

**Comparación de la eficacia antifúngica del extracto de Moringa (*Moringa Oleífera Lam*)
frente a fungicidas químicos y biológicos comerciales para el control de Sigatoka Negra
(*Mycosphaerella Fijiensis variedad Difformis Morelet*) en el municipio de Carepa Antioquia.**

Iván Andrés Barrios Macea.

Johany Leandro Herrera Quinchia.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias Y Del Medio Ambiente

Turbo – Antioquia

2022

**Comparación de la eficacia antifúngica del extracto de Moringa (*Moringa Oleífera Lam*)
frente a fungicidas químicos y biológicos comerciales para el control de Sigatoka Negra
(*Mycosphaerella Fijiensis variedad Difformis Morelet*) en el municipio de Carepa Antioquia.**

Iván Andrés Barrios M.
Johany Leandro Herrera Q.

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Agrónomo

Asesor
PhD: Ramón Antonio Mosquera Mena

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD
Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias Y Del Medio Ambiente
Programa de agronomía
Turbo – Antioquia
2022

Dedicatoria.

Primeramente, a Dios; a mi esposa Yuliana Chavarría; mis hijos, Mariana, Shara, Luciana y Jerónimo; a mis padres Olga Quinchia y Luis Herrera, quienes siempre estuvieron ahí con paciencia brindándome todo su apoyo, con una palabra de aliento de que si se puede...

Johany Leandro Herrera Quinchia.

A todos los que hicieron parte de mi proceso de formación académica y personal resaltando la gran labor de mis padres y hermanos para guiarme por un buen camino.

Iván Andrés Barrios Macea.

Agradecimientos.

Queremos agradecer principalmente a Dios, quién nos ha dado la sabiduría necesaria y nos ha guardado durante todas nuestras vidas, siendo Él quien nos dio las fuerzas para seguir adelante y no decaer en los momentos más difíciles.

También queremos agradecer muy especialmente a los ingenieros agrónomos Ignacio Jiménez Cadavid, gerente general de la empresa Caaisa y Jorge Díaz, director del área técnica de la misma empresa, quienes permitieron que fuese posible la realización de este trabajo investigativo de campo, en la parcela experimental de la empresa CAAISA.

Agradecer a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia quien nos ha brindado una muy buena acogida durante toda nuestra carrera. A todo el personal docente de la Universidad, quienes aportaron en nosotros lo mejor de su conocimiento; De igual manera queremos agradecer a nuestro tutor y asesor de trabajos de grados Ramón Antonio Mosquera, por las enseñanzas recibidas durante nuestra carrera y la ejecución de este trabajo.

Gracias Unad Cead Turbo...

Contenido

Resumen	10
Abstract	12
Introducción	14
Problema	19
Descripción del Problema	19
Justificación	21
Objetivos	24
Objetivo General	24
Objetivos Específicos	24
Marco Teórico	25
Cultivo del Banano	25
Taxonomía.	25
Botánica del Cultivo de Banano.	26
Fases Fenológicas del Cultivo de Banano.	28
Factores Ambientales Para el Cultivo de Banano.	30
La Sigatoka Negra (<i>Mycosphaerella Fijiensis Morelet</i>)	31
Taxonomía.	31
Agente Causal de la Sigatoka Negra.	31
Sintomatología.	32
Ciclo de Vida de <i>Mycosphaerella Fijiensis Morelet</i> .	34
Manejo de la Sigatoka Negra.	35
Medidas de Control de la Enfermedad.	36
Moringa Oleífera Lam	38
Clasificación Taxonómica.	40
Composición Química.	41

Ingredientes Agroquímicos y su Composición.	41
Metodología	47
Localización	47
Materiales y Equipos	47
Material Vegetal.	47
Material Agroquímico.	48
Equipos y Herramientas Para Obtener el Extracto de Moringa	48
Métodos	49
Procedimiento de Preparación del Extracto Vegetal.	49
Métodos de Extracción.	49
Evaluación de la Severidad de Sigatoka Negra.	49
Diseño del Experimento	52
Hipótesis de Investigación	53
Hipótesis Nula.	53
Hipótesis Alternativa.	53
Aplicación en Campo	53
Preparación de mezclas.	53
Tipo de Aplicación.	54
Tipo de Equipo utilizado.	54
Momento y Frecuencia de Aplicación.	54
Plano de la Distribución de los Tratamientos en Campo	55
Análisis Estadístico de los Datos	55
Resultados y Discusión	57
Comportamiento del progreso de la enfermedad bajo el área de la curva (AUDPC)	57

Estado de síntomas iniciales y el progreso de la enfermedad mediante las variables YLI, YLS y número de hojas de la planta 59

Variable YLI. 59

Variable YLS. 62

Variable Total hojas. 66

Efecto protectante de moringa. 68

Conclusiones 70

Bibliografía

Anexos. 85

Lista de Tablas

- Tabla 1. Tratamientos 48
- Tabla 2. Severidad ensayo extractos y biológicos Abril-2021-1 57
- Tabla 3. Análisis de varianza del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC).
58
- Tabla 4. Promedio de YLI ensayo extractos biológicos abril 2021-1. 60
- Tabla 5. Promedio de YLS ensayo extractos y biológicos abril 2021-1 63
- Tabla 6. Promedio de total de hojas ensayo extractos y biológicos abril 2021-1 67

Lista de Figuras

- Figura 1. Etapas de los síntomas de la Sigatoka Negra 33
- Figura 2. Ciclo de vida de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. 35
- Figura 3. *Moringa oleifera* Lam. 40
- Figura 4. Severidad de la Enfermedad. 50
- Figura 5. Conteo de Hoja para Evaluación de Stover 50
- Figura 6. Plano de Tratamientos Moringa. 55
- Figura 7. Gráfico de severidad de la sigatoka negra, *Mycosphaerella fijiensis* M., desde los 0 días hasta los 42 días después de la primera aplicación. 58
- Figura 8. *Comportamiento promedio del YLI para los tratamientos evaluados.* 62
- Figura 9. Comportamiento promedio del YLS para los tratamientos evaluados. 65
- Figura 10. Comportamiento promedio de total hojas para los tratamientos evaluados. 68

Resumen.

Como consecuencia de los altos costos e impactos ambientales que representa el control químico de la enfermedad Sigatoka Negra (*Mycosphaerella Fijiensis Morelet*), y siendo esta la mayor limitante en la producción del cultivo banano en la zona de Urabá, Se planteó conocer si el extracto de moringa (*Moringa oleífera Lam.*), tiene efectos fúngicos sobre esta enfermedad y muestra diferencias estadísticamente significativas frente a otros fungicidas biológicos y químicos que se utilizan en la zona de Urabá.

Esta propuesta investigativa se realizó en el municipio de Carepa – Antioquia – Colombia, en la parcela experimental de la compañía Aero Agrícola Integral s.a.s. (Caaisa), la cual se encuentra ubicada 7°46'34.3"N - 76°39'40.4"W. en el municipio de Carepa. Se trabajó en el cultivo de banano variedad Williams donde se seleccionaron plantas de 1.5 metros de altura y con 4 hojas funcionales, se le realizaron algunas labores culturales como el control de malezas, deshije, plateo y fertilización durante el tiempo que duró la investigación.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, mediante 8 tratamientos: T1 Bactox 0,4 L/Ha, T2 Banadak 1 L/Ha, T3 Funibiol 1 L/Ha, T4 Timorex 1 L/Ha, T5 extracto de moringa, T6 Manzate 2L/Ha, T7 Bravonil 1,25 L/Ha, T8 corresponde al testigo sin aplicación. Se realizaron 6 aplicaciones cada 6 días y se evaluó cada 7 días de la severidad de la enfermedad mediante la escala de Stover modificada por Gauhl (1989), YLI (Young leaf infected-hoja más joven infectada) y YLS (Young leaf spot-hoja más joven manchada).

Al comparar la capacidad de control de severidad de la *Moringa oleífera L.* frente a los productos comerciales evaluados se observa que esta presentó igual comportamiento frente a los tratamientos Manzate, Timorex, Funibiol, Banadak, Bactox y mejor comportamiento que los tratamientos Bravonil y testigo absoluto, lo que permite sugerir que en los procesos de control de

sigatoka el extracto de Moringa es potencialmente un producto que en los programas de control puede ser incorporado.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Morales, F. (2017), donde el extracto vegetal al 10% controló de manera eficiente el desarrollo de la enfermedad.

Por otro lado, los resultados obtenidos en esta investigación difieren con los obtenidos por Restrepo y Martínez en (2021), donde manifestaron que no hubo control por parte del extracto de *Moringa oleífera L.*

Al realizar este trabajo de prueba de eficacia, se pudo demostrar que el extracto de *Moringa oleífera Lam.* Como alternativa biológica para el control de sigatoka negra en banano muestra una reducción (control) en el desarrollo del patógeno, lo que permite sugerir que el tratamiento Moringa presenta potencial para ser incorporado en los programas de control de la enfermedad.

Se debe seguir evaluando la eficacia biológica del extracto de *Moringa oleífera Lam.*, como alternativa biológica en el control de sigatoka negra, aumentando el nivel de industrialización del extracto; ya que en este trabajo se usó un extracto artesanal.

Palabras clave: Extractos vegetales, cultivos de banano, fungicidas biológicos, Control de sigatoka negra, fungicidas de síntesis químicas, *Mycosphaerella fijiensis Morelet.*

Abstract

Because of the high costs and environmental impacts of chemical control of the black sigatoka disease (*Mycosphaerella Fijiensis Morelet*), this is the major limitation in the production of banana crops in the Urabá area. It was proposed to know if Moringa extract (*Moringa oleifera Lam.*), has fungal effects on this disease and shows statistically significant differences compared to other biological and chemical fungicides used in the Urabá area.

This research proposal was carried out in the municipality of Carepa - Antioquia - Colombia, in the experimental plot of the company aero agrícola integral s.a.s. (Caaisa), which is located in the facilities of the University of Antioquia, Carepa. Work was carried out on the cultivation of the Williams variety of plantain where plants of 1.5 meters in height and with 4 functional leaves were selected; some cultural tasks such as weed control, weeding, weeding, plating and fertilization were carried out during the time the research lasted.

A completely randomized block experimental design was used, using 8 treatments: T1 Bactox 0.4 L/Ha, T2 Banadak 1 L/Ha, T3 Funibiol 1 L/Ha, T4 Timorex 1 L/Ha, T5 moringa extract, T6 Mancozeb 2L/Ha, T7 Bravonil 1.25 L/Ha, T8 corresponds to the control without application. Six applications were made every 6 days and disease severity was evaluated every 7 days using the Stover scale modified by Gauhl (1989), YLI (Young leaf infected-youngest leaf infected) and YLS (Young leaf spot-youngest leaf infected). Youngest spot).

It is concluded that there is no statistical difference between the treatments Bactox, Banadak, Funibiol, Timorex and moringa extract; but there is a significant difference between these treatments and the Bravonil treatment and the absolute control.

This means that moringa extract can be recommended as a biological alternative in disease control and can participate in a disease control program.

Key words: Plant extracts, banana crops, biological fungicides, black Sigatoka control, chemical synthesis fungicides, *Mycosphaerella fijiensis* Morelet

Keywords: Plant extracts, banana crops, biological fungicides, Black Sigatoka control, chemical synthesis fungicides, *Mycosphaerella fijiensis* Morelet.

Introducción

El cultivo de banano ejerce un importante impacto a nivel social como económico en toda la zona de Urabá, por esta razón es fundamental conocer el manejo y desarrollo del cultivo, con el objetivo de minimizar las pérdidas ocasionadas en la producción, debido al ataque de patógenos, principalmente por la enfermedad de sigatoka negra.

El banano se cultiva en todas las regiones tropicales y es un pilar fundamental para el sostenimiento de las economías de muchos países en desarrollo (FAO, 2004). A nivel mundial el cultivo de banano se muestra como uno de los cultivos alimenticios más importante después del maíz, arroz y trigo; alcanzando en promedio un 15% del volumen total de la producción de frutas en el mundo (Lara, 2009). Citado por Vignola, A. V. (2017).

