi familia, compañeros y todas las personas que de manera directa o indirecta contribuyeron con su apoyo, comprensión y ánimo durante este camino académico. Sin su respaldo, este logro no hubiera sido posible.

CONTENIDO

RESUMEN	6
SUMMARY	7
OBJETIVOS	8
General	8
Específicos	8
HIPÓTESIS	8
INTRODUCCIÓN	9
REVISIÓN DE LITERATURA	11
Importancia económica, social y productiva del cultivo de banano	11
sigatoka negra: agente causal, sintomatología y ciclo de infección	11
Impacto fisiológico y productivo de la sigatoka negra.....	12
Manejo convencional: fungicidas químicos y resistencia.....	12
Estrategias complementarias dentro del Manejo Integrado de Enfermedades ..	13
Alternativas agroecológicas y fungicidas de nueva generación	13
Relevancia de evaluar nuevos productos en regiones tropicales de México	14
MATERIALES Y MÉTODOS	15
Ubicación del sitio experimental	15
Establecimiento del ensayo.....	15
Elemento de prueba y patosistema evaluado	15
Diseño experimental	16
Aplicación de tratamientos	16
Evaluación de la efectividad biológica y fitotoxicidad	16
Severidad	16
Incidencia	17
Fitotoxicidad	17
Métodos estadísticos y cálculo de eficacia	18
Calendario de actividades	19
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20

Evaluación previa	20
Severidad.....	20
Incidencia.....	21
Primera evaluación	23
Severidad.....	23
Incidencia.....	24
Segunda evaluación	26
Severidad.....	26
Incidencia.....	27
Tercera evaluación.....	29
Severidad.....	29
Incidencia.....	31
Cuarta evaluación.....	33
Severidad.....	33
Incidencia.....	35
Fitotoxicidad	37
DISCUSIÓN	39
CONCLUSIONES	40
REFERENCIAS.....	41
APÉNDICE	43
Datos recabados den campo (evaluación previa)	43
Datos recabados den campo (primera evaluación)	44
Datos recabados den campo (segunda evaluación).....	45
Datos recabados den campo (tercera evaluación)	46
Datos recabados den campo (cuarta evaluación)	47
VARIABLES METEOROLÓGICAS DEL LUGAR DE ESTUDIO.....	48
Análisis estadístico y ANOVAS (SEVERIDAD).....	49
Análisis estadístico y ANOVAS (INCIDENCIA).....	55
ANEXO FOTOGRÁFICO	64

Eficacia biológica de un fungicida agroecológico de última generación para el manejo de sigatoka negra (*Mycospharella fijiensis*) en banano (*Musa paradisiaca* L.)

RESUMEN

La sigatoka negra, causada por *Mycospharella fijiensis*, es una de las enfermedades foliares más devastadoras del banano (*Musa paradisiaca* L.), ya que afecta directamente la productividad y la calidad del cultivo. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la eficacia biológica de un fungicida agroecológico de última generación para el control de esta enfermedad en un cultivo de banano establecido en Mazatlán, Chiapas. Se compararon tres dosis del fungicida agroecológico (15, 20 y 25 L/ha), una dosis de mancozeb (3.0 kg/ha) y un testigo sin aplicación. Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, y cada unidad experimental estuvo conformada por dos hileras de 8 × 5 m. Se realizaron cuatro aplicaciones foliares con intervalos de siete días entre cada una. La efectividad se evaluó a los 7, 14, 21 y 28 días posteriores a la primera aplicación mediante la medición de la severidad e incidencia de la enfermedad. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$). Los resultados indicaron que el fungicida agroecológico, en sus tres dosis, superó el 50% de control a partir de la segunda evaluación, destacando la dosis de 25 L/ha, que alcanzó hasta un 80% de eficacia en la última medición. No se observaron efectos fitotóxicos en las plantas. Estos hallazgos demuestran que el fungicida evaluado representa una alternativa agroecológica viable, eficaz y segura para el manejo de la sigatoka negra en el cultivo de banano.

Palabras clave: banano, eficacia, fungicida, manejo agroecológico, sigatoka negra, resistencia.

Biological Efficacy of a State-of-the-Art Agroecological Fungicide for the Management of Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) in Banana (*Musa paradisiaca* L.)

SUMMARY

Black sigatoka, caused by *Mycosphaerella fijiensis*, is one of the most devastating foliar diseases of banana (*Musa paradisiaca* L.), as it directly affects crop productivity and quality. The present study aimed to evaluate the biological efficacy of a state-of-the-art agroecological fungicide for the control of this disease in a banana crop established in Mazatlán, Chiapas. Three doses of the agroecological fungicide (15, 20, and 25 L/ha), one dose of mancozeb (3.0 kg/ha), and a control dose without application were compared. Treatments were distributed under a completely randomized design with four replicates, and each experimental unit consisted of two 8 × 5 m rows. Four foliar applications were made with seven-day intervals between each application. Effectiveness was assessed at 7, 14, 21, and 28 days after the first application by measuring disease severity and incidence. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) and Tukey's mean comparison test ($\alpha = 0.05$). The results indicated that the agroecological fungicide, at all three doses, exceeded 50% control from the second evaluation onwards, with the 25 L/ha dose being particularly effective, reaching up to 80% efficacy in the last measurement. No phytotoxic effects were observed on the plants. These findings demonstrate that the evaluated fungicide represents a viable, effective, and safe agroecological alternative for managing black sigatoka in banana crops.

Keywords: banana, efficacy, fungicide, agroecological management, black sigatoka, resistance.

OBJETIVOS

General

Evaluar la efectividad biológica de un fungicida agroecológico de última generación, formulado con 5% de Poly-D Glucosamina en solución electrolizada de hiperoxidación, para el control de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de banano (*Musa paradisiaca L.*).

Específicos

- Comparar la efectividad biológica del fungicida agroecológico con la de un fungicida químico sintético registrado y de uso común en la región para el manejo de la sigatoka negra.
- Evaluar el posible efecto fitotóxico del fungicida agroecológico sobre plantas de banano (*Musa paradisiaca L.*).

HIPÓTESIS

El fungicida agroecológico a base de 5% de Poly-D Glucosamina en solución electrolizada de hiperoxidación presenta una efectividad biológica igual o superior a la del fungicida químico sintético convencional para el control de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de banano (*Musa paradisiaca L.*), sin causar efectos fitotóxicos sobre las plantas tratadas.

INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa paradisiaca* L.) es uno de los cultivos frutales más importantes a nivel mundial debido a su alto consumo, valor nutricional y relevancia económica en países tropicales. México ocupa un lugar destacado entre los principales productores de esta fruta, concentrando su producción en regiones con condiciones agroclimáticas favorables como Chiapas, Tabasco y Veracruz (Orozco-Santos y Orozco-Romero, 2004). Sin embargo, la productividad del cultivo se ve severamente limitada por diversas enfermedades foliares, entre las cuales destaca la sigatoka negra, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. Esta enfermedad representa uno de los mayores retos fitosanitarios para las plantaciones bananeras a nivel global debido a su elevada agresividad, rápida dispersión y su impacto directo en la fotosíntesis, el desarrollo foliar, el llenado del racimo y, por ende, el rendimiento comercial (Rodríguez-Gaviria y Cayón, 2008; Campo Arana et al., 2020).

Desde su aparición en América en la década de 1970, la sigatoka negra se ha expandido ampliamente, sustituyendo a la Sigatoka amarilla en numerosas regiones productoras, debido a su mayor capacidad infectiva y a su adaptabilidad a ambientes con alta humedad relativa y temperaturas cálidas (CAB International, 2000). En México, esta enfermedad ha provocado significativas pérdidas económicas en los sistemas de producción, además de incrementar los costos de manejo por la necesidad de aplicaciones frecuentes de fungicidas, las cuales en ocasiones superan las 30 aplicaciones anuales en plantaciones comerciales (Martínez-Bolaños, 2012). La reducción severa del área foliar funcional y la destrucción prematura de hojas disminuyen la fotosíntesis activa, reduciendo el peso del racimo y afectando la calidad del fruto destinado a los mercados nacional e internacional (Marín, 2018).

El manejo convencional de la sigatoka negra se basa principalmente en el uso intensivo de fungicidas sistémicos y de contacto, los cuales, si bien han mostrado eficacia inicial, presentan limitaciones cada vez más evidentes, entre ellas: (i) el desarrollo de resistencia del patógeno a ingredientes activos frecuentemente utilizados, (ii) el incremento de costos de producción, (iii) la presencia de residuos químicos en el ambiente y en los sistemas productivos, y (iv) el riesgo para la salud humana y la fauna benéfica (Orozco-Santos y Orozco-Romero, 2004; Campo Arana et al., 2020). Debido a lo anterior, existe una creciente necesidad de alternativas de manejo sustentables y agroecológicas que reduzcan la dependencia de fungicidas sintéticos, mantengan la productividad del cultivo y disminuyan los impactos ambientales.

Entre las nuevas alternativas destacan productos formulados a base de compuestos naturales o derivados biológicos, tales como polisacáridos, extractos vegetales, agentes inductores de resistencia y soluciones electrolizadas, los cuales han mostrado potencial para inhibir el desarrollo de *M. fijiensis* o reducir el daño foliar mediante mecanismos de acción diferentes a los fungicidas convencionales. La Poly-D Glucosamina, un polímero derivado de la quitina, presenta propiedades antifúngicas y capacidad de inducir defensas en plantas, y su uso en formulaciones de última generación ha comenzado a explorarse dentro de los enfoques de manejo agroecológico.

En este contexto, el presente estudio tuvo como propósito evaluar la eficacia biológica de un fungicida agroecológico de última generación, elaborado a base de Poly-D Glucosamina en solución electrolizada de hiperoxidación, para el control de sigatoka negra en el cultivo de banano en condiciones de campo en Mazatlán, Chiapas. La investigación busca generar evidencia científica que contribuya al desarrollo de alternativas sustentables, reduciendo el uso de fungicidas convencionales y aportando herramientas prácticas para sistemas de producción más inocuos, resilientes y ambientalmente responsables. Además, los resultados permitirán valorar la posibilidad de incorporar este tipo de fungicidas dentro de programas de manejo integrado de enfermedades (MIE), reforzando estrategias como deshoje sanitario, nutrición óptima y prácticas culturales que favorecen la reducción del inóculo y rompen el ciclo epidemiológico del patógeno.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia económica, social y productiva del cultivo de banano

El cultivo de banano constituye uno de los pilares económicos más relevantes en las regiones tropicales del mundo debido a su amplio consumo, su valor alimentario y su importancia dentro de los sistemas de producción agroindustrial. A nivel global, el banano se ubica entre las frutas más producidas y comercializadas, con volúmenes superiores a los 120 millones de toneladas anuales, lo que lo convierte en un producto esencial para la seguridad alimentaria y para las economías basadas en agricultura tropical (CAB International, 2000). La cadena productiva del banano integra actividades que van desde el cultivo y manejo agronómico hasta la cosecha, empaque, transporte y exportación, generando millones de empleos directos e indirectos en diferentes países de América Latina, Asia y África.

En México, el cultivo del banano representa una actividad agrícola estratégica, particularmente en estados como Chiapas, Tabasco y Veracruz, donde las condiciones climáticas cálidas y húmedas favorecen su desarrollo. Chiapas destaca como el principal productor nacional por la combinación de factores ambientales óptimos, disponibilidad de agua y suelos profundos que permiten un crecimiento acelerado y una producción constante a lo largo del año (Orozco-Santos y Orozco-Romero, 2004). Sin embargo, estas mismas condiciones ambientales también propician la aparición y desarrollo de enfermedades, entre las cuales la sigatoka negra constituye el principal desafío fitosanitario. Dado que la productividad del banano depende en gran medida del número y la funcionalidad de las hojas, cualquier enfermedad que afecte la superficie fotosintética, como ocurre con *Mycosphaerella fijiensis*, tiene un impacto directo en el rendimiento y en la calidad de los frutos destinados a los mercados nacional y de exportación (Rodríguez-Gaviria y Cayón, 2008).

sigatoka negra: agente causal, sintomatología y ciclo de infección

La sigatoka negra, causada por el hongo ascomiceto *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, se considera la enfermedad foliar más destructiva del banano a nivel mundial. El patógeno llegó al continente americano en la década de 1970 y rápidamente desplazó a la Sigatoka amarilla debido a su mayor agresividad, a su capacidad para infectar hojas más jóvenes y a su rápido desarrollo bajo condiciones de alta humedad relativa y temperaturas cálidas (SENASICA-DGSV, 2016). Su presencia en las plantaciones ha provocado severas pérdidas económicas y ha incrementado los costos de producción por la necesidad de medidas de control intensivas.

La sintomatología de la enfermedad inicia con la aparición de pequeñas estrías cloróticas en el limbo foliar, principalmente en hojas jóvenes. Con el tiempo, estas estrías evolucionan hacia manchas café-negruzcas que se expanden y coalescen, formando grandes áreas de necrosis. En etapas avanzadas se observa el secamiento prematuro de las hojas, lo cual reduce drásticamente la superficie fotosintética disponible y afecta el crecimiento y la maduración de los racimos. La evolución de los síntomas se ha estandarizado mediante la

escala de Stover (1980) modificada por Gauhl (1990), ampliamente utilizada en la evaluación de severidad en campo para cuantificar el avance del patógeno (Marín, 2018).

El desarrollo de *M. fijiensis* depende de condiciones ambientales específicas que son recurrentes en regiones tropicales húmedas. La humedad relativa por encima del 80%, las temperaturas entre 25 y 28 °C y la presencia de agua líquida en la superficie foliar favorecen la germinación de esporas y su penetración en el tejido vegetal. Adicionalmente, la densidad foliar característica de plantaciones mal ventiladas intensifica la humedad en el dosel y acelera el desarrollo epidémico (Campo Arana et al., 2020). Estas condiciones son comunes en el Soconusco, Chiapas, región donde se ubicó el presente estudio.

El ciclo de infección del hongo inicia con la deposición de esporas sobre el tejido foliar, seguido de la germinación y penetración a través de estomas o directamente sobre la cutícula. Posteriormente, el hongo coloniza el tejido subcuticular, ocasiona el desarrollo de lesiones visibles y avanza hacia la necrosis del tejido. Finalmente, ocurre la liberación de nuevas esporas que pueden ser dispersadas por viento y salpicaduras de lluvia, reiniciando el ciclo. Este proceso puede completarse en un rango de 20 a 30 días, permitiendo múltiples infecciones dentro de un mismo ciclo agrícola (Martínez-Bolaños, 2012). En condiciones altamente favorables, los incrementos poblacionales del patógeno pueden causar pérdidas superiores al 50% en el rendimiento del cultivo (CAB International, 2000).