Para el año 2020 en Colombia las hectáreas de siembra aumentaron en 227 hectáreas en comparación al año 2019 (51.227), para un total de hectáreas de 51.457 hectáreas. Las principales áreas de siembra de este cultivo para la exportación se encuentran en el Urabá antioqueño (municipios de Apartadó, Carepa, Chigorodó y Turbo) con 35.440 has. La región norte del departamento del Magdalena (municipios de Córdoba, Río Frío, Orihueca, Sevilla, Aracataca y la Guajira) con 16.014 has. (Augura, 2020).

En el Departamento de Antioquia, específicamente en la región de Urabá, las exportaciones de banano en el año 2020 fueron de 71.7 millones de cajas de 20 kg por valor US \$585 millones, superiores en un 9% en volumen, y 7% en valor, respecto al año 2019. Lo que representa una productividad promedio en 2020 para la región de Urabá fue de 2.023 cajas por hectárea, siendo mayor en 152 cajas por hectárea frente al año 2019, cuando fue de 1.871, lo que representa un incremento del 8%. (Augura, 2020).

Para la zona de la Magdalena y la Guajira las exportaciones de banano para el año 2020 fueron de 36,8 millones de cajas por valor de US \$320,7 millones. Superiores en 5,8% en volumen, y 2,1% en valor respecto al año 2019. Representando una productividad promedio en este año para el Magdalena y la Guajira fue de 2.299 cajas por hectárea, 144 cajas por hectárea más que las reportadas en el 2019, cuando fueron 2.155 cajas por hectárea, lo que representa un incremento del 6,6%. (Augura, 2020).

Según Sánchez (2021), Carepa es el que más toneladas reportó en 2019. Con base en la información suministrada por la cartera de Agricultura, el municipio tuvo una producción de 373.975 toneladas, seguido por Turbo con 357.096, Apartadó con 344.735, Magdalena con 273.771, Chigorodó 124.726 y finalmente la zona de la Guajira con 103.789 toneladas.

El Departamento de Antioquia, específicamente la región de Urabá, participa en promedio con el 70% del total de la producción de banano de exportación de Colombia (Ministerio de agricultura y desarrollo rural, o. a. 2005). Ya que cuenta con unas 95.000 hectáreas para la producción agrícola, y de estas, 35.440 producen banano tipo exportación, que generan más de 25.000 empleos directos y entre 65.000 a 100.000 empleos indirectos en la zona, y 30.000 producen otro tipo de musáceas, lo que beneficia a 8.000 familias (Restrepo, 2017).

La Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) es la enfermedad más importante que afecta la producción comercial de bananos y plátanos (*Musa spp.*), en la mayoría de las regiones productoras del mundo (Stover, 1980; Marín et al., 2003). La sigatoka negra llegó al continente a partir del año 1972, esta comenzó a esparcirse por toda América, esta enfermedad existe en todo el mundo, si no es tratada puede representar pérdidas hasta del 100%, (Cuellar et al., 2011). Causa afectación foliar y representa la principal limitante en la producción de musáceas (plátano y banano) a nivel mundial. La enfermedad afecta la capacidad fotosintética de

la planta, ocasionando disminución en el peso de los racimos y acelerando el proceso de maduración de estos (Álvarez, Pantoja, Gañán, y Ceballos, 2013). Puede alcanzar pérdidas en rendimiento de hasta 100%, si no se implementan medidas para su manejo (Orozco y Aristizábal, 2006).

En la actualidad, el combate de la Sigatoka negra en el cultivo de banano depende principalmente de la aplicación continua de fungicidas, siendo las moléculas de síntesis química los de mayor importancia (Marín & Romero, 1992; Orozco-Santos, 1998; Marín et al., 2003). Los programas de manejo y control están basados en su mayoría por fungicidas protectores que son de acción multisitio (bajo o cero riesgos de resistencia, como el mancozeb (aplicado en agua combinado con aceite) y clorotalonil (Rodríguez, 2014).

Es importante un manejo integral de la enfermedad ya que estos programas de control químico deben de ir acompañados de algunas prácticas culturales dentro del cultivo como lo son un buen programa nutricional, buenos trabajos de mantenimiento en la red de drenajes, control de arvenses, trabajos de fitosaneos (deshoje, despunte, deslamine, realce, desmache entre otras.

Es por eso que en la búsqueda de soluciones a esta problemática, aparecen nuevas alternativas que permiten ayudar a mitigar o controlar esta enfermedad, principalmente las especies vegetales como el árbol de *Moringa oleífera Lam*, ya que esta planta presenta un potencial de uso alimenticio y de nutrición humana, agricultura, agroindustria, fungicidas, bactericidas, forrajes, farmacéutica, cosméticos, producción de alcohol y biodiesel (Velázquez, et al., 2016; Mahamadou, 2014; Gomashe et al., 2014; López, 2016).

Con base a estas bondades se puede considerar como una nueva alternativa en el control de la enfermedad y pueda ser una buena opción, que le permita ser incorporada en los programas de control del patógeno y al igual ayude a disminuir la carga química en los cultivos.

Partiendo de lo anterior se realizaron unas pruebas de eficacia en campo, donde se comparó el potencial anti-fúngico del extracto de moringa frente a otras moléculas comercialmente utilizadas en el control de la enfermedad y un testigo absoluto. Se utilizó un diseño estadístico de bloques completamente al azar (DBCA), y se realizaron 6 aplicaciones consecutivas de cada producto cada 6 días, y se realizaron 7 evaluaciones cada 7 días, donde se evaluaron las variables de severidad, YLI, YLS y total hojas.

Con base en lo anterior, el desarrollo de esta investigación está estructurado por medio de diferentes capítulos. En la formulación del problema se manifiesta la necesidad de encontrar alternativas de control diferentes al uso de moléculas de síntesis químicas, permitiendo minimizar la incidencia de la enfermedad en el cultivo, el impacto negativo al medio ambiente y a la salud de los trabajadores.

En la metodología se habla detalladamente el diseño experimental utilizado, la obtención y preparación del extracto, el procedimiento en la aplicación, los tratamientos que se aplicaron y el método de evaluación.

En los resultados y discusión se menciona el tratamiento de más baja severidad, la diferencia estadística entre los tratamientos, el tratamiento con mejor número de hojas. También se presentan resultados para los tratamientos con mejor variable de YLI y YLS, y por último en las conclusiones se habla del efecto protectante mostrado por el extracto de moringa en el control de la enfermedad frente a los demás tratamientos. También se realizaron recomendaciones frente a la incorporación de este extracto en un programa de control de la enfermedad.

Los alcances que se pretenden obtener con este trabajo es el de comparar en una parcela experimental de banano el potencial anti-fúngico del extracto de *Moringa oleifera Lam*, en el control de la enfermedad de sigatoka negra frente a otros productos que actualmente son

utilizados en la zona de Urabá y de esta manera poder saber si este extracto se puede incorporar en programas de control. Ya que a nivel de laboratorio se ha podido demostrar que este extracto controla o reduce significativamente el crecimiento micelial de hongos patógenos. (Holguín, 2016, Ashraf et al. 2008; Montesino, 2014; Estrada, 2015). Citado por Morales (2017)

Dentro de las limitantes que se presentan en este trabajo, es el querer comparar un producto de origen artesanal frente a productos que presentan procesos de industrialización.

Con la realización de este trabajo investigativo se pretende encontrar nuevas alternativas en el control de la enfermedad que permitan:

El uso de moléculas más amigables con el medio ambiente.

Reducir la carga química en los cultivos.

Minimizar el riesgo de contaminación en los operarios del cultivo.

Dar continuidad a los estudios de este extracto.

Problema.

Descripción del Problema

La Sigatoka Negra ocasionada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, es considerada hasta el momento, la enfermedad foliar de mayor importancia que afecta a los cultivos de plátano y banano en todo el mundo, produciendo pérdidas en rendimiento de hasta 100%, si no se implementan medidas para su manejo (Orozco, M.L. y M. Aristizábal. 2006).

Aunque, se detectó por primera vez en 1963 en las islas Fiji ubicadas en el área del Sudeste Asiático, su amplia distribución en los alrededores del Pacífico sugiere que ha estado presente en la región mucho antes de su descubrimiento; posteriormente, se dispersó a todas las áreas productoras del mundo (FINAGRO, 2018). El control de esta enfermedad se basa principalmente en el uso de fungicidas (Marín & Romero, 1992; Orozco-Santos, 1998; Marín et al., 2003), cuya aplicación genera un costo de 30 a 40% de la producción (Perea, 2003); sin embargo, esta medida de control provoca contaminación al ambiente, problemas de salud humana y genera resistencia del hongo (Stover, 1980; Henríquez et al., 1997).

Esta enfermedad, aunque no causa la muerte de la planta, provoca un gran deterioro en el área foliar y reduce los procesos fotosintéticos de la misma (Marín et al., 2003). Esta enfermedad se ha constituido en la principal limitante fitosanitario para la agroindustria bananera de Colombia y principalmente en la zona de Urabá, esta enfermedad en ausencia de control puede llegar a causar una reducción en el peso del racimo y pérdidas en la producción por afectación de la calidad de la fruta, debido principalmente a problemas de maduración prematura en el campo o durante el transporte a los mercados de destino. (Craenen y Ortiz 2003).

En la zona bananera de Urabá, la lucha de esta enfermedad se ha fundamentado en la implementación de un manejo integrado de la enfermedad, en la cual se realizan prácticas

culturales (drenajes, fertilización y control de malezas), medidas fitosanitarias (deshoje, cirugía o deslamine área foliar afectada) (FINAGRO, 2018).

El uso inadecuado de fungicidas a lo largo del tiempo ha provocado contaminación, erosión del recurso suelo, pérdida de biodiversidad y además generando resistencia en el organismo del fitopatógeno a ciertos productos que son empleados para su control; surgiendo así, la necesidad de utilizar productos más tóxicos que en un futuro no solo afecta a la salud del aplicador sino también del consumidor (Martínez et al., 2012).

Bajo este contexto se presenta la pregunta de investigación:

¿Cuál es la eficiencia de *Moringa oleífera Lam* en el control de la enfermedad sigatoka negra comparada con los programas de control químico y biológicos utilizados en la zona de Urabá?

Justificación.

El presente trabajo de investigación pretende comparar en campo la eficacia anti-fúngica del extracto de *Moringa oleífera Lam*, en el control de sigatoka negra, frente a otros productos comercialmente ya utilizados en los programas de control en la zona de Urabá.

Con base a esta problemática se hace necesario la incorporación de nuevas alternativas que permitan garantizar un control de la enfermedad y que a su vez puedan minimizar de manera importante el deterioro ambiental; es por eso que en esta investigación se pretende validar y comparar la eficacia de fungicidas orgánicos y el uso de extractos vegetales como el de la *Moringa (moringa oleífera Lam)*, a la cual se le evaluarán sus efectos fungicidas y pueda ser una nueva estrategia y que pueda ser incorporada en un programa de manejo integral para el control de la Sigatoka Negra en banano, principalmente en la zona de Urabá y del Magdalena.

En Colombia el hongo cuenta con escenarios propicios para su reproducción, ya que se tienen las condiciones ambientales, el entomopatógeno se encuentra presente en el territorio nacional, además el manejo de la enfermedad en algunos sectores es menos tecnificado u oportuno que en otros sectores y esto genera focos que pueden propagarse con facilidad, resaltando que en épocas de verano hay una reducción debido a que no tiene las condiciones de humedad necesarias. Analizando las cifras de los porcentajes que deja de pérdida la enfermedad se puede ver que es un problema que afecta gravemente a la población agrícola y a la economía nacional, ya que la baja productividad puede traer problemas mucho más graves con el aspecto económico, además, se debe mencionar que los agricultores que tratan bien la enfermedad para poder mantener un margen más bajo están afectando directamente el medio ambiente con la aplicación de tantos productos químicos. Teniendo en cuenta que el margen de pérdida es tan alto se espera que los ingresos sean bajos, por ende los productores llegan a una insostenibilidad,

la cual se soluciona vendiendo parcialmente o en su totalidad para que otro inversionista se haga cargo, pero mientras esto sucede el predio puede verse abandonado y consumido por la enfermedad, perdiendo así un comerciante más, y generando un foco bastante grande de la enfermedad, además al ser una enfermedad que está establecida hace tantos años ya puede llegar a mejorar genéticamente porque siempre es tratada con los mismo insumos.

Además de lo mencionado anteriormente, se debe tener en cuenta que varios productos químicos utilizados para el control de dicha enfermedad están próximos a salir del mercado por su alto nivel de toxicidad, afectación que traen al ambiente y al consumidor; por lo tanto, surge la necesidad de encontrar nuevas alternativas de control a los fitopatógenos, siendo los productos naturales (extractos vegetales) una fuente de compuestos con efecto biocida y son amigables con el ambiente, mostrando resultados positivos para combatir enfermedades causadas por microorganismos como las bacterias y hongos, garantizando una producción agrícola más sostenible, menos contaminante, más económico y asequible para los pequeños productores.

Esta investigación tiene como objetivo principal comparar los resultados de los distintos controles de productos orgánicos, extractos vegetales como el de la *Moringa oleífera Lam*, y productos de síntesis química sobre la enfermedad comúnmente conocida como sigatoka negra, los tratamientos usados para el control de sigatoka durante esta investigación se utilizarán con base a la dosis recomendada en la etiqueta de cada producto, el extracto de moringa será utilizado con una concentración del y a 1 L/Ha, este proceso investigativo se realiza en campo abierto en la parcela experimental de la compañía aero agrícola integral s.a.s (caaisa), dicha parcela está ubicada en el municipio de Carepa. Como se menciona anteriormente el banano es una gran fuente de empleo bien sea directo o indirecto, el producto tiene un rol indispensable en la seguridad alimentaria a nivel mundial, con esta investigación se quiere brindar alternativas

más amigables con el medio ambiente para cuidar los suelos y medio ambiente de la subregión de Urabá y así garantizar la sostenibilidad de las empresas encargadas de brindar estabilidad laboral a los habitantes del sector.

Objetivos

Objetivo General

Comparar la eficacia biológica del extracto de moringa frente a 6 productos protectantes del mercado y un testigo para el control de la Sigatoka Negra en cultivo de banano.

Objetivos Específicos.

Determinar la menor área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC) de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), en la aplicación de extracto de moringa al y a una dosis de 1 Lt/ha, durante un periodo de 42 días.

Determinar el estado de síntomas iniciales y el progreso de la enfermedad en las hojas según la estimación visual de las variables YLI, YLS y número de hojas de la planta.

Evaluar el efecto protectante del extracto de Moringa sobre la enfermedad sigatoka negra, comparado frente a los métodos químicos y biológicos utilizados comercialmente en la zona de Urabá.

Marco Teórico

Cultivo del Banano

El cultivo de banano es una planta herbácea, perenne es fundamental en la dieta alimenticia de la mayoría de la población mundial. Su origen se da en las regiones tropicales y húmedas de Asia. Este cultivo puede alcanzar hasta los 7 metros de altura según la variedad, Anacafé, 2004 citado por (Morales en 2017). Según Muñoz 2015, citado por (Morales en 2017), el banano está dentro del reino Plantae, del orden Zingiberales, familia Musaceae y género Musa. Las especies Musa acuminata y Musa balbisiana, mediante un cruce interespecífico dieron origen al híbrido Musa AAA y este a su vez posee tres clones: Gros Michel, Cavendish y Green Red.

Taxonomía.

Durante muchos siglos se manejó la clasificación dada por Linneo, ya que correspondían mucho a las variedades divulgadas en América y África. No obstante, en el laboratorio de la diversidad germoplasmática de Musa en Asia, se observaban muchas otras especies de este cultivo, pero no coincidían con las descripciones publicadas por el botánico sueco.

Fue entonces en 1948 cuando se publicó la Classification of the bananas (Clasificación de los plátanos), de Ernest Cheesman; un botánico Inglés, que presentó un orden taxonómico. Cheesman, determinó a los tipos linneanos como híbridos producidos por el cruzamiento de dos especies descritas por Luigi Colla; M. acuminata y M. balbisiana. A continuación, su clasificación:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Zingiberales

Familia: Musaceae

Género: Musa

Especie: M. paradisiaca L.

Grupo: AAA

Subgrupo: Cavendish

Variedades comerciales: Williams, Valery y gran enano.

Botánica del Cultivo de Banano.

Planta.

Es un tipo herbáceo gigante que crece de 3 a 6 metros, tiene un tallo verdadero subterráneo, que es llamado rizoma, corno o bulbo de los cuales se emiten hojas, cuyas vainas envolventes forman el pseudotallo, en cuya interior crece el eje floral.

Raíces.

Estas son emitidas desde la parte superior del corno, en su mayoría son superficiales e Las raíces superiores pueden a alcanzar hasta 4 m de largo, mientras que las inferiores pueden llegar a profundizar hasta 1.30 m.

La mayor parte de las raíces absorbentes se localizan entre 20 a 25 cm de la base de la planta y a una profundidad de 10 a 15 cm Las raíces jóvenes son blancas, cilíndricas y conforme avanzan su edad la epidermis se va cutinizando hasta llegar a transformarse en un tejido suberizado.

Hojas.

Esta emerge del pseudotallo, como una especie de cilindro enrollado, conocida como hoja cigarro, cuando la planta está adulta, Estas son grandes y miden entre 2-4 m. de largo y hasta de 50 cm de ancho, con un peciolo que mide más de 1 m de longitud y limbo elíptico alargado que divide la lámina o limbo en dos láminas medias.

Tallo.

Este es un rizoma grande y almidonoso que se encuentra bajo la superficie del suelo, dando origen a la planta como tal. Este se encuentra coronado con yemas que se desarrollan cuando la planta florecido y fructificado. A medida que cada chupón del rizoma alcanza la madurez, su yema terminal se convierte en una inflorescencia al ser empujada hacia arriba desde el interior del suelo por el alargamiento del tallo.

Pseudotallo

Lo componen las vainas envolventes de las hojas que se ubican de manera helicoidal, unidas unas con otras. Internamente desarrolla un tallo verdadero, llamado tallo floral; el cual es el encargado de sostener la inflorescencia que brota de la parte superior del vástago (racimo).

Flores.

Las flores son amarillentas, irregulares y con seis estambres aparecen en la base del racimo, están las femeninas y al final del racimo las masculinas, formando la bellota.

Fruto.

Esta demora entre 80 y 180 días en completar su desarrollo, cuando cuenta condiciones favorables hay fructificación de todas las flores femeninas. Es una baya alargada, con un grado de encorvamiento y longitud que varía según la variedad, éste se forma a partir del ovario de una flor pistilada.

Fases Fenológicas del Cultivo de Banano.

El ciclo fenológico del cultivo de banano se puede dividir en tres grandes etapas, iniciando desde la fase infantil (fase 1), hasta la fase reproductiva de la planta (fase 3). La duración del ciclo fenológico en promedio oscila en 404 días y está determinada por la variedad, la altitud, latitud y las condiciones edafoclimáticas de cada una de las regiones productivas.

A continuación, se describen las fases fenológicas del cultivo de banano. Estas fases fueron adaptadas con base en la revisión de literatura (Soto, 2014).

Fase vegetativa.

Esta inicia desde que germina el cormo recién sembrado o la aparición de los retoños o los llamados hijos, hasta que se lleva a cabo la diferenciación floral. Puede durar entre 4-5 meses, y puede estar influenciada por las condiciones ambientales.

El desarrollo de las yemas laterales está influenciado por la planta madre, aproximadamente a los tres meses de edad el hijo alcanza una altura promedio de 50 cm, y comienza la emisión de hojas pequeñas, se conoce como F10 a la primera hoja con al menos 10 cm de ancho. Robinson y Galán 2012, citado por (Vignola, A. V. 2017).

Fase juvenil.

Esta fase después de la emisión de la hoja F 10, se presenta un crecimiento constante de la planta al igual que la emisión de hojas nuevas, en esta fase se destaca el desarrollo y elongación del tallo floral y termina con la aparición de la inflorescencia (floración).

Fase reproductiva.

En esta última etapa fenológica del cultivo de banano, se inicia con la aparición de la floración y posterior desarrollo del racimo hasta la cosecha del fruto. En esta etapa hay una disminución en la emisión foliar de la planta.

El banano se cultiva en todas las regiones tropicales y tiene una importancia fundamental para las economías de muchos países en desarrollo. En términos de valor bruto de producción, el banano es el cuarto cultivo alimentario más importante del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz. El banano es un alimento básico y un producto de exportación.

Como alimento básico, los bananos, incluidos los plátanos y otros tipos de bananos de cocción, contribuyen a la seguridad alimentaria de millones de personas en gran parte del mundo en desarrollo y, dada su comercialización en mercados locales, proporcionan ingresos y empleo a las poblaciones rurales. Como producto de exportación, el banano contribuye de forma decisiva a las economías de muchos países de bajos ingresos y con déficit de alimentos, entre los que figuran Ecuador, Honduras, Guatemala, Camerún, Côte d'Ivoire y Filipinas. Es la fruta fresca más exportada del mundo en cuanto a volumen y valor (Pedro, A. et al., 2004).

Tras dos años consecutivos de crecimiento sostenido, se estima que las exportaciones mundiales de banano se ubiquen en 18,1 millones de toneladas en 2017, lo cual representaría una recuperación importante con respecto a la caída de las exportaciones en 2015 ocasionada por el clima. El volumen global de las importaciones alcanzó 17,8 millones de toneladas en 2017, lo que representaría un aumento del 4 por ciento con respecto a 2016 (FAO, 2018).

Colombia se ubicó en el año 2017 como el quinto exportador mundial de banano, con una producción de 98,4 millones de cajas de 20 kilos, 4,7% superior al registro alcanzado en el año 2016 (Augura, 2018). En el año 2017 se superó el valor exportado del año 2016 con aproximadamente 1,88 millones de toneladas de banano, equivalentes a 94 millones de cajas valoradas en USD 858 millones. Los principales destinos del banano tipo exportación fueron Bélgica (29 millones de cajas), Estados Unidos (14 millones de cajas) e Italia (13 millones de

cajas). Colombia importó un equivalente a 279 mil cajas por un valor de USD 659 mil principalmente desde Ecuador.

De acuerdo con Augura, en el año 2017 la comercializadora que presentó mayores exportaciones fue Uniban con 36,9 millones de cajas y una participación del 37,74%, seguida por Banacol con 13,6 millones de cajas participando con el 13,9%, en el tercer renglón se ubicó Tecbaco con 13 millones de cajas y una participación del 13,35%.

Según estudios hechos por FINAGRO 2018, El área sembrada promedio en los últimos 10 años es de 47 mil hectáreas, de las cuales el 73% se concentra en el Urabá Antioqueño y el 27% restante en el núcleo productivo de Magdalena - Guajira. En el año 2017, el área sembrada alcanzó las 49 mil hectáreas, lo que representó un aumento del 4% respecto al año 2016. La producción promedio nacional en los últimos 10 años es de 1,72 millones de toneladas. Para el año 2017 alcanzó 1,96 millones equivalentes a 98 millones de cajas, ubicada en el Urabá Antioqueño con 1,3 millones de toneladas (66%) y en el núcleo Magdalena-Guajira con 657 mil toneladas (34%). Dicha producción aumentó 16% respecto al año 2016 debido el incremento en el número de cajas producidas en el Magdalena.

Factores Ambientales Para el Cultivo de Banano.

El cultivo requiere alturas entre 0-1000 m.s.n.m. con lluvias mensuales de 100mm, temperaturas entre 21°C-30°C, con una media de 27°C, requiere suelos francos, fértiles, bien drenados y con un pH ácido (5,8-6,5), Finagro (2018).

La temperatura puede ser un factor muy limitante para el cultivo debido a que influye directamente en todos los procesos de la plantación, entre los más importantes el ciclo de vida, emisión de hojas, peso del racimo. Por otro lado, las lluvias pueden causar daños por excesos o deficiencias, con lluvias excesivas hay condiciones para la sigatoka negra, moko y pudrición de

raíces, mientras que la sequía es sinónimo de abortos florales, menor emisión de bacotas, mancha de madurez y racimos de menor tamaño, Finagro (2018).