Impacto fisiológico y productivo de la sigatoka negra

El impacto fisiológico de la sigatoka negra sobre plantas de banano es altamente significativo, ya que afecta de manera directa la funcionalidad foliar y la eficiencia fotosintética. La infección por *M. fijiensis* provoca la degradación de cloroplastos, la disminución de la tasa fotosintética neta y la aceleración del proceso de senescencia foliar. Cuando la planta pierde hojas antes del llenado del racimo, disminuye la acumulación de carbohidratos necesarios para el desarrollo del fruto, lo que se traduce en racimos más ligeros, frutos más pequeños y de menor calidad comercial (Rodríguez-Gaviria y Cayón, 2008). En plantaciones donde la incidencia y severidad de la enfermedad no se encuentran adecuadamente controladas, es común que los productores se vean obligados a realizar cosechas anticipadas, afectando gravemente la calidad para exportación, pues los frutos no alcanzan su desarrollo óptimo (Marín, 2018).

Manejo convencional: fungicidas químicos y resistencia

Durante décadas, el control de la sigatoka negra ha dependido casi exclusivamente del uso intensivo de fungicidas químicos. Los fungicidas más utilizados se dividen en dos categorías principales: sistémicos, como las estrobilurinas, triazoles y morfolinas, y de contacto, como mancozeb o clorotalonil. Los sistémicos tienen mecanismos de acción específicos, lo que los hace eficaces inicialmente pero los vuelve vulnerables al desarrollo de resistencia por parte del patógeno. El uso repetido y, en algunos casos, indiscriminado de estos productos ha ocasionado la aparición de cepas de *M. fijiensis* resistentes, reduciendo significativamente la eficacia de control (Campo Arana et al., 2020).

En regiones bananeras de Centroamérica y el sur de México, las aplicaciones pueden llegar a superar las 30 por ciclo productivo anual, lo que incrementa de forma considerable los costos de producción y genera preocupaciones ambientales asociadas a la acumulación de residuos químicos en el suelo, el agua y la vegetación circundante (Orozco-Santos y Orozco-Romero, 2004). Además, existe el riesgo de afectación a organismos benéficos y fauna asociada, lo que compromete la estabilidad ecológica de los agroecosistemas. A medida que avanza la resistencia, los productores aumentan la dosis o la frecuencia de aplicación, exacerbando los impactos y creando un círculo de dependencia hacia los agroquímicos.

Estrategias complementarias dentro del Manejo Integrado de Enfermedades

El Manejo Integrado de Enfermedades (MIE) busca reducir la presión de inóculo mediante la combinación de prácticas culturales, biológicas, genéticas y químicas. El deshojo sanitario es una de las prácticas más importantes dentro del MIE, pues permite reducir la carga de esporas presentes en hojas viejas o altamente afectadas. El drenaje adecuado evita períodos prolongados de humedad sobre la superficie foliar, mientras que la adecuada ventilación de las plantaciones mediante el uso de marcos de plantación amplios reduce la humedad relativa en el dosel. Estas tres medidas pueden disminuir significativamente la incidencia y severidad de la enfermedad sin necesidad de recurrir inmediatamente al control químico (Marín, 2018).

El manejo biológico mediante microorganismos antagonistas como *Trichoderma spp.*, *Bacillus subtilis* o *Pseudomonas fluorescens* constituye otra herramienta dentro del MIE. Estos organismos compiten con el patógeno por espacio y nutrientes, producen sustancias antifúngicas o inducen respuestas de defensa en la planta. Aunque sus resultados en campo pueden variar según las condiciones ambientales, su uso representa una alternativa sustentable que puede complementar el manejo químico y disminuir la dependencia de los fungicidas convencionales (Campo Arana et al., 2020).

Alternativas agroecológicas y fungicidas de nueva generación

La necesidad de sistemas agrícolas más sustentables ha impulsado la investigación y el desarrollo de fungicidas agroecológicos de nueva generación, los cuales priorizan la reducción del impacto ambiental, la baja toxicidad y el menor riesgo de generar resistencia. Los fungicidas basados en moléculas naturales, extractos vegetales, polisacáridos y agentes oxidantes han mostrado resultados alentadores en la reducción de enfermedades fúngicas en cultivos tropicales.

La Poly-D Glucosamina, derivada de la quitina, es un polisacárido que ha demostrado poseer propiedades antifúngicas y la capacidad de inducir mecanismos de defensa en las plantas. Su modo de acción incluye la alteración de la permeabilidad de la membrana celular de los hongos, la inhibición del crecimiento micelial, la interferencia en la germinación de esporas y la activación de respuestas sistémicas en la planta, tales como la producción de fitoalexinas y enzimas de defensa (Rodríguez-Gaviria y Cayón, 2008). Estos múltiples mecanismos reducen significativamente la probabilidad de que el patógeno desarrolle resistencia.

Además, las soluciones electrolizadas de hiperoxidación poseen un elevado poder oxidante que permite la desnaturalización rápida de proteínas fúngicas y la inactivación de estructuras reproductivas del hongo. La combinación de Poly-D Glucosamina con soluciones electrolizadas resulta en un fungicida agroecológico moderno, biodegradable, sin residuos y con aplicaciones potenciales dentro de esquemas de producción sustentable.

El uso de este tipo de productos tiene varias ventajas, entre las que destacan la ausencia de efectos tóxicos en plantas, animales y seres humanos, la posibilidad de incorporarlos dentro de programas de agricultura orgánica, la compatibilidad con prácticas culturales y biológicas del MIE, y la reducción del número de aplicaciones químicas necesarias para mantener la enfermedad bajo control. Ensayos en campo reportados en la literatura han demostrado que los fungicidas agroecológicos pueden alcanzar eficacias superiores al 50% bajo condiciones de alta presión de inóculo, especialmente cuando se aplican de manera oportuna en las etapas iniciales del desarrollo de la enfermedad (Campo Arana et al., 2020).

Relevancia de evaluar nuevos productos en regiones tropicales de México

Las condiciones ambientales del Soconusco, en Chiapas, donde se encuentra Mazatlán, son altamente favorables para el desarrollo de la sigatoka negra, lo que convierte a la región en un escenario ideal para evaluar nuevas tecnologías de control. La integración de productos agroecológicos dentro de los programas de manejo puede ser una alternativa efectiva para reducir la dependencia histórica de los fungicidas sintéticos. El presente estudio realizado en Mazatlán permite generar evidencia científica en condiciones reales de campo sobre la eficacia de un fungicida agroecológico de última generación basado en Poly-D Glucosamina en solución electrolizada. Este tipo de investigaciones son esenciales para validar alternativas más sustentables, eficientes y ambientalmente responsables, y aportan información valiosa para productores, asesores técnicos y tomadores de decisiones del sector agrícola que buscan modernizar prácticas y reducir riesgos asociados al uso intensivo de agroquímicos.

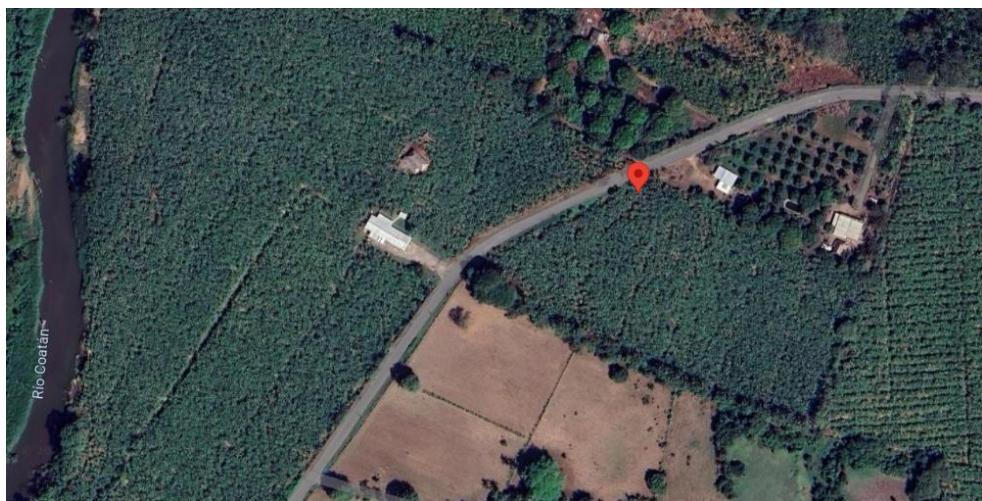
MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del sitio experimental

El estudio se desarrolló en el municipio de Mazatlán, zona bananera de la región de Tapachula, Chiapas. La zona según la clasificación de Köppen, cuenta con un clima, que corresponde a un clima tropical de sabana, caracterizado por ser cálido y húmedo con una estación de lluvias en verano. La zona cuenta con temperaturas mínimas promedio de 21°C y máximas de 31°C con humedad relativa promedio de 85 + - 5% y media de precipitación anual de 2660 mm (SMN, 2025).

Establecimiento del ensayo

El sitio experimental se ubicó en el Rancho San Isidro, ubicado en las coordenadas 14°49'51.9"N 92°27'25.4"W (equivalente a 14.831085, -92.457046), se estableció en una plantación de banano (*M. paradisiaca*) de tres años de edad en fase vegetativa y en proceso de floración establecidas a doble hilera en camas de 2 m de largo con una distancia entre cepas (plantas) de 2 m y 1 m entre líneas. En el sitio se registró la humedad relativa promedio, temperaturas mínimas y máximas con la ayuda de un Data Logger Hobo®. A continuación se muestra una fotografía satelital del sitio experimental:



Elemento de prueba y patosistema evaluado

El fungicida evaluado (elemento de prueba), es un formulado en solución acuosa, es un fungicida de última generación a base de Poly-D Glucosamina (5%) en solución electrolizada de hiperoxidación que está catalogado como fungicida misceláneo debido a sus bajo o nulos impactos ambientales y toxicidad en mamíferos; este se utilizó para evaluar su efecto sobre la sigatoka negra asociada al hongo *Mycosphaerella fijiensis* patógeno de plátano y banano. No se realizaron inoculaciones artificiales, solamente se evaluaron los síntomas y daños asociados al inoculo ambiental.

La identificación de la enfermedad se realizó en campo mediante inspección visual, se colectaron muestras para aislamientos monospóricos en laboratorio e identificación por morfología típica de ascomicetos (Bailey y Jeger, 1992; Barnett y Hunter, 1998; Campo et al., 2020).

Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento lo que conformó 20 unidades experimentales (UE's). Cada unidad experimental estuvo constituida por dos hileras de 8×5 m, equivalentes a 40 m^2 , con 5 a 6 plantas por UE, dando un total de 160 m^2 por tratamiento y 800 m^2 para toda el área experimental. Los tratamientos evaluados consistieron en: T1: fungicida a base de Poly-D Glucosamina (5%) en solución electrolizada de hiperoxidación a dosis de 15 L/ha, T2: fungicida a base de Poly-D Glucosamina (5%) en solución electrolizada de hiperoxidación a dosis de 20 L/ha, fungicida a base de Poly-D Glucosamina (5%) en solución electrolizada de hiperoxidación a dosis de 25 L/ha, T4, Mancozeb (equivalente a 800 g de i.a./Kg) a dosis de 3.0 kg/ha y finalmente T5: testigo sin aplicación.

Aplicación de tratamientos

Previo a la aplicación se realizaron calibraciones para calcular de forma correcta las dosis en cada unidad experimental. Todos los tratamientos se aplicaron de manera foliar mediante mochila motorizada equipada con boquilla de cono hueco. El gasto de agua se calculó a 375 L/ha. Las aplicaciones iniciaron cuando se detectaron los primeros síntomas típicos de la enfermedad. Se realizaron CUATRO APLICACIONES de cada tratamiento con un INTERVALO DE SIETE DÍAS ENTRE APLICACIONES. Las aplicaciones se realizaron con una mochila motorizada con capacidad de 25 litros y motor de 2 tiempos, potencia de 1 hp, presión de 363 PSI/25 Bar y descarga 8 L/min.

Evaluación de la efectividad biológica y fitotoxicidad

Previo a la aplicación de los tratamientos y con el objetivo de detectar los primeros síntomas y periodo óptimo de aplicación, se realizó un muestreo, se estimaron los niveles de severidad e incidencia de la enfermedad. Una vez realizada la primera aplicación de tratamientos, se realizaron evaluaciones a los 7, 14, 21 y 28. De cada UE, se seleccionaron dos plantas de manera aleatoria, y se determinó la severidad e incidencia. En total encada fecha de evaluación se evaluaron ocho plantas por tratamiento y 40 plantas para todo el experimento.

Severidad

Se determinó calculando el área foliar afectada, se estimó visualmente el área cubierta de síntomas de la enfermedad en cada hoja por planta, lo anterior se estimó visualmente utilizando la escala de Stover (1980) modificada por Gauhl (1990) que se presenta a continuación:

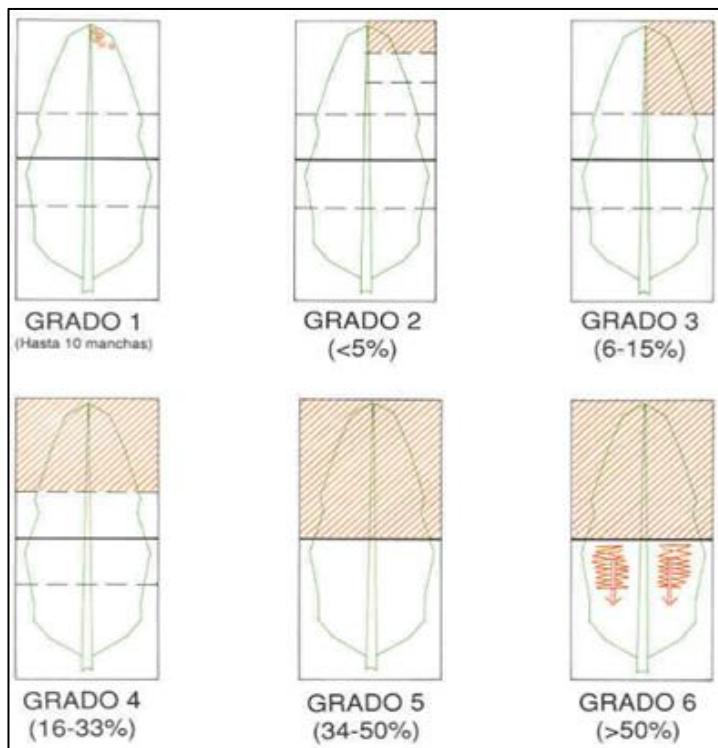


Figura 1. Escala de Stover (1980) modificada por Gauhl para la evaluación de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en plátano y banano.

Incidencia

Se calculó como el número de hojas afectadas sobre el total de hojas muestreadas en cada planta.

Fitotoxicidad

Se determinó en cada planta, considerando síntomas de cambio de color, necrosis y deformación asociados a efectos tóxicos de los tratamientos y se determinó en base a la escala de la European Weed Research Society (EWRS), expresando los resultados en porcentaje de fitotoxicidad en el cultivo.

Cuadro 1. Escala de puntuación propuesta por la EWRS (European Weed Research Society) para evaluar fitotoxicidad al cultivo y su interpretación agronómica porcentual.