La Sigatoka Negra (*Mycosphaerella Fijiensis* Morelet)

Taxonomía.

Según Marín et al. 2003, citado por Gutiérrez 2014, indica la siguiente clasificación taxonómica del agente causal de la sigatoka negra:

Reino: Fungi

División: Ascomycota

Clase: Dothideomycetes

Orden: Capnodiales

Familia: Mycosphaerellaceae

Género: *Mycosphaerella* (fase sexual)

Cercospora (fase asexual)

Especie: *Fijiensis*

Clasificador: Morelet

Agente Causal de la Sigatoka Negra.

La Sigatoka Negra es causada por el hongo ascomiceto *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, tornándose en el principal problema fitopatológico a nivel mundial. Este se reproduce y disemina mediante dos clases de esporas, las cuales se conocen como conidios (estructuras asexuales) y ascosporas (estructuras sexuales) las cuales constituyen el inóculo del patógeno que produce la diseminación intercelular, Ceballos 2012. Citado por (Morales 2017).

La fase asexual se presenta en el desarrollo de las primeras lesiones de la enfermedad donde se observa un número bajo de conidióforos y se producen las esporas (llamadas conidios)

que salen de las estomas, especialmente del envés de la hoja (Castro, 2015). Por otro lado, la fase sexual en la diseminación del hongo es la más importante debido a que se originan las ascosporas en estructuras denominadas peritecios (Irish et al., 2013) las cuales en los periodos de alta humedad son liberadas al ambiente y dispersadas por las corrientes de aire (Martínez et al., 2011).

Sintomatología.

Según Alarcón, J. & Jiménez, Y, (2012), cuando una plantación es medianamente afectada los síntomas se pueden confundir con la sigatoka amarilla, especialmente en plantaciones jóvenes, sin embargo, en plantaciones adultas es inconfundible.

Los síntomas de la enfermedad se caracterizan por la presencia de lesiones pronunciadas con halos cloróticos, liberación de toxinas patógenas y el desencadenamiento de la respuesta de defensa de la planta (Sánchez et al., 2013). Los primeros síntomas de la enfermedad comienzan a observarse en el envés de la hoja unas líneas muy pequeñas color carmelita rojizo y cuando se desarrollan estas líneas se tornan grandes y oscuras llegando al haz, luego el halo amarillo que recubre los tejidos muertos se junta provocando la muerte de la hoja; las ascosporas tienen un periodo de vida de 20 semanas en las hojas enfermas y de 3-8 semanas cuando caen al suelo (Mena, 2014).

Fouré, et al., (1985) citado por Pérez (2012) define los seis estadios del desarrollo de la sigatoka negra después de que el área foliar es infectada por el hongo.

Estado 1. Pequeñas lesiones o puntos de color blanco-amarillento a marrón, de 1 mm de longitud, denominadas pizcas, apenas visibles en el envés de las hojas.

Estado 2. Rayas o estrías cloróticas de 3–4 mm de longitud por 1 mm de ancho, de color marrón.

Estado 3. Las rayas o estrías se alargan y amplían dando la impresión de haber sido pintadas con pincel, sin bordes definidos y de color café, que pueden alcanzar hasta 2 cm de longitud.

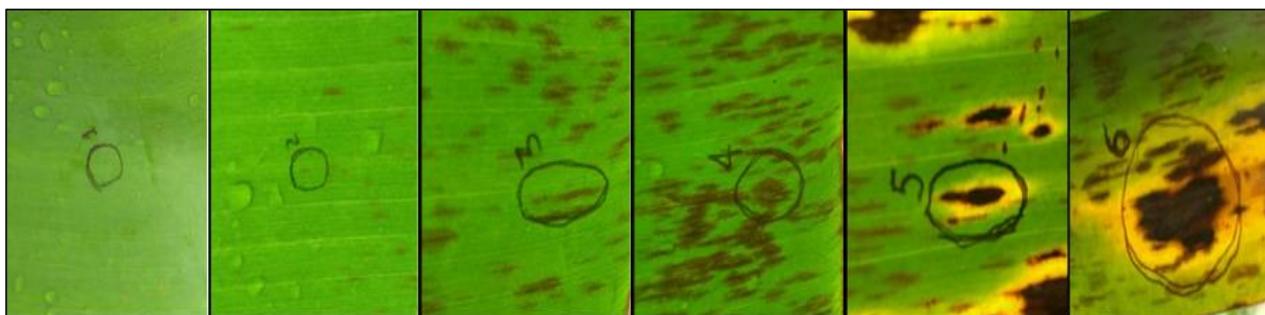
Estado 4. Manchas ovaladas de color café en el envés y negro en el haz.

Estado 5. Manchas negras rodeadas de un anillo negro y a veces un halo amarillento y centro seco y semihundido.

Estado 6. Manchas con centro seco y hundido, de coloración marrón clara, rodeadas de tejido clorótico”.

Figura 1.

Etapas de los síntomas de la Sigatoka Negra



Fuente: Autoría propia.

Dentro de los métodos de evaluación más utilizados para tener una información exacta de las condiciones de incidencia de la enfermedad en nuestro cultivo, se utiliza la escala de severidad desarrollada por Stover (1971), y la cual fue modificada por Gauhl (1989). Este método se utiliza para realizar una estimación visual el área foliar afectada, permitiendo evidenciar las lesiones con estado de necrosis de los estadios 4 a 6 de la escala de Fouré (1985).

Este método de evaluación nos permite determinar el número total de hojas por planta (H/P), la hoja más joven enferma (HMJE), esta se conoce como “YLI” de sus siglas en inglés

(“Youngest Leaf Infected”) y la hoja más joven con manchas (HMJM) o “YLS” (“Youngest Leaf Spotted”). (Marín, 2018)

Número de hojas por planta (H/P), Hace referencia al número total de hojas que se evalúan en cada planta. (Marín, 2018)

Hoja más joven enferma (HMJE) o “YLI” de sus siglas en inglés (“Youngest Leaf Infected”). Se identifica como la primera hoja más joven que muestra síntomas visibles de la enfermedad, la cual usualmente se identificará con el grado 1 de la escala de Fouré. (Marín, 2018)

Hoja más joven con necrosis (HMJN) o “YLS” de sus siglas en inglés (“Youngest Leaf Spotted”). Se define como la hoja más joven que alcanzan más de 10 manchas y menos del 5% del área afectada mostrando así el grado 2 de la escala, evidenciando síntomas del estadio 6 de la escala de Fouré. (Marín, 2018)

El Índice de infección. Es una expresión porcentual de la severidad de la enfermedad la cual se calcula por medio la sumatoria del producto de la cantidad de hojas en cada grado por el grado respectivo, luego se divide por el número de grados evaluados menos 1, y multiplicados por el número de hojas evaluadas y finalmente se multiplica por 100. Este valor varía entre 0 a 100, donde a mayor valor, mayor nivel de severidad. (Marín 2018)

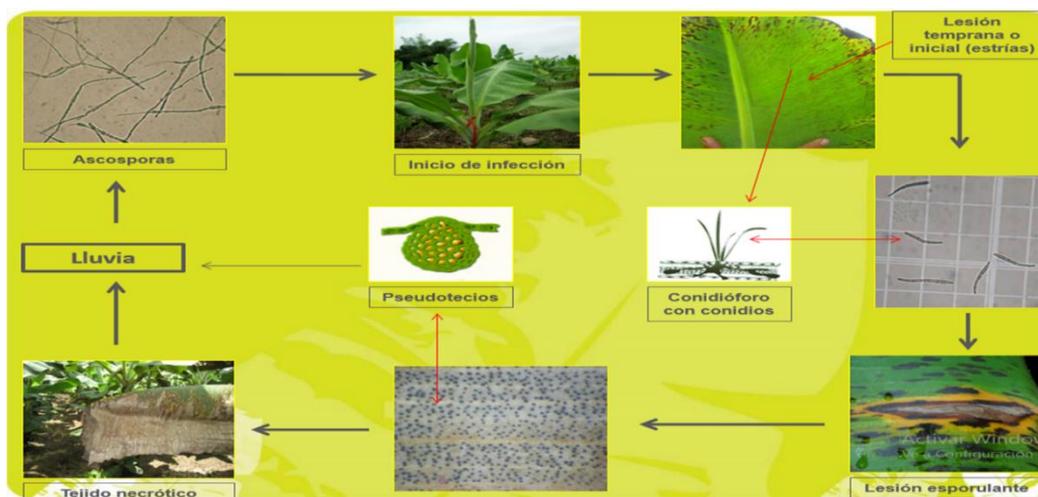
Ciclo de Vida de *Mycosphaerella Fijiensis* Morelet.

El ciclo de vida de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (figura 2), está influenciado por varios factores entre ellos el clima, siendo favorable para el desarrollo del hongo una temperatura que oscile entre los 23-28°C, humedad relativa superior al 80% y precipitaciones mayor a 1400 mm anuales; también el manejo agronómico y el cultivar juegan un rol importante en el desarrollo de la enfermedad (Álvarez et al., 2013).

Mycosphaerella fijiensis consta de cuatro etapas distintas que incluye germinación de esporas, penetración del huésped, desarrollo de síntomas y producción de esporas. Después de un período de crecimiento epicíclico generalmente 2-3 días, los tubos que emergen penetran las estomas en condiciones favorables, los primeros síntomas aparecen generalmente entre los 10-14 días después de la incubación, la dispersión es principalmente por el agua, aunque también puede ocurrir dispersión por acción del viento (Pérez, 2012).

Figura 2.

Ciclo de vida de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet.



Nota. Por Pérez, 2012.

Manejo de la Sigatoka Negra.

La aparición de Sigatoka Negra en el cultivo de banano ha provocado cambios en su manejo agronómico y los programas de aspersión de fungicidas para su control (Martínez, 2012). Para un control eficaz se requiere numerosas aplicaciones de fungicidas al año (Aguilar et al., 2014) apoyados con prácticas culturales como deshije, deshoje, drenaje, nutrición, control de malezas etc. (Ganry et al., 2012). Para realizar estas aplicaciones se emplea una avioneta y pulverizadores de espalda o motobomba.

Entre los fungicidas comerciales de acción sistémica está el grupo de los Triazoles (Tebuconazole, Propiconazole, Bitertanol, Fenbuconazole y Hexaconazol), benzimidazoles (Benomyl, Carbendazim y Metil tiofanato), morfolinas (tridemorph) y estrobilurinas (Azoxystrobin); los de acción protectante o de contacto (Chlorothalonil y Mancozeb). Sin embargo, las poblaciones de este hongo han desarrollado resistencia a ciertos fungicidas (Aguilar et al., 2014).

Medidas de Control de la Enfermedad.

Las medidas de control son alternativas que se utilizan para prevenir y disminuir las poblaciones del patógeno. Los métodos utilizados para el manejo de la enfermedad se describen a continuación:

Control Cultural.

Este método consiste en la implementación de prácticas agronómicas (control de malezas, deshoje, densidad poblacional, entre otros), cuya finalidad es evitar un ambiente favorable para que el patógeno se reproduzca y/o se disemine logrando así reducir la severidad de la enfermedad (Martínez et al., 2011).

La cirugía (extraer tejido esporulado de la hoja) y el deshoje (eliminar hoja afectada por el hongo) son las prácticas más importantes en las labores agronómicas por lo tanto el empleo de ambas alternativas reduce la incidencia del patógeno. Los sistemas de drenaje eficientes también son importantes para controlar la humedad del suelo y evitar la esporulación del hongo; todas estas prácticas acompañadas de una fertilización mineral equilibrada reducen las fuentes de inóculos del hongo (Mena, 2014).

Control químico.

El combate químico es el más utilizado para el control de la SN, pero ha traído consigo muchos problemas (Ceballos et al., 2012) como la contaminación ambiental, daños en la salud humana y la resistencia del patógeno a los fungicidas (Lazo et al., 2012).

Debido a que la enfermedad está distribuida a nivel mundial, para su respectivo control se usan los fungicidas de tipo preventivo y sistémico. Los fungicidas preventivos como mancozeb y clorotalonil su función es prevenir la enfermedad o sea evitando que el hongo germine en sus condiciones favorables (Mena y Couoh, 2015).

Por otro lado, los fungicidas sistémicos son más eficaces que los protectantes ya que son capaces de penetrar en el tejido vegetal deteniendo el crecimiento y desarrollo de este hongo (Etebu y Young, 2011), dentro de este grupo de fungicidas tenemos a los benzimidazoles, aminas, triazoles, estrobirulinas y anilino pirimidinas (Llerena et al., 2015).

Control Biológico.

Como consecuencia del inadecuado uso de agroquímicos, surgió la necesidad de buscar nuevas alternativas que permitan el control de enfermedades agrícolas, reduciendo así el impacto negativo sobre el ambiente. De forma general, este método de control consiste en el uso de microorganismos, para destruir total o parcialmente las poblaciones de un patógeno antes o después que ocurra la infección (Guzmán, 2012).

Sin embargo, para el control de *Mycosphaerella fijiensis* representa un desafío debido a la naturaleza policíclica de la enfermedad (Martínez, 2012). Por otra parte, el uso de medios biológicos además de controlar la enfermedad protege el ambiente y minimiza los riesgos de salud. Estudios realizados para el control de la enfermedad demostraron que las bacterias de la especie *Bacillus* sp poseen un alto potencial para colonizar la superficie foliar y generar estructuras de resistencia en la pared celular de la hoja (Mena, 2014).

Extractos Vegetales.

Son alternativas que a lo largo de los años han dado resultado satisfactorios basándose en el hecho de que las plantas elaboran metabolitos secundarios (también conocidos como Fitoanticipinas) para controlar organismos patógenos (Landro et al., 2013) Los extractos vegetales tienen la ventaja de poseer un origen biológico, biodegradables y manifiestan menos impacto sobre la salud humana y el medio ambiente (Ochoa et al., 2012). Un extracto vegetal es elaborado con cualquier parte de la planta a través de una solución, con un solvente, el cual es concentrado a través de procesos de extracción (Moreno, 2011).

Estudios han demostrado que diferentes extractos de plantas tienen actividad antifúngica en el crecimiento de hongos patógenos, reduciendo así la dependencia de los fungicidas sintéticos (Moreno, 2011; Ochoa et al., 2012; Rodríguez et al., 2012; Landero et al., 2013; Elghany et al., 2015).

Moringa Oleífera Lam

Olson, 2010; Olson & Fahey, (2011) exponen las características de la moringa:

“*Moringa oleífera Lam.* (Familia Moringaceae) es una de las 13 especies del género Moringa. Se identifica por el fruto en forma de vaina larga y leñosa, que al madurar se abre en tres valvas, y contiene las semillas trivalvas con alas longitudinales. Sus hojas pinnadas están divididas en folíolos dispuestos sobre un raquis. Las flores son zigomórficas con cinco pétalos, cinco sépalos, cinco estambres funcionales y varios estaminodios; tienen pedicelos e inflorescencias axilares. La planta posee tallos erectos y raíces tuberosas”

El árbol de *moringa oleífera Lam*, (figura 3), es perenne y pertenece a la familia Moringaceae, originario de la India, actualmente este cultivo se encuentra distribuido por todo el trópico, es de rápido crecimiento con una altura máxima que va de los 10 a 12 metros, la copa de

este árbol es ancha pero poco densa, sus hojas poseen un color verde claro, compuestas, tripinnadas de unos 30 a 60 cm de largo y con folíolos ovalados. Sus flores son numerosas, fragantes, color crema y bisexuales que miden de 1 a 1.5 cm de largo. La propagación de este cultivo es por medio de estacas o semillas, posee una alta resistencia a la sequía y las enfermedades. Se adapta a la mayoría de los suelos con un rango de pH entre 4.5 y 8.0 (Holguín, 2016).

Existen conceptos donde se menciona que todas las partes de la planta de moringa pueden ser consumidas. Con el pasar de los años se han incrementado los estudios de moringa, ya que es de un alto valor nutricional por el contenido de proteínas, vitaminas y minerales, destacando que en esta planta se encuentran todos los aminoácidos esenciales (Mathur, 2005).

En algunos estudios que se han realizado sobre el análisis fitoquímico demuestran que *Moringa oleífera*, contiene un alto contenido de minerales, proteínas, aminoácidos y compuestos fenólicos (Farooq et al., 2012)

También se ha demostrado que varias partes de la planta se han encontrado metabolitos secundarios como: taninos, saponinas, polifenoles (flavonoides tales como campferol, quercetina, mirecetina, isoramnetina, glucósidos de campferol, quercetina y rutinósidos), malonilglucósidos, glucósidos fenólicos (niazirina y niazicina), glucósidos cardiacos, isocianatos, esteroles y glucoesteroles, ácidos grasos y alcaloides (Alhakmani, Kumar, & Khan, 2013; Amaglo et al., 2010; Borges-Teixeira, Barbieri-Carvalho, Neves, Apareci-Silva, & Arantes-Pereira, 2014; Cheehpracha et al., 2010; Maguro & Lemmen, 2007). Citado por Velázquez M., Peón I., Zepeda R. & Jiménez M. (2016)

En las últimas investigaciones que se han realizado se ha podido demostrar el efecto fungicida del extracto de *moringa oleífera* controla o reduce significativamente el crecimiento

micelial de hongos patógenos (Ashraf, Jabeen, Shahid, & Jamil, 2008; Montesino, 2014; Estrada, 2015; Holguín, 2016).

Figura 3.

Moringa oleifera Lam.



Nota. Por Holguín, 2016.

Clasificación Taxonómica.

Según Uzochukwu 2012, indica la siguiente clasificación taxonómica que se muestra a continuación:

Reino: Plantae

Sub-reino: Tracheobionta

Súper división: Spermatophyta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Dilleniidae

Orden: Capparales

Familia: Moringaceae

Género: Moringa

Especie: oleífera

Composición Química.

Los estudios realizados sobre el análisis fitoquímico demuestran que *Moringa oleífera* Lam., posee un alto contenido de minerales, proteínas, aminoácidos y compuestos fenólicos (Farooq et al., 2012). Las diferentes partes de esta planta como hoja, raíz, semilla, flores y frutos se emplean como biopesticidas (Martín et al., 2013) y producen metabolitos secundarios como flavonoides, alcaloides, esteroides, terpenoides y polifenoles que son los responsables de la actividad inhibitoria de hongos (Holguín, 2016).

Actualmente la investigación realizada por El-Mohamedy y Abdalla 2014, demostraron que los extractos acuosos de raíces, hojas y vainas inhiben el crecimiento de *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Alternaria solani*, *Alternaria alternata*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* y *Macrophomina phaseolina*, bajo condiciones invitro.

Ingredientes Agroquímicos y su Composición.

Bactox SL.

Es un bioinsumo formulado con la bacteria *Bacillus subtilis*. *Bactox SL* controla enfermedades causadas por hongos y bacterias, solubiliza fósforo, fija Nitrógeno e induce la producción de hormonas de crecimiento vegetal. Es un bioinsumo formulado con la bacteria *Bacillus subtilis*, Agro Activo. (s.f).

Ingrediente activo: Esporas viables de *Bacillus subtilis* (17,5%).

Formulación: SL (Concentrado Soluble).

Proveedor/Fabricante: semillas Valle.

El potencial de *Bacillus subtilis* se basa en su capacidad para producir una amplia gama de moléculas bioactivas, que muestran fuertes propiedades antifúngica, junto con una baja toxicidad, alta biodegradabilidad y características amigables con el medio ambiente en comparación con los pesticidas químicos Chen et al. 2008. Citado por (Mendizábal 2012). Adicionalmente, la capacidad para formar endosporas, que le proporciona un alto nivel de resistencia a condiciones ambientales extremas, hace que estas bacterias sean buenas candidatas para el desarrollo de bioproductos (Errington 2003; Ongena et al. 2009). Citado por (Mendizábal 2012).

Banadak.

Banadak es un activador, elicitores del sistema natural de defensa de las plantas, previene y optimiza la capacidad de respuesta a situaciones de estrés causadas por patógenos. Se trata de un complejo de oligosacáridos naturales que aumenta los niveles de fitoalexinas y compuestos fenólicos permitiendo al banano y plátano contrarrestar la infección del hongo *Sigatoka* negra, SAS (2022).

Ingrediente activo: Carbohidratos (Oligosacáridos condensados) + Ácidos Orgánicos+ Vitaminas (C, B1, B2, B6, B12, K3, D-pantenol y Nicotamida).

Concentración (% I.A.): Carbohidratos 1.68% + Ácidos Orgánicos 0.56% + Vitaminas 0.11%

Formulación: EC (emulsión Concentrada).

Proveedor/Fabricante: Sustainable Agro Solutions.

Los elicitores son sustancias que pueden inducir respuestas defensivas cuando se adicionan en tejidos o en células de plantas. Son compuestos de diversa estructura y origen - oligosacáridos, glicoproteínas, péptidos, lípidos, entre otros. Se ha demostrado que los elicitores

de tipo oligosacárido tienen importantes funciones en las interacciones planta-patógeno. Ebel, J. y Mithöfer 1998. Citado por (Alejandro B. Falcón Rodríguez, D. C.-P. 2015).

Los componentes polisacáridos y glicoprotéicos de las paredes celulares constituyen una fuente de oligosacáridos, que además de ser elicitores de respuestas defensivas en la planta, algunos ejercen efectos en el crecimiento y desarrollo de la misma a bajas concentraciones. Côté, F.; Ham, K. S.; Hahn, M. G. y Bergmann, C. W. 1998. Citado por (Alejandro B. Falcón Rodríguez, D. C.-P. 2015).

Funibiol Gold.

Es un bioinsumo de uso agrícola tipo extracto vegetal. Es un extracto natural obtenido a partir de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) los cuales vienen formulados como suspensión concentrada (SC) con una concentración de 20% y 25% respectivamente. Company, G. S. (2018)

Los extractos botánicos de Funibiol Gold actúan evitando la germinación de las esporas y el desarrollo de micelio de los hongos, de esta manera su ciclo de vida se rompe afectando la dispersión del patógeno. Company, G. S. (2018)

Ingrediente activo: Extracto de *Eucalyptus globulus* 20% y Extracto de *Saccharum officinarum* 25%

Formulación: SC (Suspensión concentrada)

Proveedor/Fabricante: Green seal Company.

Los extractos de eucalipto (familia Myrtaceae) parecen una buena opción, ya que las diversas especies de esta planta son ampliamente conocidas por producir sustancias con actividad biocida frente a hongos, bacterias, insectos e incluso oomicetes. (Pattnaik et al., 1996; Ramezani

et al., 2002; Delaquis et al., 2002; Schelz et al., 2006; Batish et al., 2008). Citado por Barrela, J. P. (2013).

Las sustancias que contienen los extractos de eucalipto, y que les confieren esas propiedades antifúngicas, son metabolitos secundarios como los fenoles y los terpenoides, estos últimos, responsables del olor característico del follaje de este género, Foley & Lassak, (2004).

Timorex Gold.

Es un fungicida-bactericida natural que actúa en forma preventiva y curativa, mediante la inhibición del desarrollo de la germinación de esporas, inhibición del crecimiento del micelio y lesión expansiva; inhibición en la producción de esporangios, mediante supresión y erradicación de colonias de los patógenos presentes en los frutos y hojas. Timorex Gold es un fungicida que posee un amplio espectro de acción, que se utiliza en el control preventivo y curativo de enfermedades, ADAMA. (2021).

Ingrediente activo: Aceite de Árbol de Té (*Melaleuca alternifolia*) 22,25 % p/v (222,5 g/L).

Formulación: EC Concentrado Emulsionable

Proveedor/Fabricante: Stockton group.

El aceite esencial derivado de la destilación al vapor de las hojas de *Melaleuca alternifolia* también se conoce como aceite de árbol de té (TTO) o aceite de *Melaleuca*. El TTO está bien caracterizado y contiene aproximadamente 100 terpenos y sus alcoholes relacionados. (Brophy, Davies, Southwell, Stiff y LR Williams. 1989).