Valor puntual	Efecto sobre el cultivo	% de fitotoxicidad al cultivo
1	Sin efecto	0
2	Síntomas muy ligeros	1.0 - 3.5
3	Síntomas ligeros	3.5 - 7.0
4	Síntomas sin daños en rendimiento	7.0 - 12.5
5	Daño medio	12.5 - 20
6	Daños elevados	20 - 30
7	Daños muy elevados	30 - 50
8	Daños severos	50 - 99
9	Muerte completa	100

Métodos estadísticos y cálculo de eficacia

Con los datos de incidencia y severidad obtenidos en cada unidad experimental y por fecha, se realizaron análisis de varianza (ANOVA) y comparación de múltiples de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), se utilizó el paquete estadístico SAS v. 9.1. se corrieron pruebas de homogeneidad de varianzas (Levene), la prueba de Shapiro-Wilk para la distribución normal, y el supuesto de independencia se aseguró mediante la aleatorización de tratamientos en las UE.

Para determinar el porcentaje de severidad se utilizó la siguiente fórmula Vanderplank (1968):

$$s(\%) \frac{\sum i}{N(V_{max})} \times 100$$

Donde:

s = Porcentaje de severidad

$\sum i$ = Sumatoria de valores observados

N = Número de plantas muestreadas

V_{max} = Valor máximo de la escala

La incidencia obtuvo con la expresión:

$$\text{Incidencia (\%)} = \frac{\text{Número de hojas con síntomas}}{\text{Total de hojas muestreadas}} \times 100$$

El porcentaje de eficacia de los tratamientos se calculó con la fórmula de Abbott:

$$\% \text{eficacia} = \frac{IT - it}{IT} \times 100$$

Donde

IT= corresponde a la incidencia o severidad en el testigo absoluto.

it= incidencia o severidad en el tratamiento evaluado.

Calendario de actividades

Cuadro 2. Calendario de actividades en el estudio de evaluación de la efectividad biológica de un fungicida agroecológico para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de banano (*Musa paradisiaca L.*) en Mazatlán, Chiapas, 2024.

Actividad	Fecha
Evaluación previa y primera aplicación de tratamientos.	19 – Octubre – 2024
Primera evaluación y segunda aplicación de tratamientos.	26 – Octubre – 2024
Segunda evaluación y tercera aplicación	02 – Noviembre – 2024
Tercera evaluación y cuarta aplicación	09 – Noviembre - 2024
Cuarta evaluación	16 - Noviembre - 2024

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación previa

Severidad

En el (Cuadro 3) se aprecian los resultados obtenidos en la evaluación previa. En la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey, $p<0.05$) se observa la conformación de una sola agrupación para todos los tratamientos debido a que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre ellos, esto se debe a que la distribución inicial de la enfermedad fue homogénea en todas las unidades experimentales. La severidad inicial de la enfermedad observada en el sitio experimental al momento de la instalación del experimento con el uso de la escala propuesta, por planta muestreada osciló entre 4.13 y 4.63, debido a esto, durante la prueba de comparación múltiple de medias por el método de Tukey, todos los tratamientos fueron agrupados en una sola la literal (A) por lo que no hubo diferencias estadísticas entre ellos.

Cuadro 3. Resultados del análisis de la evaluación previa de la severidad en el estudio de evaluación de la efectividad biológica del fungicida agroecológico para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano (*Musa paradisiaca L.*) en Mazatlán, Chiapas, 2024.

Tratamientos	Dosis	Severidad	
		Tukey ($\alpha = 0.05$)	Promedio
T1. Fungicida agroecológico	15 L/ha	A	4.25
T2. Fungicida agroecológico	20 L/ha	A	4.13
T3. Fungicida agroecológico	25 L/ha	A	4.63
T4. Mancozeb	3.0 kg/ha	A	4.38
T5. Testigo absoluto	NA	A	4.63

<i>PR > F</i>	0.5732
<i>Levene's Test</i>	0.4871

En la Figura 2 se observa la gráfica del promedio de severidad, esta indica que el nivel de severidad de la enfermedad fue similar en todas las unidades experimentales, lo cual favoreció para el establecimiento del experimento en un diseño completamente al azar.

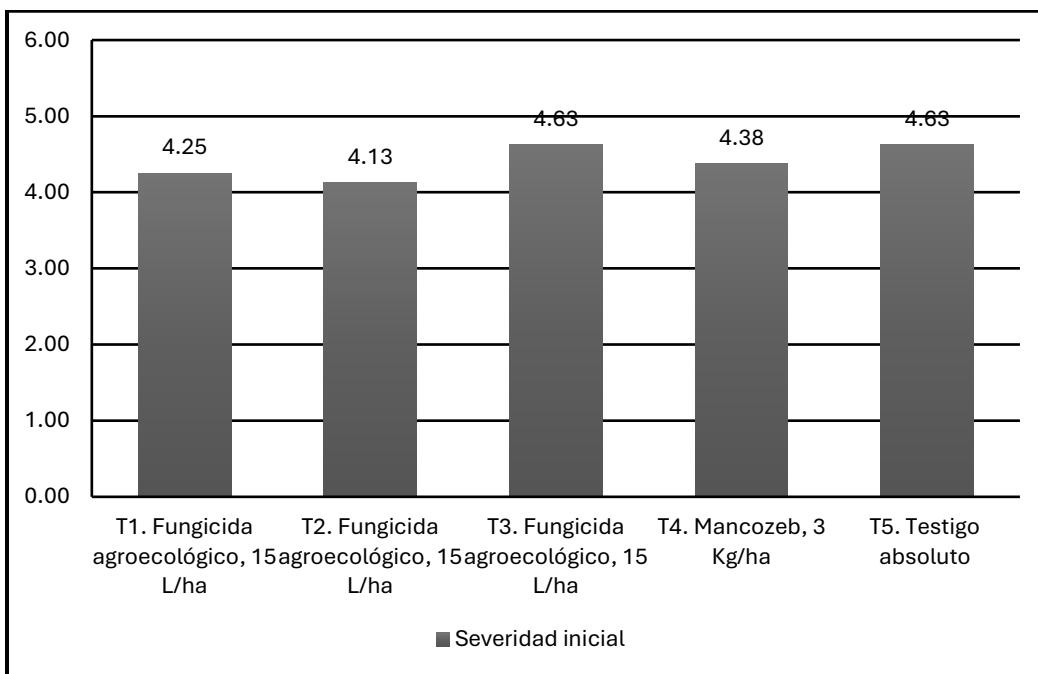


Figura 2. Promedio de severidad de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en la evaluación previa del estudio de la efectividad biológica de un fungicida agroecológico para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano (*Musa paradisiaca* L.) en Mazatlán, Chiapas, 2024.

Incidencia

En el (Cuadro 4) se aprecian los resultados obtenidos en la evaluación previa. En la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey, $p<0.05$) se observa la conformación de una sola agrupación para todos los tratamientos debido a que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre ellos, esto se debe a que la distribución inicial de la enfermedad fue homogénea en todas las unidades experimentales. La incidencia inicial de la enfermedad observada en el sitio experimental al momento de la instalación del experimento con el uso de la escala propuesta, por planta muestreada osciló entre 0.43 y 0.50, debido a esto, durante la prueba de comparación múltiple de medias por el método de Tukey, todos los tratamientos fueron agrupados en una sola literal (A) por lo que no hubo diferencias estadísticas entre ellos.

Cuadro 4. Resultados del análisis de la evaluación previa de la incidencia en el estudio de evaluación de la efectividad biológica del fungicida agroecológico para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano (*Musa paradisiaca L.*) en Mazatlán, Chiapas, 2024.

Tratamientos	Dosis	Incidencia	
		Tukey ($\alpha = 0.05$)	Promedio
T1. Fungicida agroecológico	15 L/ha	A	0.46
T2. Fungicida agroecológico	20 L/ha	A	0.43
T3. Fungicida agroecológico	25 L/ha	A	0.49
T4. Mancozeb	3.0 kg/ha	A	0.50
T5. Testigo absoluto	NA	A	0.43

PR > F **0.6944**

Levene's Test **0.1192**

En la Figura 3 se observa la gráfica del promedio de incidencia, esta indica que el nivel de incidencia de la enfermedad fue similar en todas las unidades experimentales, lo cual favoreció para el establecimiento del experimento en un diseño completamente al azar.

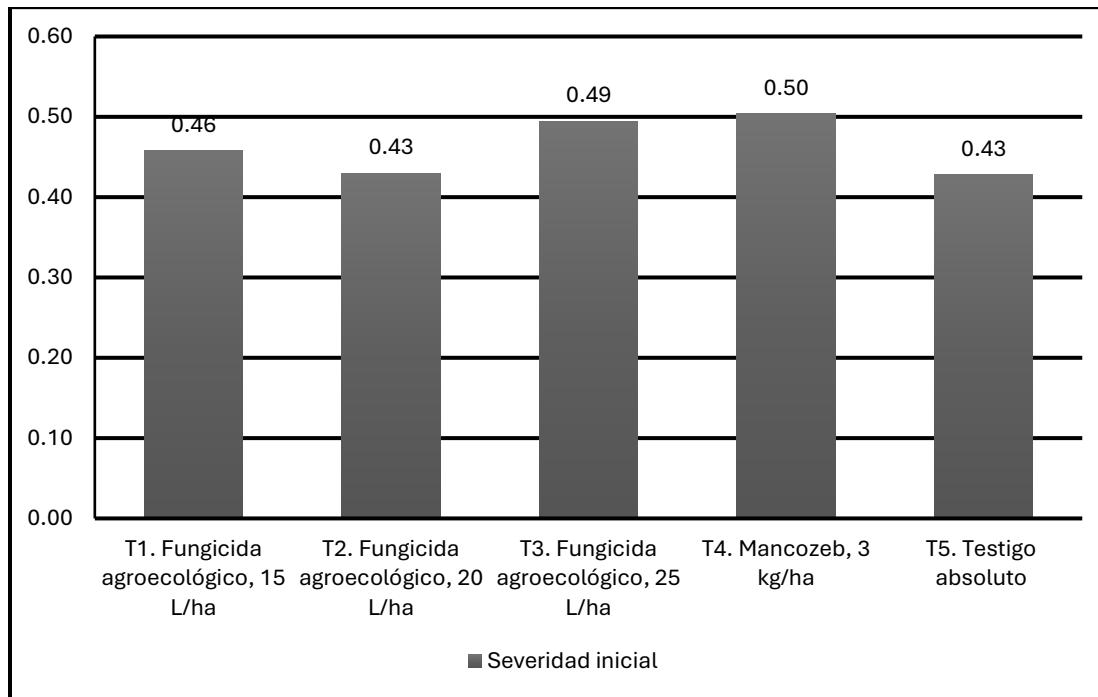


Figura 3. Promedio de incidencia de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en la evaluación previa del estudio de la efectividad biológica del fungicida agroecológico para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano (*Musa paradisiaca L.*) en Mazatlán, Chiapas, 2024.

Primera evaluación

Severidad

Los resultados de la primera evaluación se muestran en el Cuadro 5. En la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey, $p<0.05$) se observa la conformación de una sola agrupación para todos los tratamientos debido a que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre ellos, esto se debe a que la distribución de la enfermedad fue homogénea en todas las unidades experimentales. La severidad de la enfermedad en el sitio experimental en la primera evaluación osciló entre 0.88 y 1.75, debido a esto, durante la prueba de comparación múltiple de medias por el método de Tukey, todos los tratamientos fueron agrupados en una sola literal (A), por lo que no hubo diferencias estadísticas entre ellos.

Cuadro 5. Resultados del análisis de la severidad de la primera evaluación del estudio de la efectividad biológica del fungicida agroecológico para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano (*Musa paradisiaca L.*) en Mazatlán, Chiapas, 2024.

Tratamientos	Dosis Kg o L/ha	Severidad		
		Tukey ($\alpha = 0.05$)	Promedio	Eficacia (%)
T1. Fungicida agroecológico	15 L/ha	A	1.12	36
T2. Fungicida agroecológico	20 L/ha	A	1.50	14
T3. Fungicida agroecológico	25 L/ha	A	0.88	50
T4. Mancozeb	3.0 kg/ha	A	0.88	50
T5. Testigo absoluto	NA	A	1.75	0
<i>PR > F</i>			0.1303	
<i>Levene's Test</i>			0.1385	

En la Figura 4 se observa la gráfica del promedio de severidad, esta indica que el nivel de severidad de la enfermedad fue similar en todas las unidades experimentales, lo cual indica que aún no se muestran resultados significativos.

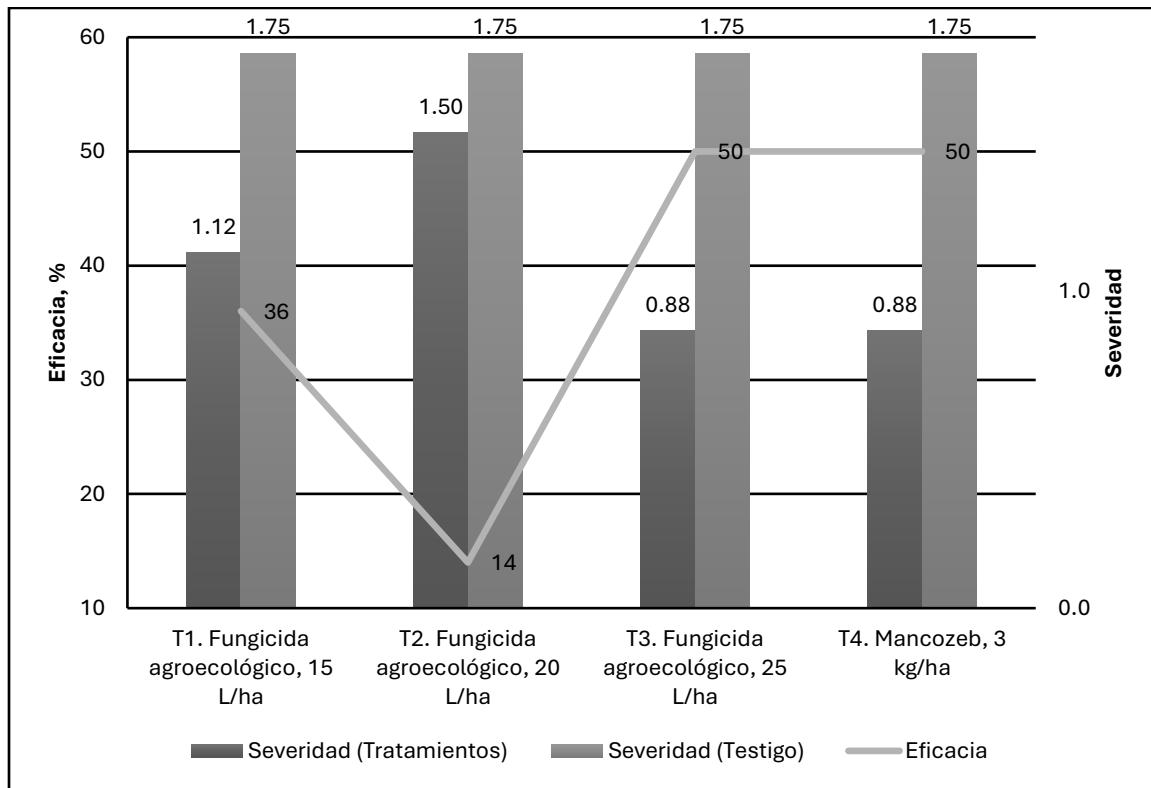


Figura 4. Promedio de severidad de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) por tratamiento vs testigo, y porcentaje de eficacia de control en la primera evaluación del estudio de la efectividad biológica del fungicida agroecológico para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano (*Musa paradisiaca L.*) en Mazatlán, Chiapas, 2024.