El aceite de árbol de té (TTO) tiene propiedades antibacterianas y antifúngicas. (Carson, CF, BD Cookson, HD Farrelly y TV Riley. 1995)

Manzate® 200 wp.

Es fungicida con actividad multisitio para el control preventivo de diversas enfermedades en diversos cultivos, formulado a base de mancozeb en forma de microgránulos suspendibles en agua generando un alto poder fungicida debido a su tecnología Disperss y ProStick de UPL, UPL. (2019)

Ingrediente activo: Mancozeb

Formulación: WP gránulos dispersables

Proveedor/Fabricante: Uniphos Colombia Plant Limited.

Mancozeb reacciona con e inactiva los grupos sulfhidrilo de aminoácidos y enzimas en las células fúngicas, provocando la alteración del metabolismo lipídico, respiración, y producción de adenosina trifosfato. En concreto, inhibe el acetaldehído deshidrogenasa, una enzima vital para el metabolismo normal, resultando en la formación de compuestos dañinos en las células de los organismos, UPL (2019).

Bravonil 720.

Es un fungicida de contacto con acción preventiva y amplio espectro de control, ampliamente usado para el control de enfermedades en una gran variedad de cultivos. El mecanismo de acción es “multisitio”, afectando al hongo en múltiples funciones metabólicas que le impiden su germinación y crecimiento de forma preventiva (Syngenta, 2018). Los aditivos especiales de “BRAVONIL” 72 SC, le permiten persistir sobre el follaje de las hojas tratadas aún después de lluvias de regular intensidad.

Ingrediente activo: Clorothalonil

Formulación: SC Suspensión Concentrada

Proveedor/Fabricante: Uniphos Colombia Plant Limited.

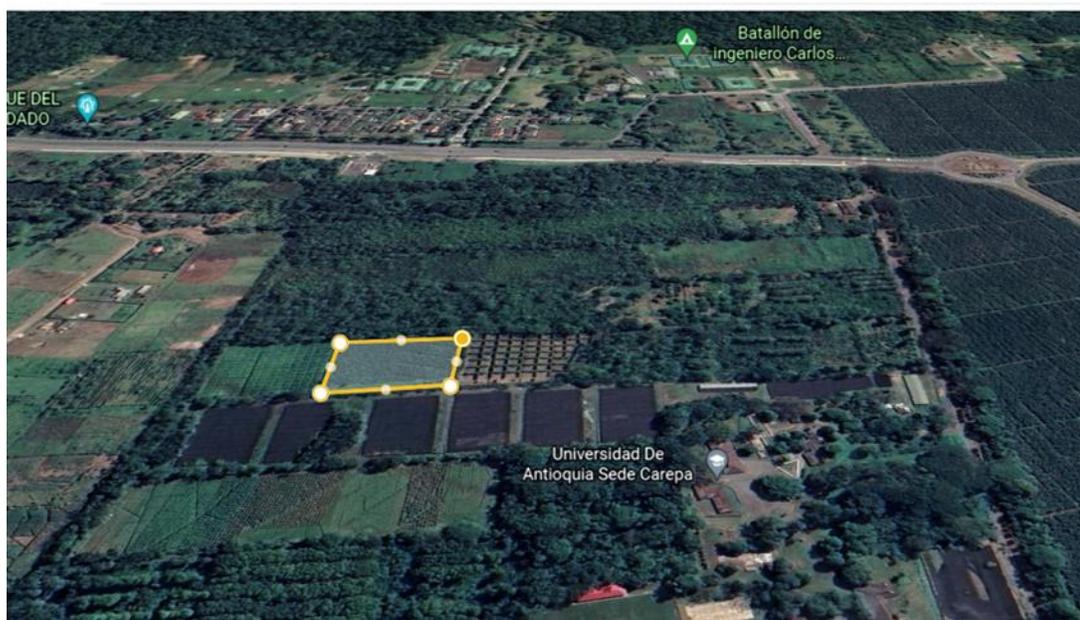
La aparición de poblaciones con mayor tolerancia a los benzimidazoles y triazoles en los últimos años ha determinado un incremento del uso de clorotalonil en aspersiones acuosas, debido a que esta molécula tiene múltiples sitios de acción y es más difícil que el patógeno evolucione resistencia hacia ella (Pérez, 2006).

La acción antifúngica es por contacto con actividad multisitio (FRAC, 2017). El producto inhibe la respiración de las células del hongo, debido a que las moléculas del Clorotalonil se unen a grupos sulfhidrilo de los aminoácidos. Las enzimas que afectan al ciclo de Krebs se desactivan y no se produce ATP (Arista, 2017).

Metodología

Localización

Este trabajo investigativo se llevó a cabo en las instalaciones de la parcela experimental Caaisa, la cual está ubicada en la sede de Tulenapa del municipio de Carepa, Antioquia, ubicado a 28 msnm y una temperatura promedio de 28°C, una humedad relativa de 90%, una precipitación promedio de 3400 mm/año.



Materiales y Equipos

Material Vegetal.

Se trabajará en un cultivo de banano (*Musa AAA*) de variedad Williams, con una distancia de siembra de 2.5 X 2.5 en cuadro.

Se utilizarán las hojas de moringa de plantas adultas establecidas en campo abierto con un cultivo desarrollado en las instalaciones de la universidad UNAD.

Los demás fungicidas comerciales para trabajar son moléculas ya existentes en el mercado y serán suministrados por la compañía aero agrícola integral s.a.s (CAAISA).

Material Agroquímico.

Para realizar el proceso de experimentación, se hizo uso de diversos tratamientos, los cuales son expuestos de forma explícita en la Tabla 1, presentada a continuación.

Tabla 1.

Tratamientos

Tratamientos	Moléculas	Dosis L/t/ha
1	Bactox SL	0,4
2	Banadak	1
3	Funibiol Gold SC	1
4	Timorex Gold CE	1
5	Extracto de Moringa	1
6	Manzate SC	2
7	Bravonil SC	1,25
8	Testigo Absoluto	*

Fuente: Elaboración propia

Nota. Tratamientos utilizados para en la validación de la eficacia del extracto de *moringa oleífera Lam.* Sobre el hongo *Mycosphaerella fijiensis* bajo condiciones de campo. Elaboración propia de los autores del trabajo.

Equipos y Herramientas Para Obtener el Extracto de Moringa

- Balanza electrónica: Para determinar el peso de las hojas para elaboración del extracto
- Probetas: Para medir el volumen de agua y alcohol
- Becker: para preparar el extracto vegetal de moringa
- Agitador magnético: para hacer la agitación del material con el alcohol.
- Horno secador de laboratorio: para secar las hojas de Moringa
- Molino triturador: para moler las hojas

Métodos.

Procedimiento de Preparación del Extracto Vegetal.

Se realizará de acuerdo con la metodología de Linares 2018 de la siguiente manera:

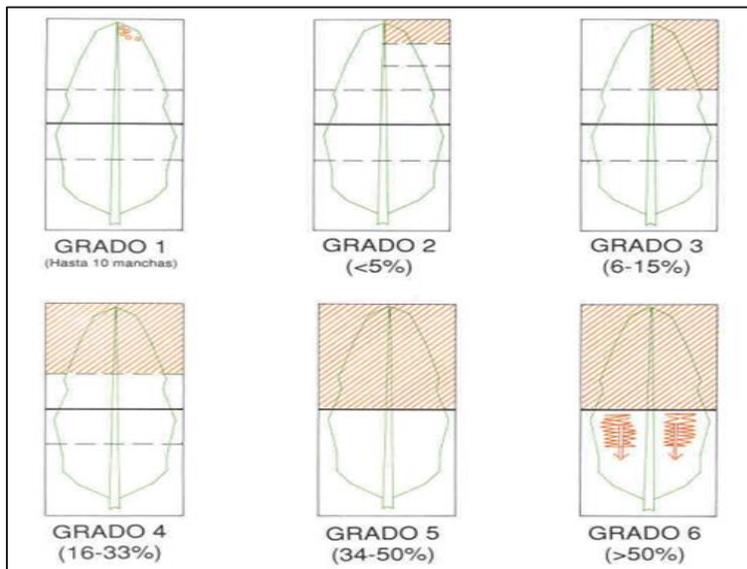
El material vegetal se colectará de plantas de *Moringa oleífera* en campo. Se tomarán las hojas de las ramas intermedias del árbol, se lavarán con agua destilada y se secarán en una estufa a 60 °C durante 72 horas hasta obtener masa constante. Luego se procederá a triturar en un molino.

Métodos de Extracción.

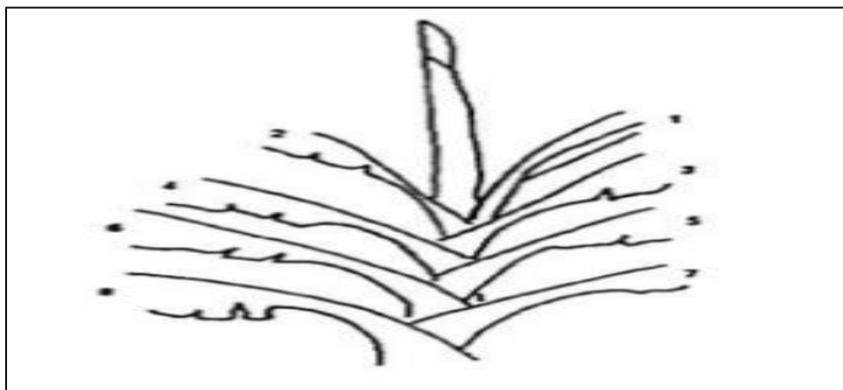
Las extracción se realizaran a partir de 10 gramos de polvo de hojas secas y se utilizó como solvente etanol comercial 95% (v/v) en una proporción 1:3 (m:v) y 3 horas como tiempo de extracción. Se utilizará el método de extracción propuesto por Linares (et al., 2018), que consiste en extraer por medio de según con agitación magnética (EAG), se usará un agitador magnético a 27 °C. Los extractos se filtrarán al vacío (Vacu/Trol™ Regulated Vacuum Pump China) y se concentraron al 10% en un rotoevaporador (IKA HB10 basic Alemania) a temperatura controlada (60 °C).

Evaluación de la Severidad de Sigatoka Negra.

Mediante 7 evaluaciones cada 7 días, se medirá el avance de la enfermedad Sigatoka negra, utilizando el método de Stover modificado por Gaul en 1989. (Figura 4). El cual consiste en estimar visualmente el área total cubierta por todos los síntomas de la enfermedad en cada una de las hojas de la planta (figura 5). Esta escala incluye seis grados, donde cero (0) corresponde a una hoja sin síntomas y el grado 6 a más del 50% del área foliar enferma, como se observa en las figuras 4 y 5.

Figura 4.*Severidad de la Enfermedad.*

Nota. Severidad de la enfermedad, método de Stover modificado por Gaul en (1989).

Figura 5.*Conteo de Hoja para Evaluación de Stover*

Nota. Por Stover modificado por Gaul en (1989).

Con base en la figura 5, realizamos las evaluaciones de campo semanalmente y así poder determinar las siguientes variables de control:

Total de hojas.

Se identifica la planta a evaluar y con una estimación visual que se realiza desde el suelo se hace el conteo de las hojas totales a evaluar, teniendo en cuenta que las hojas de la planta de banano aumentan desde la hoja cigarro, parte apical de la planta, hacia el suelo, como se observa en la figura 5.

Hoja más joven enferma o YLI.

Cuando se han identificado las plantas a evaluar mediante la estimación visual que se realiza desde el suelo, el evaluador identificó la hoja más joven con síntomas iniciales de la enfermedad (pizcas), aquí se evaluó hasta el estadio 1.

Hoja más joven con necrosis YLS.

Se identifican las plantas a evaluar y utilizando el método de estimación visual que se realiza desde el suelo, se identifica el posicionamiento de la hoja más joven con síntomas avanzados de la enfermedad de los estados 5 - 6 en la escala de Fouré (1985).

Severidad.