Incidencia

Los resultados de la primera evaluación se muestran en el Cuadro 6. En la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey, $p<0.05$) se observa la conformación de una sola agrupación para todos los tratamientos debido a que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre ellos, esto se debe a que la distribución de la enfermedad fue homogénea en todas las unidades experimentales. La incidencia de la enfermedad en el sitio experimental en la primera evaluación osciló entre 0.10 y 0.18, debido a esto, durante la prueba de comparación múltiple de medias por el método de Tukey, todos los tratamientos fueron agrupados en una sola literal (A), por lo que no hubo diferencias estadísticas entre ellos.

Cuadro 6. Resultados del análisis de incidencia de la primera evaluación del estudio de la efectividad biológica del fungicida agroecológico para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano (*Musa paradisiaca L.*) en Mazatán, Chiapas, 2024.

Tratamientos	Dosis Kg o L/ha	Incidencia		
		Tukey ($\alpha = 0.05$)	Promedio	Eficacia (%)
T1. Fungicida agroecológico	15 L/ha	A	0.16	6
T2. Fungicida agroecológico	20 L/ha	A	0.18	0
T3. Fungicida agroecológico	25 L/ha	A	0.10	43
T4. Mancozeb	3.0 kg/ha	A	0.10	40
T5. Testigo absoluto	NA	A	0.17	0

PR > F **0.4119**

Levene's Test **0.1877**

En la Figura 5 se observa la gráfica del promedio de incidencia, esta indica que el nivel de incidencia de la enfermedad fue similar en todas las unidades experimentales, lo cual indica que aún no se muestran resultados significativos.

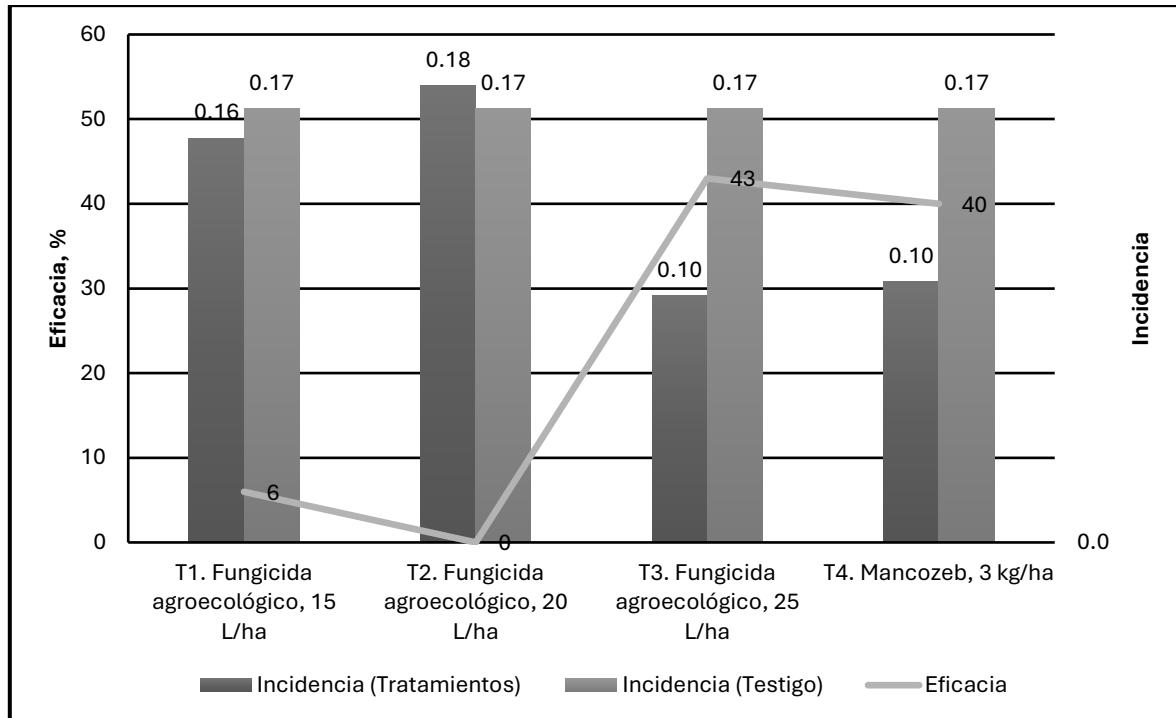


Figura 5. Promedio de incidencia de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) por tratamiento vs testigo, y porcentaje de eficacia de control en la primera evaluación del estudio de la efectividad biológica del fungicida agroecológico para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano (*Musa paradisiaca L.*) en Mazatlán, Chiapas, 2024.

Segunda evaluación

Severidad

Los resultados de la segunda evaluación se muestran en el Cuadro 7. En la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey, $p<0.05$) no se observan diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Los tratamientos con la misma letra o agrupación son estadísticamente iguales. Sin embargo, la menor severidad en las unidades experimentales se presentó cuando se aplicaron los tratamientos T3 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 25 L/ha), T1 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 15 L/ha) con 2.88 y 4.00 respectivamente, de la escala de severidad propuesta para este estudio, en este sentido, durante la comparación de medias estos tratamientos se ubicaron en la literal (C); el T2 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 20 L/ha) alcanzó un promedio de severidad de 4.63, lo que lo ubicó en el grupo (CB). Por otra parte, el tratamiento T4 (MANCOZEB 3.0 kg/ha) registró un promedio de 7.25 de severidad por unidad experimental y fue agrupado en la literal (AB). El testigo absoluto obtuvo la mayor severidad con un promedio de severidad de 9.75 y se ubicó en la agrupación A.

Cuadro 7. Resultados del análisis de la severidad de la segunda evaluación del estudio de la efectividad biológica del fungicida agroecológico para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano (*Musa paradisiaca L.*) en Mazatlán, Chiapas, 2024.

Tratamientos	Dosis Kg o L/ha	Severidad		
		Tukey ($\alpha = 0.05$)	Promedio	Eficacia (%)
T1. Fungicida agroecológico	15 L/ha	C	4.00	59
T2. Fungicida agroecológico	20 L/ha	CB	4.63	53
T3. Fungicida agroecológico	25 L/ha	C	2.88	71
T4. Mancozeb	3.0 kg/ha	AB	7.25	26
T5. Testigo absoluto	NA	A	9.75	0
<i>PR > F</i>		0.0001		
<i>Levene's Test</i>		0.2759		

En la Figura 6 se muestra la gráfica obtenida en la segunda evaluación, en este sentido el efecto de los tratamientos tuvo un alto impacto en el desarrollo de la enfermedad en las unidades experimentales; en este sentido se observa que el T3 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 25 L/ha), alcanzó una eficacia de 71%, el T1 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 15 L/ha) obtuvo una eficacia de 59% , el T2 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 20 L/ha) alcanzó el 53%, indicando que los resultados son satisfactorios para el control de la sigatoka negra en banano. Finalmente, el T4 (MANCOZEB 3.0 kg/ha) obtuvo una eficacia del 26 %, lo que indica un pobre control de la enfermedad. El testigo sin aplicación evidentemente no obtuvo eficacia de control, por el contrario, se observó un aumento en la intensidad de la enfermedad de forma continua en las unidades experimentales.

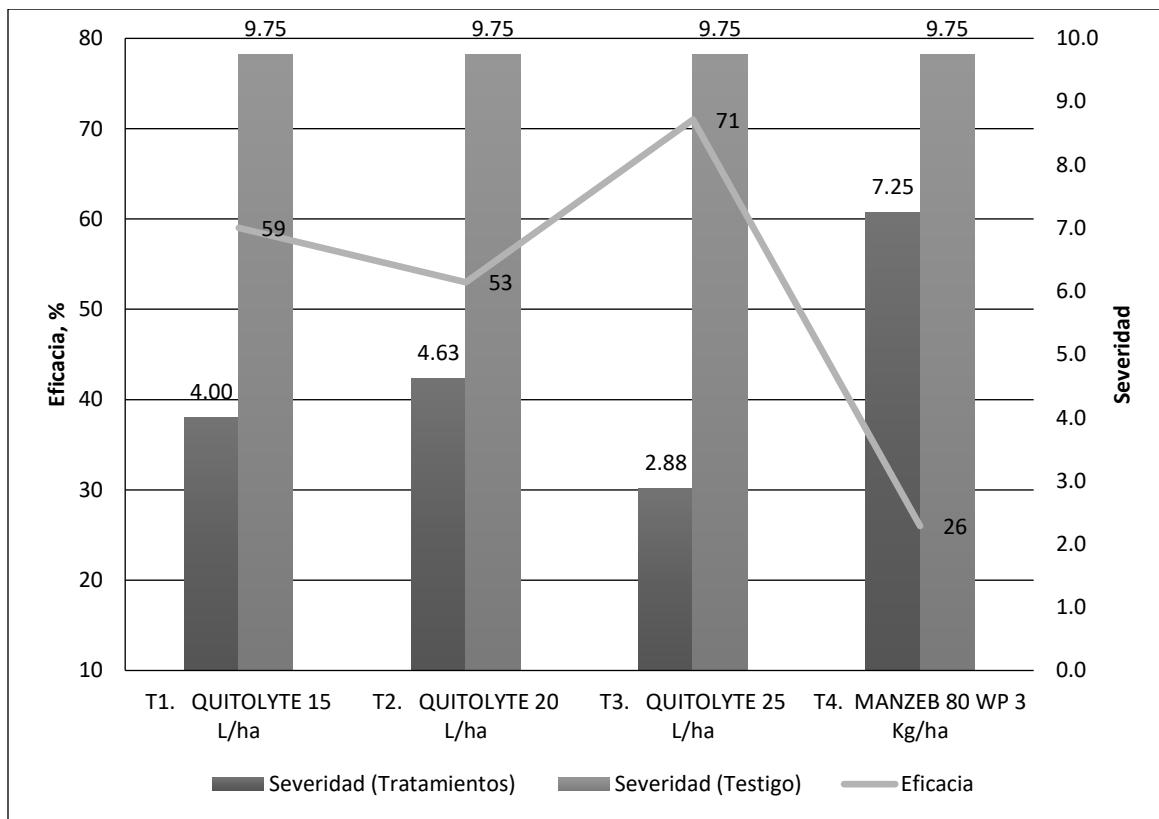


Figura 6. Promedio de severidad de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) por tratamiento vs testigo, y porcentaje de eficacia de control en la segunda evaluación del estudio de la efectividad biológica del fungicida agroecológico para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano (*Musa paradisiaca L.*) en Mazatlán, Chiapas, 2024.

Incidencia

Los resultados de la segunda evaluación se muestran en el Cuadro 8. En la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey, $p<0.05$) no se observan diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Los tratamientos con la misma letra o agrupación son estadísticamente iguales. La menor incidencia en las unidades experimentales se presentó

cuando se aplicó el tratamiento T3 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 25 L/ha) con 0.38 ubicado en la literal (C) y T1 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 15 L/ha) y T2 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 20 L/ha) con 0.43 y 0.47, respectivamente, de la escala de incidencia propuesta para este estudio, en este sentido, durante la comparación de medias estos tratamientos se ubicaron en la literal (CB). Por otra parte, el tratamiento T4 (MANCOZEB 3.0 Kg/ha) registró un promedio de 0.57 de incidencia por unidad experimental y fue agrupado en la literal (AB). El testigo absoluto, obtuvo la mayor severidad con un promedio de severidad de 0.69 y se ubicó en la agrupación A.

Cuadro 8. Resultados del análisis de la incidencia en la segunda evaluación del estudio de la efectividad biológica del fungicida agroecológico para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano (*Musa paradisiaca* L.) en Mazatlán, Chiapas, 2024.

Tratamientos	Dosis Kg o L/ha	Incidencia		
		Tukey ($\alpha = 0.05$)	Promedio	Eficacia (%)
T1. Fungicida agroecológico	15 L/ha	CB	0.43	39
T2. Fungicida agroecológico	20 L/ha	CB	0.47	32
T3. Fungicida agroecológico	25 L/ha	C	0.38	45
T4. Mancozeb	3.0 kg/ha	AB	0.57	18
T5. Testigo absoluto	NA	A	0.69	0
<i>PR > F</i>		0.0007		
<i>Levene's Test</i>		0.9254		

En la Figura 7 se muestra la gráfica obtenida en la segunda evaluación, en este sentido el efecto de los tratamientos tuvo un impacto en el desarrollo de la enfermedad en las unidades experimentales; en este sentido se observa que el T3 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 25 L/ha), alcanzó una eficacia de 45%, el T1 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 15 L/ha) obtuvo una eficacia de 39% , el T2 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 20 L/ha) alcanzó el 32%, indicando que los resultados son aceptables para el control de la sigatoka negra en banano. Finalmente, el T4 (MANCOZEB 3.0 kg/ha) obtuvo una eficacia del 18%, lo que indica un pobre control de la enfermedad. El testigo sin aplicación evidentemente no obtuvo eficacia de control, por el contrario, se observó un aumento en la intensidad de la enfermedad de forma continua en las unidades experimentales.

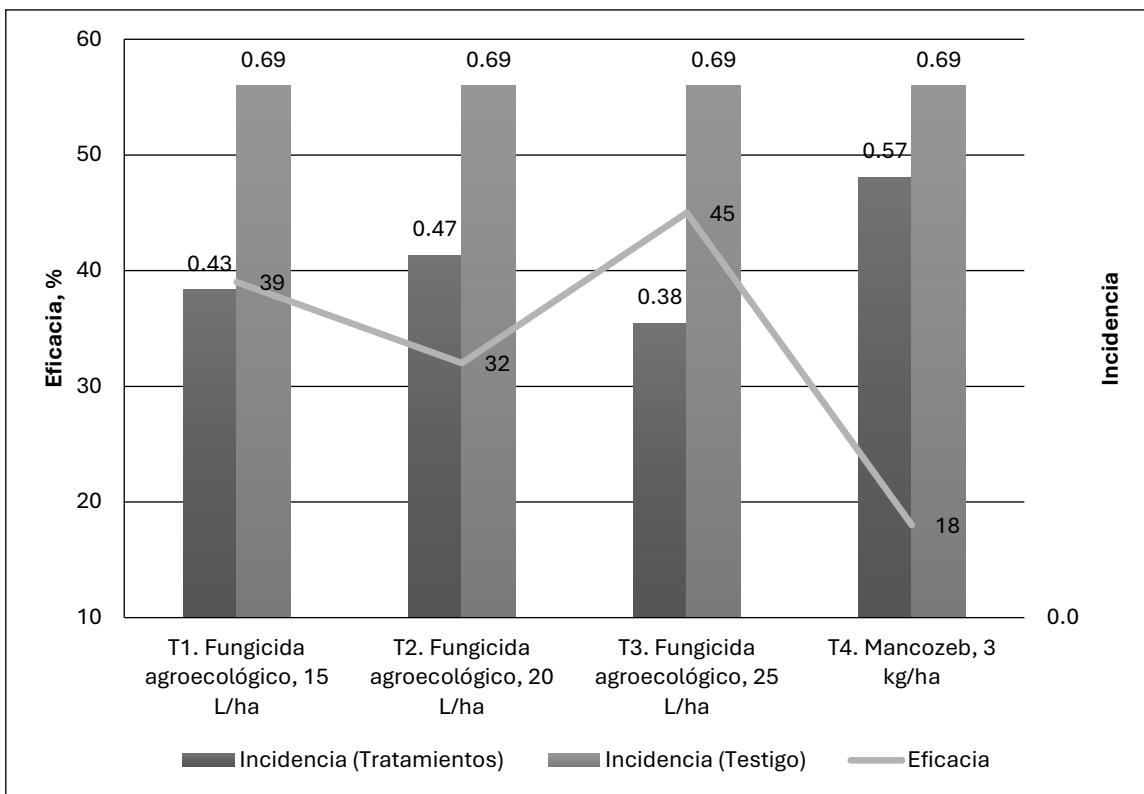


Figura 7. Promedio de incidencia de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) por tratamiento vs testigo, y porcentaje de eficacia de control en la segunda evaluación del estudio de la efectividad biológica del fungicida agroecológico para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano (*Musa paradisiaca L.*) en Mazatlán, Chiapas, 2024.

Tercera evaluación

Severidad

Los resultados de la tercera evaluación se muestran en el Cuadro 9. En la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey, $p<0.05$) no se observan diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Los tratamientos con la misma letra o agrupación son estadísticamente iguales. La menor severidad en las unidades experimentales se presentó cuando se aplicaron los tratamientos T3 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 25 L/ha), T1 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 15 L/ha) con 2.38 y 3.00 respectivamente, de la escala de severidad propuesta para este estudio, en este sentido, durante la comparación de medias estos tratamientos se ubicaron en la literal (C); el T2 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 20 L/ha) alcanzó un promedio de severidad de 3.50, lo que lo ubicó en el grupo (CB). Por otra parte, el tratamiento T4 (MANCOZEB 3.0 kg/ha) registró un promedio de 7.25 de severidad por unidad experimental y fue agrupado en la literal (AB). El testigo absoluto obtuvo la mayor severidad con un promedio de severidad de 7.38 y se ubicó en la agrupación A.

Cuadro 9. Resultados del análisis de la severidad en la tercera evaluación del estudio de la efectividad biológica del fungicida agroecológico para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano (*Musa paradisiaca* L.) en Mazatlán, Chiapas, 2024.

Tratamientos	Dosis Kg o L/ha	Severidad		
		Tukey ($\alpha = 0.05$)	Promedio	Eficacia (%)
T1. Fungicida agroecológico	15 L/ha	C	3.00	59
T2. Fungicida agroecológico	20 L/ha	CB	3.50	53
T3. Fungicida agroecológico	25 L/ha	C	2.38	68
T4. Mancozeb	3.0 kg/ha	AB	7.25	2
T5. Testigo absoluto	NA	A	7.38	0

<i>PR > F</i>	0.0016
<i>Levene's Test</i>	0.1724

En la Figura 8 se muestra la gráfica obtenida en la tercera evaluación, en este sentido el efecto de los tratamientos tuvo un impacto considerable en el desarrollo de la enfermedad en las unidades experimentales; en este sentido se observa que el T3 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 25 L/ha), alcanzó una eficacia de 68%, el T1 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 15 L/ha) obtuvo una eficacia de 59% , el T2 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 20 L/ha) alcanzó el 53%, indicando que los resultados son satisfactorios para el control de sigatoka negra en banano. Finalmente, el T4 (MANCOZEB 3.0 kg/ha) obtuvo una eficacia mínima del 2%, lo que indica un pobre control de la enfermedad. El testigo sin aplicación evidentemente no obtuvo eficacia de control, por el contrario, se observó un aumento en la intensidad de la enfermedad.

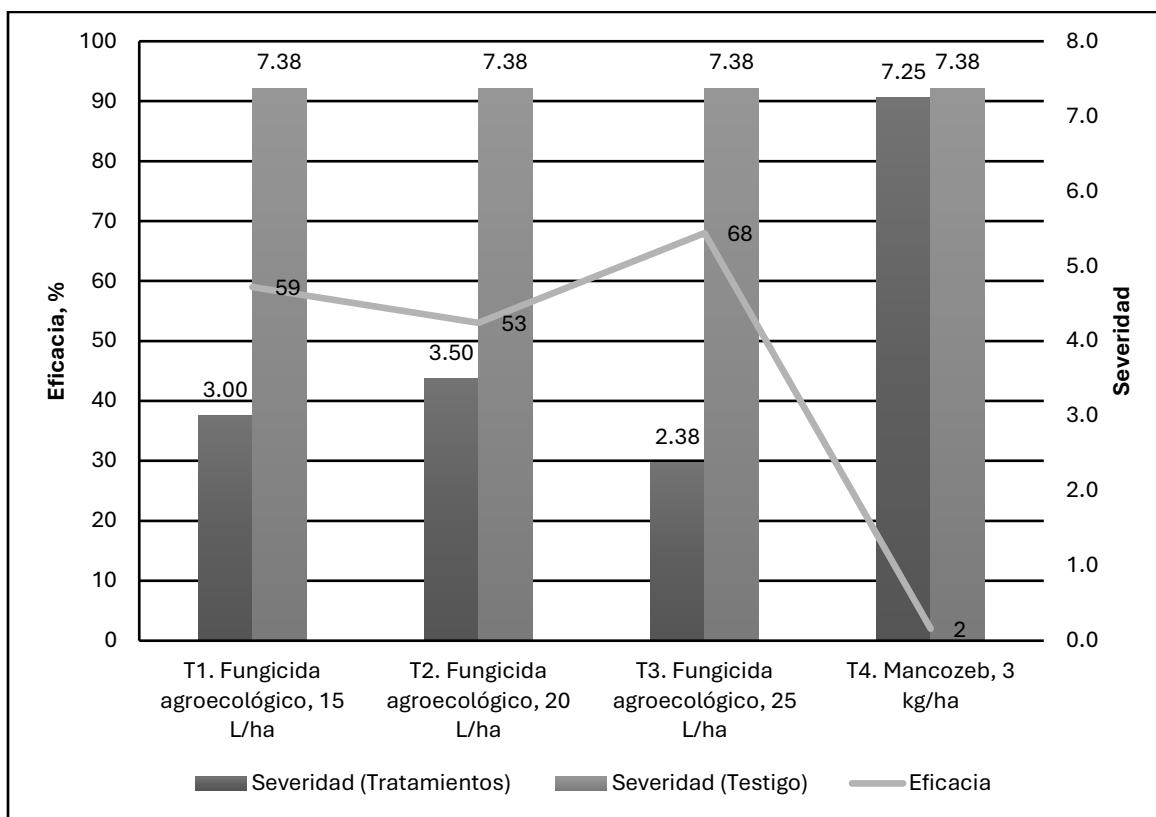


Figura 8. Promedio de severidad de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) por tratamiento vs testigo, y porcentaje de eficacia de control en la tercera evaluación del estudio de la efectividad biológica del fungicida agroecológico para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banana (*Musa paradisiaca L.*) en Mazatlán, Chiapas, 2024.

Incidencia

Los resultados de la tercera evaluación se muestran en el Cuadro 10. En la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey, $p<0.05$) no se observan diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Los tratamientos con la misma letra o agrupación son estadísticamente iguales. La menor incidencia en las unidades experimentales se presentó cuando se aplicaron los tratamientos T3 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 25 L/ha), T2 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 20 L/ha) y T1 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 15 L/ha) con 0.31, 0.41 y 0.36 respectivamente, de la escala de incidencia propuesta para este estudio, en este sentido, durante la comparación de medias estos tratamientos se ubicaron en la literal (B). Por otra parte, el tratamiento T4 (MANCOZEB 3.0 kg/ha) registró un promedio de 0.55 de incidencia por unidad experimental y fue agrupado en la literal (AB). El testigo absoluto obtuvo la mayor severidad con un promedio de severidad de 0.73 y se ubicó en la agrupación A.

Cuadro 10. Resultados del análisis de la incidencia en la tercera evaluación del estudio de la efectividad biológica del fungicida agroecológico para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano (*Musa paradisiaca* L.) en Mazatlán, Chiapas, 2024.

Tratamientos	Dosis Kg o L/ha	Incidencia		
		Tukey ($\alpha = 0.05$)	Promedio	Eficacia (%)
T1. Fungicida agroecológico	15 L/ha	B	0.36	51
T2. Fungicida agroecológico	20 L/ha	B	0.41	44
T3. Fungicida agroecológico	25 L/ha	B	0.31	58
T4. Mancozeb	3.0 kg/ha	AB	0.55	25
T5. Testigo absoluto	NA	A	0.73	0
<i>PR > F</i>		0.0069		
<i>Levene's Test</i>		0.0028		

En la Figura 9 se muestra la gráfica obtenida en la tercera evaluación, en este sentido el efecto de los tratamientos tuvo un impacto en el desarrollo de la enfermedad en las unidades experimentales; en este sentido se observa que el T3 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 25 L/ha), alcanzó una eficacia de 58%, el T1 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 15 L/ha) obtuvo una eficacia de 51% , el T2 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 20 L/ha) alcanzó el 44%, indicando que los resultados son buenos para el control de sigatoka negra en banano. Finalmente, el T4 (MANCOZEB 3.0 kg/ha) obtuvo una eficacia del 25%, lo que indica un pobre control de la enfermedad. El testigo sin aplicación evidentemente no obtuvo eficacia de control, por el contrario, se observó un aumento en la intensidad de la enfermedad.

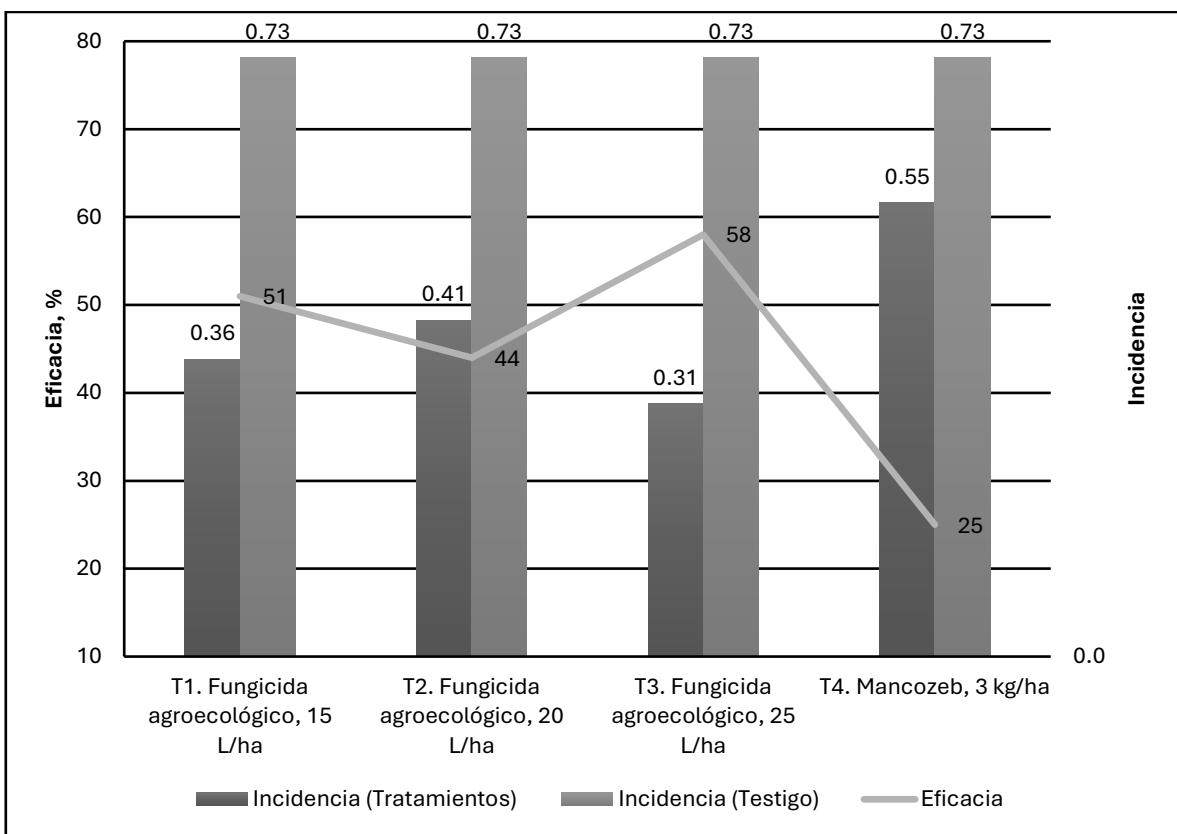


Figura 9. Promedio de incidencia de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) por tratamiento vs testigo, y porcentaje de eficacia de control en la tercera evaluación del estudio de la efectividad biológica del fungicida agroecológico para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano (*Musa paradisiaca L.*) en Mazatlán, Chiapas, 2024.

Cuarta evaluación

Severidad

Los resultados de la cuarta evaluación se muestran en el Cuadro 11. En la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey, $p<0.05$) se observan diferencias estadísticas significativas entre tratamientos con respecto testigo y testigo regional. Los tratamientos con la misma letra o agrupación son estadísticamente iguales. Bajo el criterio anterior se obtuvieron dos agrupaciones diferentes. La menor severidad en las unidades experimentales se presentó cuando se aplicaron los tratamientos T3 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 25 L/ha), T2 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 20 L/ha) y T1 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 15 L/ha) con 1.63, 2.63 y 3.38 respectivamente, de la escala de severidad propuesta para este estudio, en este sentido, durante la comparación de medias estos tratamientos se ubicaron en la literal (B). Por otra parte, el tratamiento T4 (MANCOZEB 3.0 kg/ha) registró un promedio de 6.88 de severidad por unidad experimental y fue agrupado en la literal (A), igual que el testigo absoluto que obtuvo la mayor severidad con un promedio de 8.00.

Cuadro 11. Resultados del análisis de la severidad de la cuarta evaluación del estudio de la efectividad biológica del fungicida agroecológico para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano (*Musa paradisiaca* L.) en Mazatlán, Chiapas, 2024.