Este parámetro se calculó con base a los datos obtenidos en las evaluaciones semanales de campo, posteriormente se utilizó el programa Excel configurado bajo la fórmula referenciada por (Marín 2018).

$$II = [\sum (\text{Numero Hojas Infectadas por grado} \times \text{grado correspondiente})] \times 100$$

$$(\text{Grados evaluados} - 1) \times \text{Hojas totales evaluadas}$$

Total de Hojas.

Es el número de hojas que presenta la planta en cada evaluación. Al igual que se tienen en cuenta para determinar el número de hojas con las cuales termina la planta después de finalizar el trabajo investigativo.

También se tiene en cuenta que el conteo de hojas se realizó con base a la evaluación de Stover, donde las hojas se cuentan desde la más joven y se toma como hoja No.1 hasta la más vieja, siendo la última hoja (Figura 5.)

Finalmente se logran obtener los promedios según el total, el valor en porcentajes por grado correspondiente al porcentaje de hojas del grado frente al total de hojas y el promedio ponderado de infección correspondiente a la sumatoria de hojas con algún grado sobre 100.

$$\text{PPI} = \text{suma de } (\% \text{ hojas en cada grado} * \text{grado respectivo } 100)$$

EL Promedio Ponderado de Infección (PPI): se refiere a la incidencia y severidad de la enfermedad sobre el cultivo; a mayor PPI, la severidad de la enfermedad también es más alta.

Diseño del Experimento

Para la ejecución de este trabajo en campo se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con 8 tratamientos. Cada tratamiento consta de 3 repeticiones y cada repetición consta de 4 plantas para un total de 12 plantas por tratamiento y un total de 96 plantas en estudio.

Se seleccionarán plantas de aproximadamente 1.5 metro de altura las cuales tuvieron afectación natural de la enfermedad y no se realizó ningún tipo de aplicación de fungicidas antes del inicio de ensayo. Cada planta se trabajó con 4 hojas funcionales debidamente marcadas e identificadas con cintas plásticas distintivas que corresponden al color de cada producto, con el nombre de la repetición y el respectivo tratamiento de cada planta.

El área para el desarrollo del trabajo es de 1 hectárea, con una densidad de plantas de 1.300 Pl/ha. Con una distribución de 2.5 metros x 2.5 metros en cuadro (lado por lado).

Hipótesis de Investigación

Hipótesis Nula.

El tratamiento de *Moringa oleífera Lam*, no presenta diferencia estadística significativa frente a ningún otro tratamiento.

Hipótesis Alterna.

El tratamiento de *Moringa oleífera Lam*, presenta diferencia estadística significativa con al menos uno de los tratamientos evaluados.

Aplicación en Campo

Preparación de mezclas.

Esta preparación se realizó en el laboratorio de la compañía aero agrícola integral s.a.s (caaisa), un día antes de cada aplicación, esta se realizó con base al volumen de mezcla por Hectárea equivalente a 6 galones americanos (22.71 litros) utilizados en la zona de Urabá. Para tal fin se prepararon 500 cc de mezcla por cada tratamiento. (Ver anexos).

Para hallar el valor o la dosis de los fungicidas, del aceite agrícola y del hipotensor a una escala de 500 cc se utiliza la siguiente ecuación:

$$\underline{\text{Volumen por preparar (0,5 L) X dosis de la molécula (L/ha) X 1000 cc/L}}$$

Volumen de mezcla por hectárea (22,71 L/ha).

El orden de mezcla es el siguiente:

En una licuadora se adiciona primero el aceite agrícola y el hipotensor y se agita un poco, luego se adiciona el 70% del agua y se deja agitar por un minuto hasta formar una emulsión; luego se adiciona el extracto o el fungicida y se deja agitar por un minuto y por último se adiciona el 30% del agua restante.

Tipo de Aplicación.

Se realizó la aplicación mediante el tipo de aspersión foliar simulando el volumen de mezcla por Hectárea equivalente a 6 galones americanos (22.71 litros) utilizados en la zona de Urabá en forma aérea para el control de la enfermedad. Para tal fin se prepararon 500 cc de mezcla por cada tratamiento.

Los fungicidas se aplicaron en emulsión simulando el volumen de mezcla por hectárea utilizados en una aplicación aérea en la zona de Urabá, los cuales se preparan a una menor escala de 500 CC. Conservando la proporción de dosis, permitiendo garantizar las cantidades de mezcla demandadas por tratamiento para un total de 8 tratamientos comerciales, (se incluye el extracto de moringa y el testigo absoluto).

Tipo de Equipo utilizado.

Los tratamientos se aplicaron con una bomba de CO₂ con presión constante de 40 PSI, acompañada de una lanza de aluminio de 1.5 metro de longitud en cuyo extremo se incorpora una boquilla TXVS 002 de cono hueco. Las aplicaciones se ejecutaron mediante la modalidad de prueba de planta entera.

Momento y Frecuencia de Aplicación.

El estudio se inició cuando las plantas alcanzaron 1.5 metro de altura desde el cogollo hasta la base de la planta. Se realizaron 6 aplicaciones consecutivas de cada tratamiento, con un intervalo de aplicación de 6 días; se realizaron aplicaciones manuales dirigidas a todas las hojas de las plantas, simulando la pasada de un avión.

Todos los tratamientos se aplicaron utilizando fuentes de agua convencionales a nivel comercial, supervisando que su pH se encuentre en niveles 5.5 - 6.5 para evitar inhibición de los ingredientes activos.

Plano de la Distribución de los Tratamientos en Campo

En la Figura 6, se permite observar la forma como fueron dispuestos los tratamientos en el lugar de experimentación.

Figura 6.

Plano de Tratamientos Moringa.

Plano de tratamientos trabajo de moringa 2021																
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
X	T4P12	X	T2P12	X	T5P12	X	T1P12	X	T7P12	X	T8P12	X	T3P12	X	T6P12	X
X	T4P11	X	T2P11	X	T5P11	X	T1P11	X	T7P11	X	T8P11	X	T3P11	X	T6P11	X
X	T4P10	X	T2P10	X	T5P10	X	T1P10	X	T7P10	X	T8P10	X	T3P10	X	T6P10	X
X	T4P9	X	T2P9	X	T5P9	X	T1P9	X	T7P9	X	T8P9	X	T3P9	X	T6P9	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	T6P8	X	T3P8	X	T8P8	X	T7P8	X	T2P8	X	T1P8	X	T5P8	X	T4P8	X
X	T6P7	X	T3P7	X	T8P7	X	T7P7	X	T2P7	X	T1P7	X	T5P7	X	T4P7	X
X	T6P6	X	T3P6	X	T8P6	X	T7P6	X	T2P6	X	T1P6	X	T5P6	X	T4P6	X
X	T6P5	X	T3P5	X	T8P5	X	T7P5	X	T2P5	X	T1P5	X	T5P5	X	T4P5	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	T7P4	X	T1P4	X	T5P4	X	T8P4	X	T4P4	X	T6P4	X	T2P4	X	T3P4	X
X	T7P3	X	T1P3	X	T5P3	X	T8P3	X	T4P3	X	T6P3	X	T2P3	X	T3P3	X
X	T7P2	X	T1P2	X	T5P2	X	T8P2	X	T4P2	X	T6P2	X	T2P2	X	T3P2	X
X	T7P1	X	T1P1	X	T5P1	X	T8P1	X	T4P1	X	T6P1	X	T2P1	X	T3P1	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
retera — carretera — carretera — carretera — carretera — carretera																
COLOR	TRAT.	NOMBRE DEL TRTAMIENTO														
	1	E. Bactox 0.4 L/ha + Aceite 3.0 Lt/ha														
	2	E. Banadak 1.0 L/ha + Aceite 3.0 Lt/ha														
	3	E. Funibiol 1.0 L/Ha + Aceite 3.0 Lt/ha														
	4	E. Timorex 1.0 L/Ha + Aceite 3.0 Lt/ha														
	5	E. Extracto de moringa 1.0 L/ha + Aceite 3.0 Lt/ha														
	6	E. Manzate SC 2.0 Lt/ha + Aceite 3.0 Lt/ha														
	7	S. Bravonil 1,25 Lt/ha														
	8	Testigo Absoluto														
X : planta efecto borde																
T : Planta de estudio																

Fuente: Elaboración propia

Nota. Elaboración propia de los autores del trabajo.

Análisis Estadístico de los Datos

Los datos obtenidos en campo fueron digitados y ordenados en una base de datos en hojas electrónicas de Excel. El análisis estadístico fue realizado con el software R. El Análisis de

Varianza se realizó como un bifactorial de bloques completos al azar, con un arreglo de medias repetidas y separación de medias según Tukey (α : 0.05).

Resultados y Discusión

Comportamiento del progreso de la enfermedad bajo el área de la curva (AUDPC)

Luego de realizar las mediciones semanales, se puede evidenciar en la tabla 2 el comportamiento de la severidad para cada uno de los tratamientos, en donde en la última medición el tratamiento Bactox mostró un promedio de 14,3, para el tratamiento Banadak 13,5, para el tratamiento Funibiol 11,1, para el tratamiento Timorex 15,1, para el tratamiento Moringa 12,1, para el tratamiento Manzate 11,6, tratamiento Bravonil 21,4, tratamiento testigo absoluto 29,5.

Tabla 2.

Severidad ensayo extractos y biológicos abril-2021-1

PROMEDIO DE SEVERIDAD ENSAYO EXTRACTOS Y BIOLÓGICOS ABRIL 2021-1							
TRATAMIENTO	27-abr-21	4-may-21	11-may-21	18-may-21	25-may-21	1-jun-21	8-jun-21
T1 E.BACTOX 0,4	0,3	0,7	1,2	2,6	3,9	9,2	14,3
T2 E. BANADAK 1,0	0,2	0,8	1,4	2	3,5	7,1	13,5
T3 E. FUNIBIOL 1,0	0,3	0,9	1,1	2	2,6	5,8	11,1
T4 E. TIOREX 0,4	0,3	0,9	1,6	2,5	3,9	8,8	15,1
T5 E.MORINGA 1,0	0,2	0,6	1,3	1,9	3,1	5,9	12,1
T6 E.MANZATE 2,0	0,3	0,8	1,4	1,8	3,2	5,7	11,6
T7 S. BRAVONIL 1,25	0,3	0,8	2,1	4	6,4	14,7	21,14
T8 TESTIGO ABSOLUTO	0,3	1	2,2	3,9	9,8	14,3	29,5
12. PRECIPITACIÓN	172	90	227	62	62	187	96

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que los datos de precipitación son una variable fundamental en el desarrollo de la enfermedad, ya que por tratarse de un hongo el cual a mayor presencia de precipitación (humedad), mayor es la incidencia y agresividad del patógeno, lo que permitirá que

los tratamientos trabajen bajo condiciones más desfavorables y así puedan mostrar su mejor eficacia en el control.

Al realizar el análisis de varianza se puede observar que existe un p_value menor a 0,05 por lo que se evidencia que al menos uno de los tratamientos es diferente del resto, como se muestra en la tabla 3.

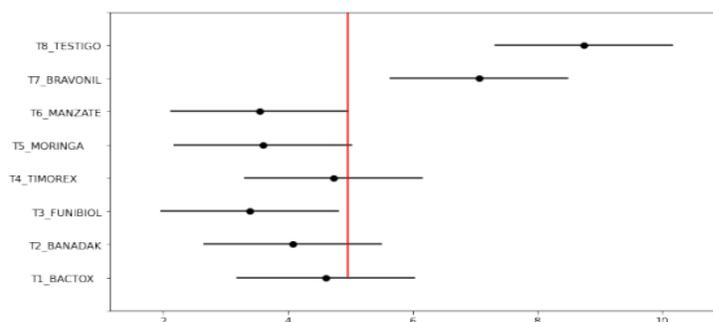
Tabla 3. Análisis de varianza del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC).

	sum_sq	Df	F	PR(>F)
Tratamiento	2186.324033	7.0	8.369504	8.032238e-10
Residual	24779.060595	664.0	NaN	NaN

Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior indica que se debe aceptar la hipótesis alterna, según la cual al menos uno de los tratamientos es diferente del resto, por lo que se procedió a la realización de pruebas de rangos múltiples, en este caso se realizó la prueba de Tukey, encontrando que dichas diferencias se encuentran al comparar el tratamiento testigo absoluto y el tratamiento Bravonil con los demás tratamientos evaluados.