Tratamientos	Dosis Kg o L/ha	Severidad		
		Tukey ($\alpha = 0.05$)	Promedio	Eficacia (%)
T1. Fungicida agroecológico	15 L/ha	B	3.38	58
T2. Fungicida agroecológico	20 L/ha	B	2.63	67
T3. Fungicida agroecológico	25 L/ha	B	1.63	80
T4. Mancozeb	3.0 kg/ha	A	6.88	14
T5. Testigo absoluto	NA	A	8.00	0
<i>PR > F</i>		0.0001		
<i>Levene's Test</i>		0.0690		

En la Figura 10 se muestra la gráfica obtenida en la cuarta evaluación, en este sentido el efecto de los tratamientos tuvo un alto impacto en el desarrollo de la enfermedad en las unidades experimentales; por lo que, se observa que el T3 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 25 L/ha), alcanzó una eficacia de 80%, el T2 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 20 L/ha) obtuvo una eficacia de 67% y el T1 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 15 L/ha) alcanzó el 58%, indicando que los resultados son excelentes para el control de sigatoka negra en banano. Finalmente, el T4 (MANCOZEB 3.0 kg/ha) obtuvo una eficacia del 14%, lo que indica que tuvo un pobre control de la enfermedad. El testigo sin aplicación evidentemente no obtuvo eficacia de control, por el contrario, se observó un aumento en la intensidad de la enfermedad.

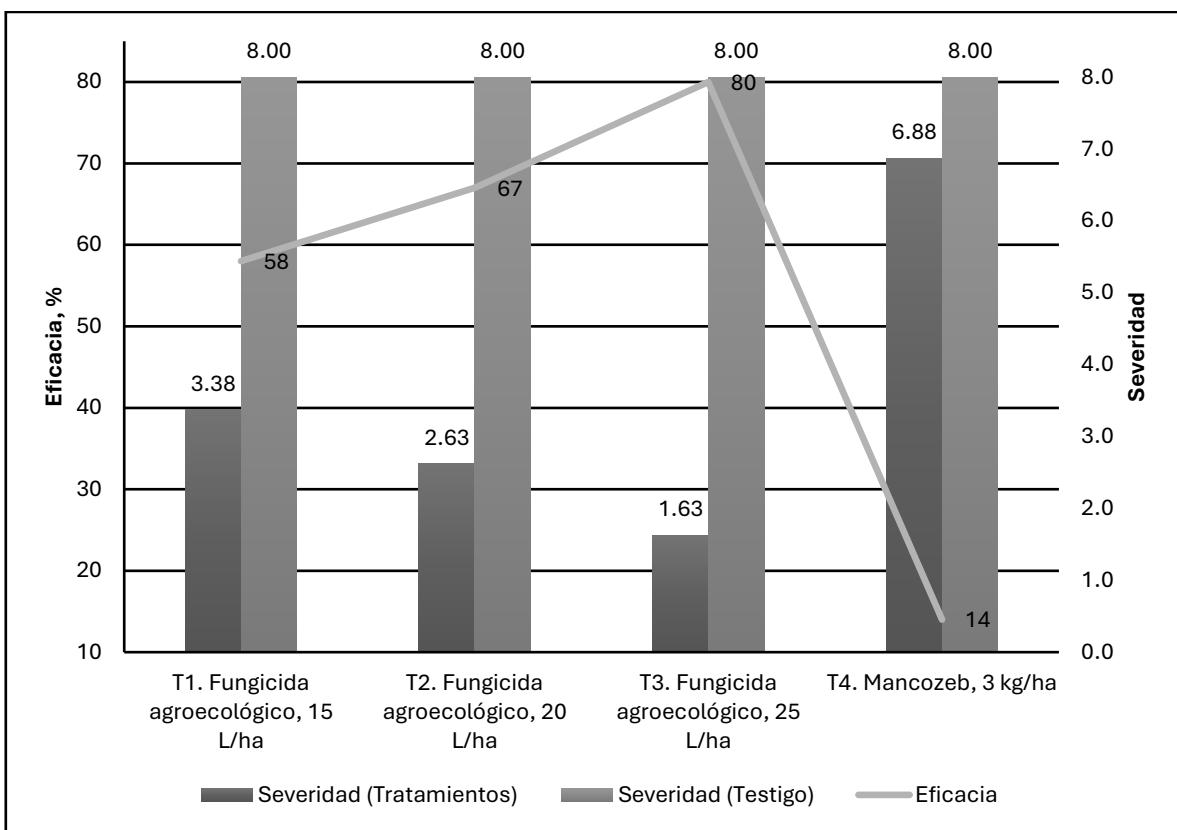


Figura 10. Promedio de severidad de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) por tratamiento vs testigo, y porcentaje de eficacia de control en la cuarta evaluación del estudio de la efectividad biológica del fungicida agroecológico para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano (*Musa paradisiaca* L.) en Mazatlán, Chiapas, 2024.

Incidencia

Los resultados de la cuarta evaluación se muestran en el Cuadro 12. En la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey, $p<0.05$) no se observan diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Los tratamientos con la misma letra o agrupación son estadísticamente iguales. La menor incidencia en las unidades experimentales se presentó cuando se aplicó el tratamiento T3 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 25 L/ha), con un promedio de 0.22, durante la comparación de medias este tratamiento se ubicó en la literal (C). Por otro lado, el T2 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 20 L/ha) y el T1 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 15 L/ha) alcanzaron un promedio de incidencia de 0.31 y 0.33, respectivamente, ubicándose en la literal (CB). Mientras que el tratamiento T4 (MANCOZEB 3.0 kg/ha) registró un promedio de 0.57 de incidencia por unidad experimental y fue agrupado en la literal (AB). El testigo absoluto obtuvo la mayor incidencia con un promedio de incidencia de 0.81 y se ubicó en la agrupación A.

Cuadro 12. Resultados del análisis de la incidencia de la cuarta evaluación del estudio de la efectividad biológica del fungicida agroecológico para el control del sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano (*Musa paradisiaca* L.) en Mazatlán, Chiapas, 2024.

Tratamientos	Dosis Kg o L/ha	Incidencia			Eficacia (%)
		Tukey ($\alpha = 0.05$)	Promedio		
T1. Fungicida agroecológico	15 L/ha	CB	0.33	59	
T2. Fungicida agroecológico	20 L/ha	CB	0.31	61	
T3. Fungicida agroecológico	25 L/ha	C	0.22	73	
T4. Mancozeb	3.0 kg/ha	AB	0.57	29	
T5. Testigo absoluto	NA	A	0.81	0	
<i>PR > F</i>			0.0001		
<i>Levene's Test</i>			0.0401		

En la Figura 11 se muestra la gráfica obtenida en la cuarta evaluación, en este sentido el efecto de los tratamientos tuvo un alto impacto en el desarrollo de la enfermedad en las unidades experimentales; por lo que, se observa que el T3 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 25 L/ha), alcanzó una eficacia de 73%, el T2 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 20 L/ha) obtuvo una eficacia de 61% , el T1 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 15 L/ha) alcanzó el 59%, indicando que los resultados son excelentes para el control de sigatoka negra en banano. Finalmente, el T4 (MANCOZEB 3.0 kg/ha) obtuvo una eficacia del 29%, lo que indica que tiene un pobre control de la enfermedad. El testigo sin aplicación evidentemente no obtuvo eficacia de control, por el contrario, se observó un aumento en la intensidad de la enfermedad.

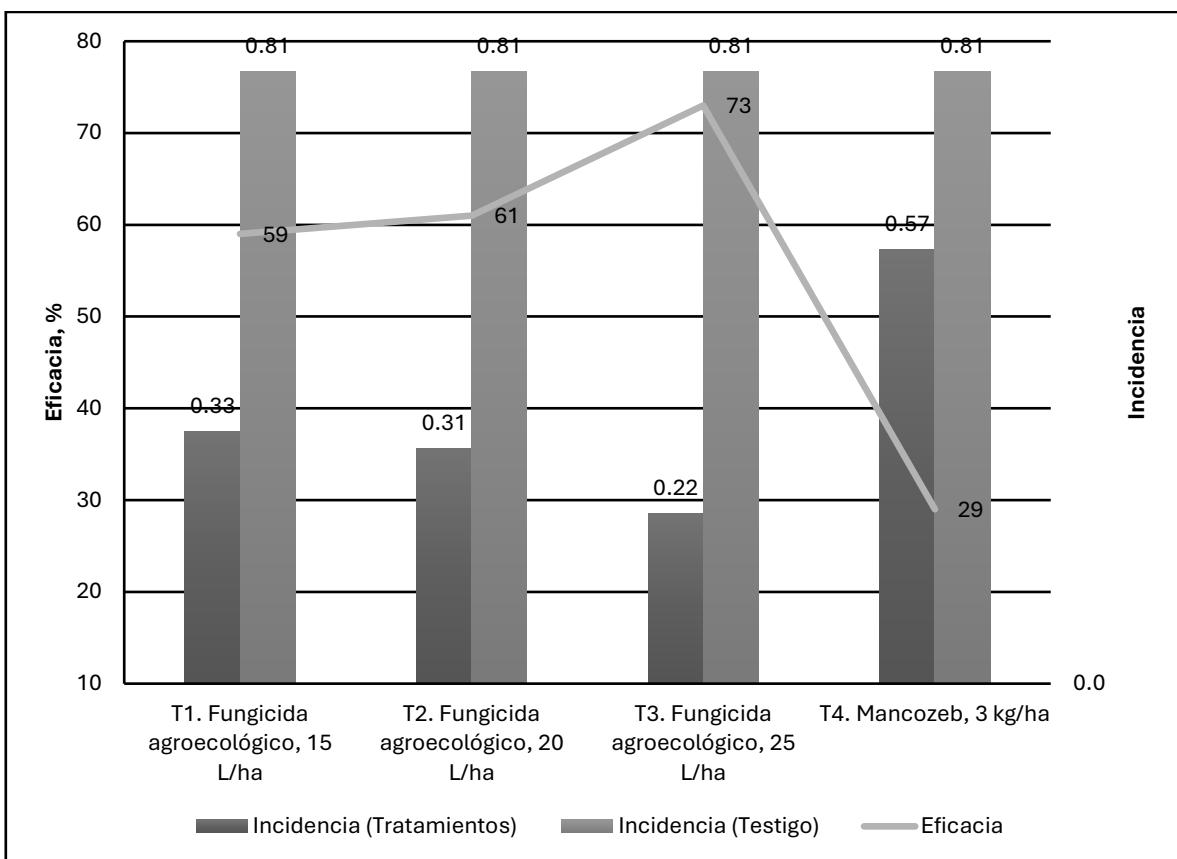


Figura 11. Promedio de incidencia de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) por tratamiento vs testigo, y porcentaje de eficacia de control en la cuarta evaluación del estudio de la efectividad biológica del fungicida agroecológico para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano (*Musa paradisiaca* L.) en Mazatlán, Chiapas, 2024.

Fitotoxicidad

En cada fecha de evaluación de la eficacia, se valoró el posible efecto fitotóxico provocado por la aplicación del fungicida agroecológico para el control del sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano, para tal fin, se utilizó la escala propuesta por la EWRS. Las observaciones en campo permitieron concluir que la aplicación del producto citado a dosis de 15, 20 y 25 L/ha, no ejercieron ningún efecto fitotóxico en el cultivo de Banano, en las condiciones en las que se realizó el presente estudio (Cuadro 13).

Cuadro 13. Evaluación del posible efecto fitotóxico en el estudio de evaluación de la efectividad biológica del fungicida agroecológico para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano (*Musa paradisiaca* L.) en Mazatlán, Chiapas, 2024.

Tratamiento	Dosis Kg o L/ha	1ra Eval	2da Eval	3ra Eval	4ta Eval
T1. Fungicida agroecológico	15 L/ha	0	0	0	0
T2. Fungicida agroecológico	20 L/ha	0	0	0	0
T3. Fungicida agroecológico	25 L/ha	0	0	0	0
T4. Mancozeb	3.0 kg/ha	0	0	0	0
T5. Testigo absoluto	NA	NA	NA	NA	NA

DISCUSIÓN

El manejo de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en plantaciones comerciales de banano en México y en el mundo es altamente dependiente del uso de fungicidas químicos, los cuales son apoyados con prácticas de cultivo (deshoje, deshije, drenaje, control de malezas y nutrición) para reducir fuentes de inóculo y evitar condiciones favorables para el desarrollo del patógeno. No obstante, el combate químico de la enfermedad mediante el uso de fungicidas de acción sistémica y de contacto, incluidos en el programa de aspersión pueden ser detonantes para la generación de resistencia de *Mycosphaerella fijiensis*, adicionalmente se convierten en una fuente de contaminante para el ambiente. Por lo que, la importancia de evaluar al fungicida agroecológico como alternativa potencial para el control de la sigatoka negra, es reducir o eliminar el uso de fungicidas químicos, asimismo, contar con una alternativa viable de un producto natural biodegradable y no tóxico, tendiente a cubrir las necesidades de control de la plaga referida en un esquema de agricultura sustentable. En este sentido, en el presente estudio, las tres dosis de los tratamientos aplicados a cada una de las unidades experimentales tuvieron porcentajes de efectividad progresivos, por lo que, los tratamientos demostraron un control aceptable de la enfermedad a partir de la segunda evaluación con más del 50% de eficacia. Además, se observó que la dosis de 25 L/ha del fungicida agroecológico a los 28 días registró los valores más altos de eficacia en comparación con los demás tratamientos. Cabe destacar que los tratamientos T3 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 25 L/ha), T2 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 20 L/ha) y T1 (FUNGICIDA AGROECOLÓGICO 15 L/ha) presentaron una efectividad igual o superior al 50% en la segunda evaluación realizada a los 14 días después de la primera aplicación de tratamientos. Esto se observó para el control sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano (*Musa paradisiaca* L.), bajo las condiciones en las que se desarrolló este estudio.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados del presente estudio y bajo las condiciones en las cuales se realizó el experimento se concluye lo siguiente:

El fungicida agroecológico a las dosis evaluadas de 15, 20 y 25 L/ha, no mostraron efecto fitotóxico en el cultivo de Banano, con base en la escala EWRS.

El fungicida agroecológico a las dosis evaluadas de 15, 20 y 25 L/ha, obtuvo eficacias iguales o superiores al 50% desde la segunda evaluación realizada.

Los datos experimentales cumplieron con el supuesto de homogeneidad de varianzas (test de Levene), esto es un indicativo de la calidad del ensayo.

REFERENCIAS

- CAB International. 2000. Crop protection compendium CD. Global module, 2nd ed. CAB International, Wallingford, United Kingdom
- Campo Arana, R., Vélez-Leiton, S., & Barrera, J. (2020). La sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* en los cultivos de banano: una revisión. *Fitopatología Colombiana*, 44, 61–66.
- Campo Arana, Rodrigo & Vélez-Leiton, Sonia & Barrera, Jose. (2020). LA SIGATOKA NEGRA *Mycosphaerella fijiensis*, EN LOS CULTIVOS DE BANANO Y BANANO: UNA REVISIÓN. *Fitopatología Colombiana*. 44. 61-66.
- Douglas H. Marín, 2018. Instructivo para la Evaluación de Incidencia y Severidad de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*).
- Gauhl, F. 1990. *Epidemiology and ecology of Black Sigatoka disease of banana and plantain*. PhD dissertation, University of Hanover.
- Marín, D. H. (2018). *Instructivo para la Evaluación de Incidencia y Severidad de la sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis)*.
- Martínez –Bolaños, L. 2012. Epidemiología y Manejo de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) del Banano (*Musa AAA*). Tesis Profesional. Colegio de Postgraduados.
- Martínez-Bolaños, L. (2012). *Epidemiología y Manejo de la sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis) del Banano (Musa AAA)*. Tesis Profesional, Colegio de Postgraduados.
- Orozco-Santos, M., & Orozco-Romero, J. (2004). La sigatoka negra en bananos: el caso de México. *XVI Reunión Internacional ACORBAT*, 70–78.
- Orozco-Santos, M., Orozco-Romero, J. 2004. La sigatoka negra en Bananos y Bananos: El Caso de México. XVI Reunión Internacional ACORBAT: 70-78.
- Rodríguez-Gaviria, P. A., & Cayón, G. (2008). Efecto de *Mycosphaerella fijiensis* sobre la fisiología de la hoja de banano. *Agronomía Colombiana*, 26(2), 256–265.
- Rodríguez-Gaviria, Paola Andrea, & Cayón, Gerardo. (2008). Efecto de *Mycosphaerella fijiensis* sobre la fisiología de la hoja de banano. *Agronomía Colombiana*, 26(2), 256-265.
- SENASICA-DGSV. (2016). *Sigatoka amarilla (Mycosphaerella musicola)*. Ficha Técnica, Tecámac, México.
- SENASICA-DGSV. 2016. Sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola* L.). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria-Grupo Especialista Fitosanitario. Ficha Técnica. Tecámac, México 14 p.

Stover, R. H. 1980. *Sigatoka leaf spot of bananas and plantains*. FAO Plant Protection Paper.

APÉNDICE

Datos recabados del campo (evaluación previa)

U E	TRA T	No. Plant a	Hoja										Media Severid ad	Inciden cia	Media Inciden cia		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	1 0	1 1				
1	T1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1			4.00	4.50	4.00	0.53
		2	0	1	1	1	0	0	1	1				5.00		5.00	
5	T2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1			3.00	4.00	3.00	0.42
		2	0	0	0	0	0	1	1	1	1			5.00		5.00	
3	T3	1	0	0	0	0	1	0	1	1				3.00	4.50	3.00	0.47
		2	0	0	1	1	0	0	1	1	2			6.00		5.00	
2	T4	1	0	1	0	0	0	0	2	2	0			5.00	4.50	3.00	0.39
		2	0	0	0	1	0	0	1	1	1			4.00		4.00	
4	T5	1	0	0	0	0	0	1	2	1	1			5.00	4.50	4.00	0.44
		2	0	0	0	0	0	1	1	1	1			4.00		4.00	
9	T1	1	0	0	0	0	1	2	1					4.00	4.00	3.00	0.40
		2	0	0	0	0	0	1	2	1				4.00		3.00	
8	T2	1	0	0	0	1	1	2	0	1	1			6.00	4.00	5.00	0.40
		2	0	0	0	0	0	1	1	0				2.00		2.00	
7	T3	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1			3.00	4.00	2.00	0.36
		2	0	0	0	0	1	1	1	2				5.00		4.00	
6	T4	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1			5.00	3.50	5.00	0.39
		2	0	0	0	0	1	1	0					2.00		2.00	
10	T5	1	0	0	0	0	0	1	2	1				4.00	4.00	3.00	0.35
		2	0	0	0	0	0	2	1	1	0			4.00		3.00	
13	T1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0			5.00	4.00	5.00	0.45
		2	0	0	0	1	2							3.00		2.00	
11	T2	1	0	0	1	2	1	0	1	1				6.00	4.00	5.00	0.42
		2	0	0	0	0	0	0	1	0	1			2.00		2.00	
12	T3	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1			6.00	5.50	6.00	0.65
		2	0	0	0	1	1	1	1	1	0			5.00		5.00	
14	T4	1	0	0	1	1	0	1	1	0				4.00	4.50	4.00	0.65
		2	1	0	1	1	2							5.00		4.00	
15	T5	1	0	0	0	0	1	2	2	1	1			7.00	4.50	5.00	0.35
		2	0	0	0	0	0	0	2					2.00		1.00	
16	T1	1	0	0	0	0	1	1	1	2	2			7.00	4.50	5.00	0.44
		2	0	0	0	0	1	1						2.00		2.00	
19	T2	1	0	0	1	1	1	0	1	1				5.00	4.50	5.00	0.48
		2	0	0	0	0	0	0	2	1	1			4.00		3.00	
18	T3	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1			4.00	4.50	4.00	0.50
		2	0	0	0	0	1	1	1	1	1			5.00		5.00	
20	T4	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1			4.00	5.00	4.00	0.58
		2	0	0	1	1	2	2						6.00		4.00	
17	T5	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1			5.00	5.50	5.00	0.56
		2	0	0	0	0	1	1	2	2				6.00		4.00	

Datos recabados del campo (primera evaluación)

UE	TRA T	No. Plant a	Hoja											Media Severid ad	Media Incidencia	Media Incidenci a	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
1	T1	1	0	0	0	0	0	0	1					1.00	1.50	1.00	0.21
		2	0	0	0	0	0	1	1					2.00		2.00	
5	T2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0.00	1.50	0.00	0.10
		2	0	0	0	0	0	0	1	2	0			3.00		2.00	
3	T3	1	0	0	0	0	0	0	0					0.00	1.00	0.00	0.07
		2	0	0	0	0	0	0	2					2.00		1.00	
2	T4	1	0	0	0	0	1	0	0	0				1.00	1.00	1.00	0.13
		2	0	0	0	0	0	0	1	1				1.00		1.00	
4	T5	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1		3.00	2.00	3.00	0.21
		2	0	0	0	0	0	0	1	0				1.00		1.00	
9	T1	1	0	0	0	0	0	0	1					1.00	1.00	1.00	0.13
		2	0	0	0	0	0	0	0	1				1.00		1.00	
8	T2	1	0	0	0	0	1	1						2.00	2.00	2.00	0.25
		2	0	0	0	0	0	2						2.00		1.00	
7	T3	1	0	0	0	0	0	0	0	1				1.00	0.50	1.00	0.06
		2	0	0	0	0	0	0	0	0				0.00		0.00	
6	T4	1	0	0	0	1	0	1	2					4.00	2.00	3.00	0.21
		2	0	0	0	0	0	0	0					0.00		0.00	
10	T5	1	0	0	0	0	0	0	0	2				2.00	1.00	1.00	0.06
		2	0	0	0	0	0	0	0	0				0.00		0.00	
13	T1	1	0	0	0	0	0	1						1.00	1.00	1.00	0.15
		2	0	0	0	0	0	0	1					1.00		1.00	
11	T2	1	0	0	0	0	0	0	1					1.00	1.50	1.00	0.24
		2	1	0	0	0	0	0	1					2.00		2.00	
12	T3	1	0	0	0	0	0	0	0					0.00	1.00	0.00	0.07
		2	0	0	0	0	0	0	2					2.00		1.00	
14	T4	1	0	0	0	0	0	0	0					0.00	0.00	0.00	0
		2	0	0	0	0	0	0	0					0.00		0.00	
15	T5	1	0	0	0	0	0	1						1.00	2.50	1.00	0.30
		2	0	0	0	0	2	1	1					4.00		3.00	
16	T1	1	0	0	0	0	0	0	1					1.00	1.00	1.00	0.13
		2	0	0	0	0	0	0	0	1				1.00		1.00	
19	T2	1	0	0	0	0	0	0	0	1				1.00	1.00	1.00	0.13
		2	0	0	0	0	0	0	0	1				1.00		1.00	
18	T3	1	0	0	0	0	0	1						1.00	1.00	1.00	0.18
		2	0	0	0	0	1							1.00		1.00	
20	T4	1	0	0	0	0	0	0	0					0.00	0.50	0.00	0.06
		2	0	0	0	0	0	0	0	1				1.00		1.00	
17	T5	1	0	0	0	0	0	0	0	0				0.00	1.50	0.00	11
		2	0	0	0	1	2	0	0	0				3.00		2.00	

Datos recabados del campo (segunda evaluación)

UE	TRA T	No. Plant a	Hoja											Media Severid ad	Incidenci a	Media Incidencia	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
1	T1	1	0	0	0	0	0	0	1	1				2.00	2.00	2.00	0.29
		2	0	0	0	0	1	1						2.00	2.00		
5	T2	1	0	0	0	0	0	1	2					3.00	5.00	2.00	0.46
		2	0	0	0	1	1	1	2	2				7.00	5.00	5.00	
3	T3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1			3.00	2.50	3.00	0.29
		2	0	0	0	0	0	0	1	1				2.00	2.00		
2	T4	1	0	0	0	0	1	1	1	1	2			6.00	6.00	5.00	0.56
		2	0	0	0	0	1	2	1	1	1			6.00	5.00		
4	T5	1	0	0	0	2	2	2	1	2				9.00	10.00	5.00	0.75
		2	0	1	1	1	2	2	2	2				11.00	7.00		
9	T1	1	0	0	0	0	0	1	1	2				4.00	4.50	3.00	0.44
		2	0	0	0	0	1	1	1	2				5.00	4.00		
8	T2	1	0	0	0	0	1	1	1	1				4.00	3.50	4.00	0.46
		2	0	0	0	0	1	1	1	1				3.00	3.00		
7	T3	1	0	0	0	0	1	1						2.00	2.50	2.00	0.38
		2	0	0	0	0	1	1	1	1				3.00	3.00		
6	T4	1	0	0	0	0	1	1	1	1	2			8.00	7.50	6.00	0.61
		2	0	0	0	1	1	1	2	2				7.00	5.00		
10	T5	1	0	0	1	1	1	1	2	2				8.00	9.50	6.00	0.75
		2	0	0	1	1	2	2	2	3				11.00	6.00		
13	T1	1	0	0	0	1	1	1	1					4.00	4.00	4.00	0.47
		2	0	0	0	0	0	1	1	2				4.00	3.00		
11	T2	1	0	0	0	0	0	1	1	1				3.00	3.50	3.00	0.41
		2	0	0	0	0	0	1	1	1	1			4.00	4.00		
12	T3	1	0	0	0	0	1	1	1	1				4.00	3.50	4.00	0.50
		2	0	0	0	1	1	1						3.00	3.00		
14	T4	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2			6.00	6.00	4.00	0.45
		2	0	0	0	0	0	1	1	1	1			6.00	5.00		
15	T5	1	0	0	0	1	1	2	2	2	1			11.00	10.50	7.00	0.70
		2	0	0	0	1	1	1	1	2	2			10.00	7.00		
16	T1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	2			6.00	5.50	5.00	0.50
		2	0	0	0	0	0	1	1	1	2			5.00	4.00		
19	T2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	2			6.00	6.50	5.00	0.56
		2	0	0	0	0	1	1	1	2	2			7.00	5.00		
18	T3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1			3.00	3.00	3.00	0.35
		2	0	0	0	0	0	1	1	1	1			3.00	3.00		
20	T4	1	0	0	0	1	1	1	2	2	2			9.00	9.50	6.00	0.67
		2	0	0	0	1	1	2	2	2				10.00	6.00		
17	T5	1	0	0	0	0	1	1	1	2	2	3		10.00	9.00	6.00	0.58
		2	0	0	0	0	1	1	2	2	2			8.00	5.00		

Datos recabados den campo (tercera evaluación)

UE	TRAT	No. Planta	Hoja											Media Severidad	Media Incidencia	Media Incidencia	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
1	T1	1	0	0	0	0	0	1	1					2.00	3.00	2.00	0.33
		2	0	0	0	0	0	1	1	2				4.00		3.00	
5	T2	1	0	0	0	0	1	1	2					4.00	5.00	3.00	0.46
		2	0	0	0	0	1	1	2	2				6.00		4.00	
3	T3	1	0	0	0	1	1	1						3.00		3.00	
		2	0	0	0	0	0	1						1.00	2.00	1.00	0.33
2	T4	1	0	0	0	0	1	1	2	2				6.00	5.50	4.00	0.44
		2	0	0	0	0	0	1	2	2				5.00		3.00	
4	T5	1	0	0	0	0	1	2						3.00	6.00	2.00	0.60
		2	1	1	0	1	2	2	2					9.00		6.00	
9	T1	1	0	0	0	0	0	1	2					3.00	3.50	2.00	0.36
		2	0	0	0	0	1	1	2					4.00		3.00	
8	T2	1	0	0	0	0	1	1	2					4.00	3.00	3.00	0.38
		2	0	0	0	0	1	1						2.00		2.00	
7	T3	1	0	0	0	0	1	1	1					3.00	2.00	3.00	0.29
		2	0	0	0	0	0	0	1					1.00	2.00	1.00	
6	T4	1	0	0	0	0	1	2	2	2				7.00	6.00	4.00	0.46
		2	0	0	0	0	1	2	2					5.00		3.00	
10	T5	1	1	1	2	2								6.00	6.50	4.00	1.00
		2	1	2	2	2								7.00		4.00	
13	T1	1	0	0	0	1	1	2						4.00	3.50	3.00	0.46
		2	0	0	0	0	1	1	1					3.00		3.00	
11	T2	1	0	0	0	1	1	2						4.00	4.00	3.00	0.46
		2	0	0	0	0	1	1	2					4.00		3.00	
12	T3	1	0	0	0	0	1	1						2.00	2.50	2.00	0.31
		2	0	0	0	0	0	1	2					3.00		2.00	
14	T4	1	0	0	0	1	2	2	3	3				11.00	9.50	5.00	0.56
		2	0	0	0	0	1	2	2	3				8.00		4.00	
15	T5	1	0	1	2	2	2	2	2	2				13.00	12.00	7.00	0.94
		2	1	2	2	2	2	2	2					11.00		6.00	
16	T1	1	0	0	0	0	0	1						1.00	2.00	1.00	0.30
		2	0	0	0	0	1	1	1					3.00		3.00	
19	T2	1	0	0	0	1	1							2.00	2.00	2.00	0.34
		2	0	0	0	0	0	1	1					2.00		2.00	
18	T3	1	0	0	0	0	0	1	1	1	2			5.00	3.00	4.00	0.31
		2	0	0	0	0	0	1						1.00		1.00	
20	T4	1	1	2	2	2	2							9.00	8.00	5.00	0.75
		2	0	0	0	0	1	2	2	2				7.00		4.00	
17	T5	1	0	0	0	0	0	1	2	2				5.00	5.00	3.00	0.40
		2	0	0	0	0	1	2	2					5.00		3.00	

Datos recabados del campo (cuarta evaluación)

U E	TRA T	No. Plant a	Hoja										Media Severid ad	Incidenc ia	Media Incidenc ia
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	1 0	1 1		
1	T1	1	0	0	0	0	1	1	2			4.00	5.00	3.00	0.44
		2	0	0	0	0	0	1	1	2	2	6.00		4.00	
5	T2	1	0	0	0	0	1	1	2			4.00	4.00	3.00	0.46
		2	0	0	0	0	1	1	1	1		4.00		4.00	
3	T3	1	0	0	0	0	1	2				3.00	2.00	2.00	0.24
		2	0	0	0	0	0	0	1			1.00	1.00	1.00	
2	T4	1	0	0	0	0	1	2	2	2	2	7.00	7.00	4.00	0.65
		2	0	1	2	2	2					7.00		4.00	
4	T5	1	2	2	2	2						8.00	6.00	4.00	1.00
		2	2	2								4.00		2.00	
9	T1	1	0	0	0	0	0	1				1.00	1.50	1.00	0.23
		2	0	0	0	0	0	1	1			2.00		2.00	
8	T2	1	0	0	0	0	0	1	1			2.00	2.50	2.00	0.29
		2	0	0	0	0	0	1	2			3.00		2.00	
7	T3	1	0	0	0	0	0	1	1			2.00	1.50	2.00	0.21
		2	0	0	0	0	0	0	0	1		1.00		1.00	
6	T4	1	0	0	0	1	2	2	2	2		9.00	8.00	5.00	0.60
		2	0	0	0	1	2	2	2	2		7.00		4.00	
10	T5	1	2	2	2	2	2	2	2			12.00	9.00	6.00	1.00
		2	2	2	2							6.00		3.00	
13	T1	1	0	0	0	0	1	1	2			4.00	2.50	3.00	0.28
		2	0	0	0	0	0	0	0	1		1.00		1.00	
11	T2	1	0	0	0	0	0	1	2			3.00	2.50	2.00	0.29
		2	0	0	0	0	0	1	1			2.00		2.00	
12	T3	1	0	0	0	0	0	1	1			2.00	1.50	2.00	0.21
		2	0	0	0	0	0	0	0	1		1.00		1.00	
14	T4	1	0	0	0	1	2	2				5.00	6.50	3.00	0.58
		2	0	0	2	2	2	2	2			8.00		4.00	
15	T5	1	0	0	0	0	2	2	2	2		8.00	9.50	4.00	0.75
		2	1	2	2	2	2	2	2	2		11.00		6.00	
16	T1	1	0	0	0	0	0	1	2			3.00	4.50	2.00	0.39
		2	0	0	0	0	1	1	2	2		6.00		4.00	
19	T2	1	0	0	0	0	0	1	1			1.00	1.50	1.00	0.21
		2	0	0	0	0	0	0	1	1		2.00		2.00	
18	T3	1	0	0	0	0	0	0	1	1		2.00	1.50	2.00	0.20
		2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2.00		2.00	
20	T4	1	0	0	0	0	1	2	2			5.00	6.00	3.00	0.46
		2	0	0	0	0	1	2	2	2		7.00		4.00	
17	T5	1	0	0	0	0	1	2	2	2		7.00	7.50	4.00	0.47
		2	0	0	0	0	2	2	2	2		8.00		4.00	

VARIABLES METEOROLÓGICAS DEL LUGAR DE ESTUDIO

FECHA	TMÁX (°C)	TMÍN (°C)
19/10/2024	35.8	25.5
20/10/2024	33.5	24
21/10/2024	33.5	24.1
22/10/2024	35.4	23.9
23/10/2024	34.4	24.5
24/10/2024	35.5	24.4
25/10/2024	35.4	24.6
26/10/2024	35.8	24.7
27/10/2024	35	25.5
28/10/2024	35	25
29/10/2024	35	25
30/10/2024	36.5	24.9
31/10/2024	35.8	24.6
01/11/2024	35.6	25.2
02/11/2024	35.2	23.4
03/11/2024	35	24
04/11/2024	34.8	23.5
05/11/2024	34.2	23
06/11/2024	35	23.8
07/11/2024	34.2	24
08/11/2024	34.2	24
09/11/2024	34.5	24.5
10/11/2024	34.6	24.7
11/11/2024	34	23.5
12/11/2024	34.8	24.2
13/11/2024	33.8	24.2
14/11/2024	34.5	24
15/11/2024	32.5	24.3
16/11/2024	34.7	23.7
17/11/2024	34	24
18/11/2024	31.7	23.5
19/11/2024	30.6	23.5
20/11/2024	30	23
21/11/2024	34	24
22/11/2024	34.1	24.2
23/11/2024	33	21
24/11/2024	34	25
25/11/2024	32.4	22.8
26/11/2024	33.1	20.5
27/11/2024	34	21.8
28/11/2024	34.7	23.4
29/11/2024	33.5	23
30/11/2024	34.8	20.8

Análisis estadístico y ANOVAS (SEVERIDAD)

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Prev

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	0.80000000	0.20000000	0.75	0.5732
Error	15	4.00000000	0.26666667		
Total correcto	19	4.80000000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Prev Media
0.166667	11.73631	0.516398	4.400000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	4	0.80000000	0.20000000	0.75	0.5732

Sistema SAS 15:04 Thursday, December 16, 2024 83

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Prev
ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	4	0.2820	0.0705	0.90	0.4871
Error	15	1.1719	0.0781		

Sistema SAS 15:04 Thursday, December 16, 2024 84

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Prev

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa 0.05

Error de grados de libertad	15
Error de cuadrado medio	0.266667
Valor crítico del rango estudentizado	4.36699
Diferencia significativa mínima	1.1276

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	4.6250	4	T5
A	4.6250	4	T3
A	4.3750	4	T4
A	4.2500	4	T1
A	4.1250	4	T2

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev1

Fuente	DF	Suma de Cuadrado de		F-Valor	Pr > F
		cuadrados	la media		
Modelo	4	2.42500000	0.60625000	2.11	0.1303
Error	15	4.31250000	0.28750000		
Total correcto	19	6.73750000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Ev1 Media
0.359926	43.77063	0.536190	1.225000

Fuente	DF	Cuadrado de			Pr > F
		Anova SS	la media	F-Valor	
trat	4	2.42500000	0.60625000	2.11	0.1303
		Sistema SAS	15:04 Thursday, December 16, 2024	97	

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev1
 ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

Fuente	DF	Cuadrado		F-Valor	Pr > F
		Suma de cuadrados	de la media		
trat	4	0.7371	0.1843	2.05	0.1385
Error	15	1.3477	0.0898		

Sistema SAS 15:04 Thursday, December 16, 2024 98

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev1

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.
 Alfa 0.05
 Error de grados de libertad 15
 Error de cuadrado medio 0.2875
 Valor crítico del rango estudentizado 4.36699
 Diferencia significativa mínima 1.1708

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A 1.7500	4	T5	
A			
A 1.5000	4	T2	
A			
A 1.1250	4	T1	
A			
A 0.8750	4	T4	
A			
A 0.8750	4	T3	

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev2

Fuente	DF	Suma de Cuadrado de		F-Valor	Pr > F
		cuadrados	la media		
Modelo	4	123.3250000	30.8312500	20.22	<.0001

Error 15 22.8750000 1.5250000

Total correcto 19 146.2000000

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Ev2 Media
0.843536	21.66507	1.234909	5.700000

Fuente	DF	Cuadrado de			F-Valor	Pr > F
		Anova SS	la media			
trat	4	123.3250000	30.8312500	20.22	<.0001	
		Sistema SAS	15:04 Thursday, December 16, 2024	111		

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev2
ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

Fuente	DF	Cuadrado			F-Valor	Pr > F
		Suma de cuadrados	de la media			
trat	4	11.4949	2.8737	1.42	0.2759	
Error	15	30.3984	2.0266			
		Sistema SAS	15:04 Thursday, December 16, 2024	112		

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev2

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	15
Error de cuadrado medio	1.525
Valor crítico del rango estudentizado	4.36699
Diferencia significativa mínima	2.6964

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento Media N trat

A 9.7500 4 T5

A				
B	A	7.2500	4	T4
B	C	4.6250	4	T2
C				
C		4.0000	4	T1
C				
C		2.8750	4	T3

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev3

Fuente	DF	Suma de	Cuadrado de	F-Valor	Pr > F
		cuadrados	la media		
Modelo	4	93.5750000	23.3937500	7.45	0.0016
Error	15	47.1250000	3.1416667		
Total correcto	19	140.7000000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Ev3 Media
0.665068	37.71223	1.772475	4.700000

Fuente	DF	Cuadrado de			F-Valor	Pr > F
		Anova SS	la media			
trat	4	93.57500000	23.39375000	7.45	0.0016	
Sistema SAS 15:04 Thursday, December 16, 2024 125						

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev3
ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

Fuente	DF	Cuadrado			F-Valor	Pr > F
		Suma de	de la			
trat	4	142.5	35.6237	1.85	0.1724	
Error	15	289.3	19.2891			
Sistema SAS 15:04 Thursday, December 16, 2024 126						

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev3

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	15
Error de cuadrado medio	3.141667
Valor crítico del rango estudentizado	4.36699
Diferencia significativa mínima	3.8702

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	7.375	4	T5
A			
B A	7.250	4	T4
B			
B C	3.500	4	T2
C			
C	3.000	4	T1
C			
C	2.375	4	T3

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev4

Fuente	DF	Suma de Cuadrado de		F-Valor	Pr > F
		cuadrados	la media		
Modelo	4	123.7500000	30.9375000	21.84	<.0001
Error	15	21.2500000	1.4166667		
Total correcto	19	145.0000000			
R-cuadrado		Coef Var	Raiz MSE	Ev4 Media	
	0.853448	26.44973	1.190238	4.500000	

Fuente	DF	Cuadrado de		F-Valor	Pr > F
		Anova SS	la media		
trat	4	123.7500000	30.9375000	21.84	<.0001
	Sistema SAS		15:04 Thursday, December 16, 2024 139		

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev4
ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

Fuente	DF	Cuadrado		F-Valor	Pr > F
		Suma de cuadrados	de la media		
trat	4	11.9883	2.9971	2.73	0.0690
Error	15	16.4844	1.0990		
Sistema SAS 15:04 Thursday, December 16, 2024 140					

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev4

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	15
Error de cuadrado medio	1.416667
Valor crítico del rango estudentizado	4.36699
Diferencia significativa mínima	2.5989

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	8.0000	4	T5
A			
A	6.8750	4	T4
B	3.3750	4	T1
B			
B	2.6250	4	T2
B			
B	1.6250	4	T3

Análisis estadístico y ANOVAS (INCIDENCIA)

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Prev

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	0.02068000	0.00517000	0.56	0.6944
Error	15	0.13817500	0.00921167		
Total correcto	19	0.15885500			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Prev Media
0.130182	20.79684	0.095977	0.461500

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	4	0.02068000	0.00517000	0.56	0.6944
		Sistema SAS	15:04 Thursday, December 16, 2024	13	

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Prev
ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	4	0.000453	0.000113	2.19	0.1192
Error	15	0.000775	0.000052		
		Sistema SAS	15:04 Thursday, December 16, 2024	14	

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Prev

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	15
Error de cuadrado medio	0.009212
Valor crítico del rango estudentizado	4.36699
Diferencia significativa mínima	0.2096

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento Media N trat

A	0.50250	4	T4
A	0.49500	4	T3
A	0.45500	4	T1
A	0.43000	4	T2
A	0.42500	4	T5

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev1

Fuente	DF	Suma de	Cuadrado de	F-Valor	Pr > F
		cuadrados	la media		
Modelo	4	0.02540000	0.00635000	1.06	0.4119
Error	15	0.09020000	0.00601333		
Total correcto	19	0.11560000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Ev1 Media
0.219723	55.38978	0.077546	0.140000

Fuente	DF	Cuadrado de		F-Valor	Pr > F
		Anova SS	la media		
trat	4	0.02540000	0.00635000	1.06	0.4119
		Sistema SAS	15:04 Thursday, December 16, 2024	27	

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev1

ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

Fuente	DF	Cuadrado		F-Valor	Pr > F
		Suma de cuadrados	de la media		
trat	4	0.000141	0.000035	1.77	0.1877
Error	15	0.000298	0.000020		

Sistema SAS 15:04 Thursday, December 16, 2024 28

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev1

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	15
Error de cuadrado medio	0.006013
Valor crítico del rango estudentizado	4.36699
Diferencia significativa mínima	0.1693

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	0.18000	4	T2
A			
A	0.17000	4	T5
A			
A	0.15500	4	T1
A			
A	0.10000	4	T4
A			
A	0.09500	4	T3

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev2

Fuente	DF	Suma de Cuadrado de		F-Valor	Pr > F
		cuadrados	la media		

Modelo	4	0.25463000	0.06365750	8.94	0.0007
Error	15	0.10675000	0.00711667		
Total correcto	19	0.36138000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Ev2 Media
0.704605	16.57374	0.084360	0.509000

Fuente	Cuadrado de				
	DF	Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
trat	4	0.25463000	0.06365750	8.94	0.0007

Sistema SAS 15:04 Thursday, December 16, 2024 41

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev2
ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

Fuente	Cuadrado				
	DF	Suma de cuadrados	de la media	F-Valor	Pr > F
trat	4	0.000036	8.942E-6	0.22	0.9254
Error	15	0.000621	0.000041		

Sistema SAS 15:04 Thursday, December 16, 2024 42

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev2

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	15
Error de cuadrado medio	0.007117
Valor crítico del rango estudentizado	4.36699
Diferencia significativa mínima	0.1842

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento		Media	N	trat
A	0.69500	4	T5	
A				
B	A	0.57250	4	T4
B				
B	C	0.47250	4	T2
B	C			
B	C	0.42500	4	T1
C				
C		0.38000	4	T3

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev3

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	0.47083000	0.11770750	5.37	0.0069
Error	15	0.32905000	0.02193667		
Total correcto	19	0.79988000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Ev3 Media
0.588626	31.24690	0.148110	0.474000

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	4	0.47083000	0.11770750	5.37	0.0069

Sistema SAS 15:04 Thursday, December 16, 2024 55

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev3
ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	4	0.0103	0.00258	6.65	0.0028
Error	15	0.00581	0.000387		

Sistema SAS 15:04 Thursday, December 16, 2024 56

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev3

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	15
Error de cuadrado medio	0.021937
Valor crítico del rango estudentizado	4.36699
Diferencia significativa mínima	0.3234

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	0.7350	4	T5
A			
B A	0.5525	4	T4
B			
B	0.4100	4	T2
B			
B	0.3625	4	T1
B			
B	0.3100	4	T3

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev4

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	0.91347000	0.22836750	12.55	0.0001
Error	15	0.27305000	0.01820333		
Total correcto	19	1.18652000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Ev4 Media
0.769873	30.11601	0.134920	0.448000

Fuente	DF	Cuadrado de			F-Valor	Pr > F
		Anova SS	la media			
trat	4	0.91347000	0.22836750	12.55	0.0001	Sistema SAS 15:04 Thursday, December 16, 2024 69

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev4
 ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

Fuente	DF	Cuadrado			F-Valor	Pr > F
		Suma de cuadrados	de la media			
trat	4	0.00599	0.00150	3.29	0.0399	Sistema SAS 15:04 Thursday, December 16, 2024 70
Error	15	0.00682	0.000455			

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev4

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	15
Error de cuadrado medio	0.018203
Valor crítico del rango estudentizado	4.36699
Diferencia significativa mínima	0.2946

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	0.80500	4	T5
A			
B A	0.57250	4	T4
B			
B C	0.33500	4	T1
B C			

B	C	0.31250	4	T2
C				
C		0.21500	4	T3

ANEXO FOTOGRÁFICO