Figura 7. Gráfico de severidad de la sigatoka negra, *Mycosphaerella fijiensis* M., desde los 0 días hasta los 42 días después de la primera aplicación.



Fuente: Elaboración propia

Al comparar la capacidad de control de severidad de la *Moringa oleifera L.* frente a los productos comerciales evaluados se observa que esta presentó igual comportamiento frente a los tratamientos Manzate, Timorex, Funibiol, Banadak, Bactox y mejor comportamiento que los tratamientos Bravonil y testigo absoluto, lo que permite sugerir que en los procesos de control de sigatoka el extracto de Moringa es potencialmente un producto que en los programas de control puede ser incorporado.

El resultado de esta variable indica que el extracto de *moringa oleifera* y a una dosis de 1 Lt/ha, al ser comparado frente a productos comercialmente utilizados en el control de la enfermedad puede convertirse en una alternativa en los programas utilizados para el control de la enfermedad en la zona de Urabá.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Morales, F. (2017), donde el autor dentro de sus conclusiones manifestó que el extracto vegetal al 10% controló de manera eficiente el desarrollo de la enfermedad en su trabajo in-vitro y a campo abierto.

Por otro lado, los resultados obtenidos en esta investigación difieren con los obtenidos por Restrepo y Martínez en (2021), en su investigación en cultivo de plátano donde por recomendación manifestaron que no hubo control por parte del extracto de *Moringa oleifera L.* Cabe tener en cuenta que en este trabajo no se realizaron labores de control cultural en el cultivo.

Estado de síntomas iniciales y el progreso de la enfermedad mediante las variables YLI, YLS y número de hojas de la planta

Variable YLI.

Luego de realizar las mediciones semanales, se puede evidenciar en la tabla 3 la hoja más joven con síntomas iniciales para cada uno de los tratamientos, en donde en la última medición el tratamiento Bactox mostró un promedio de 4,0, para el tratamiento Banadak 4,2, para el

tratamiento Funibiol 4,1, para el tratamiento Timorex 4,0, para el tratamiento Moringa 4,1, para el tratamiento Manzate 5,0, tratamiento Bravonil 5,0, tratamiento testigo absoluto 3,5.

En la variable de YLI no se realizó análisis estadístico ya que es una variable discreta y solo necesitamos saber en qué posición o número de hoja se encuentran los síntomas iniciales de infección.

Tabla 4.

Promedio de YLI ensayo extractos biológicos abril 2021-1.

PROMEDIO DE YLI ENSAYO EXTRACTOS Y BIOLÓGICOS ABRIL 2021-1							
TRATAMIENTO	27-abr-21	4-may-21	11-may-21	18-may-21	25-may-21	1-jun-21	8-jun-21
T1 E.BACTOX 0,4	4	4,2	4,6	4,3	4,2	4,2	4
T2 E. BANADAK 1,0	4	4,3	4,4	4,5	4,6	4,1	4,2
T3 E. FUNIBIOL 1,0	3,8	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,1
T4 E. TIOREX 0,4	4	4	4,3	4,2	4,3	4,5	4
T5 E. MORINGA 1,0	4	4,2	4,4	4,2	4,2	4,5	4,1
T6 E. MANZATE 2,0	4	4,1	4,6	5	4,8	5,3	5
T7 S. BRAVONIL 1,25	4	4,4	4,5	4,9	4,7	5,5	5
T8 TESTIGO ABSOLUTO	4	3,8	4	3,5	3,7	3,5	3,5
12. PRECIPITACIÓN	172	90	227	62	62	187	96

Fuente: Elaboración propia

Análisis descriptivo de cada uno de los tratamientos para la variable YLI.

En la figura 8 se muestra el comportamiento de esta variable expresada en frecuencia (porcentaje) y cada barra representa el número de la posición de la hoja en la planta que presenta sintomatología de la enfermedad.

Al comparar la capacidad de control de la *Moringa oleifera L.* frente a los productos comerciales sobre los síntomas iniciales de la enfermedad, se puede observar que las hojas afectadas no se distribuyen de manera uniforme, permitiendo que el extracto de moringa presente

un igual comportamiento frente a los tratamientos Timorex, Funibiol, Banadak, Bactox donde el porcentaje más alto de afectación por la enfermedad se encuentra en la hoja número 4. Figura 8. Pero evidencio un mejor comportamiento que el tratamiento testigo absoluto; donde la hoja más afectada fue la hoja 3, pero no tuvo mejor comportamiento que el tratamiento Bravonil y el tratamiento Manzate, en los cuales la hoja más afectada por la enfermedad fue la hoja 5. Figura 8. Estos resultados se deben probablemente a las cualidades que tienen ambos productos por su acción multisitio dentro de las células del hongo, Syngenta, (s.f) y Upl. (2019). lo cual hace que tenga una mayor protección que los extractos vegetales, cabe anotar que estos tratamientos son de síntesis química y la moringa es un extracto artesanal, lo que permite sugerir que, en los programas de control de la sigatoka, el extracto de Moringa es potencialmente un producto el cual puede ser incorporado.

El resultado de esta variable indica que el extracto de *Moringa oleífera* y a una dosis de 1 Lt/ha, al ser comparado frente a productos comercialmente utilizados en el control de la enfermedad puede convertirse en una alternativa en los programas utilizados para el control de la enfermedad en la zona de Urabá.

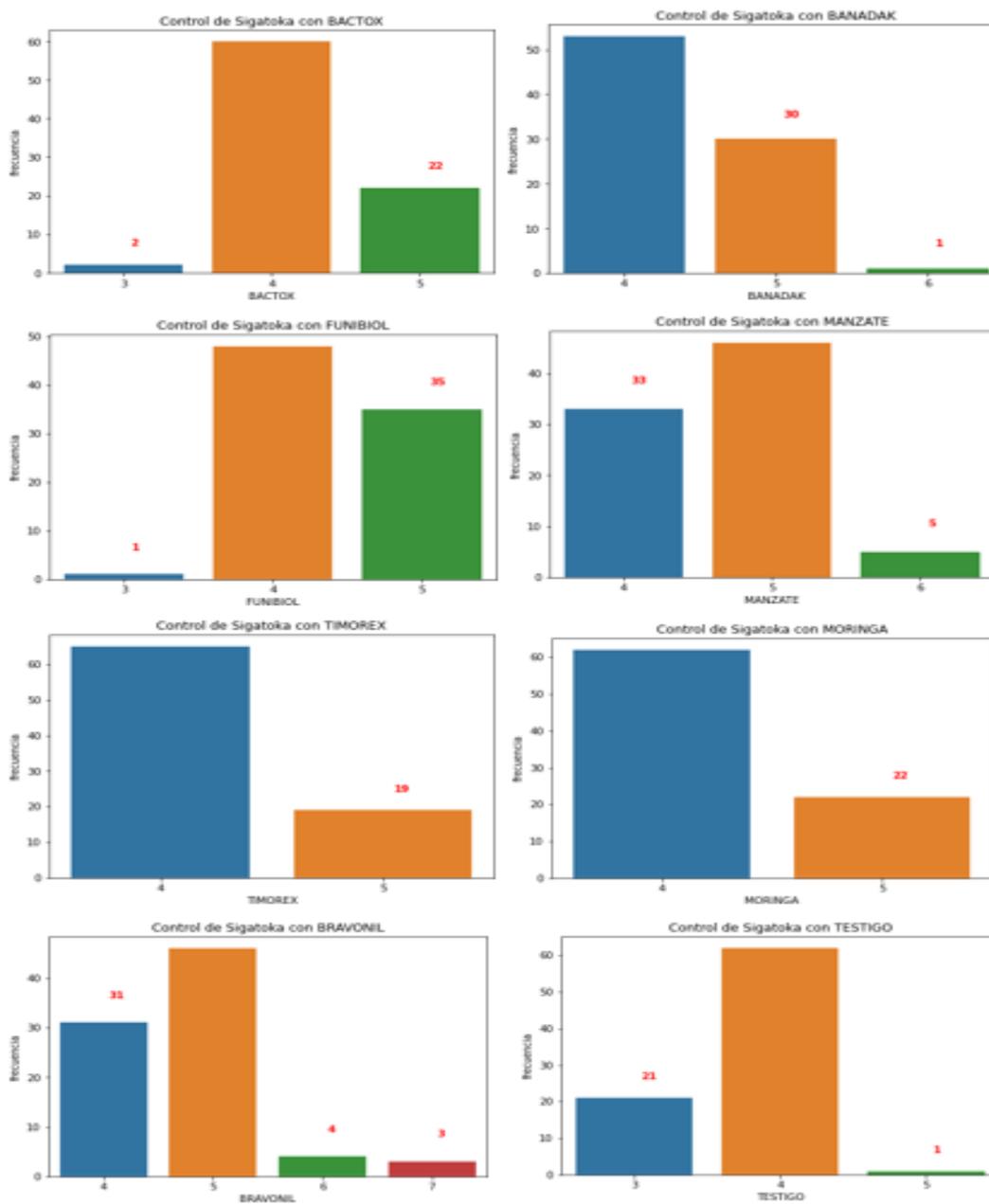
Estos resultados coinciden con los obtenidos por Marín, O., Mass, M., Barrera Violeth, J., & Robles, J. (2008) citado de (Barrera, 2004). Donde corroboraron que al cerrar los ciclos de aplicación se hace más eficiente el control de la enfermedad con los extractos, lo cual representa casi una hoja de diferencia con el testigo absoluto traduciéndose en ganancia para la planta, dada la alta presencia de la enfermedad en la zona (Barrera, 2004).

Por otro lado, los resultados obtenidos en esta investigación difieren con los obtenidos por Restrepo y Martínez en (2021), en su investigación en cultivo de plátano donde por

recomendación manifestaron que no hubo control por parte del extracto de *Moringa oleífera* L. Ya que no se realizaron labores de control cultural en el cultivo.

Figura 8.

Comportamiento promedio del YLI para los tratamientos evaluados.



Fuente: Elaboración propia

Variable YLS.

Después de realizar las mediciones semanales, se puede evidenciar en la tabla 4 la hoja más joven con síntomas más avanzados de la enfermedad (manchas, necrosamiento) para cada uno de los tratamientos, en donde en la última medición el tratamiento Bactox mostró un promedio de 6,75, para el tratamiento Banadak 6,91, para el tratamiento Funibiol 7,0, para el tratamiento Timorex 6,75, para el tratamiento Moringa 6,41, para el tratamiento Manzate 6,91, tratamiento Bravonil 7,58, tratamiento testigo absoluto 5,66.

En la variable de YLS no se realizó análisis estadístico ya que es una variable discreta y solo necesitamos saber en qué posición o número de hoja se encuentran los síntomas iniciales de infección.

Tabla 5.

Promedio de YLS ensayo extractos y biológicos abril 2021-1

PROMEDIO DE YLS ENSAYO EXTRACTOS Y BIOLÓGICOS ABRIL 2021-1							
TRATAMIENTO	27-abr-21	4-may-21	11-may-21	18-may-21	25-may-21	1-jun-21	8-jun-21
T1 E.BACTOX 0,4	4	5,5	6,6	6,7	7	6,5	7
T2 E. BANADAK 1,0	4	5,5	6,6	7	7,3	6,3	7
T3 E. FUNIBIOL 1,0	4	5,6	6,8	6,8	7,3	6,5	7
T4 E. TIOREX 0,4	4	5,2	6,3	6,6	7	6,8	7
T5 E.MORINGA 1,0	4	5	6,3	6,5	6,9	6,7	7
T6 E.MANZATE 2,0	4	5,6	6,6	7,2	7,3	7,5	7
T7 S. BRAVONIL 1,25	4	5,8	6,5	6,3	7	6,7	7,5
T8 TESTIGO ABSOLUTO	4	5,1	5,9	6	5,3	5,9	6
12. PRECIPITACIÓN	172	90	227	62	62	187	96

Fuente: Elaboración propia

Análisis descriptivo de cada uno de los tratamientos en YLS.

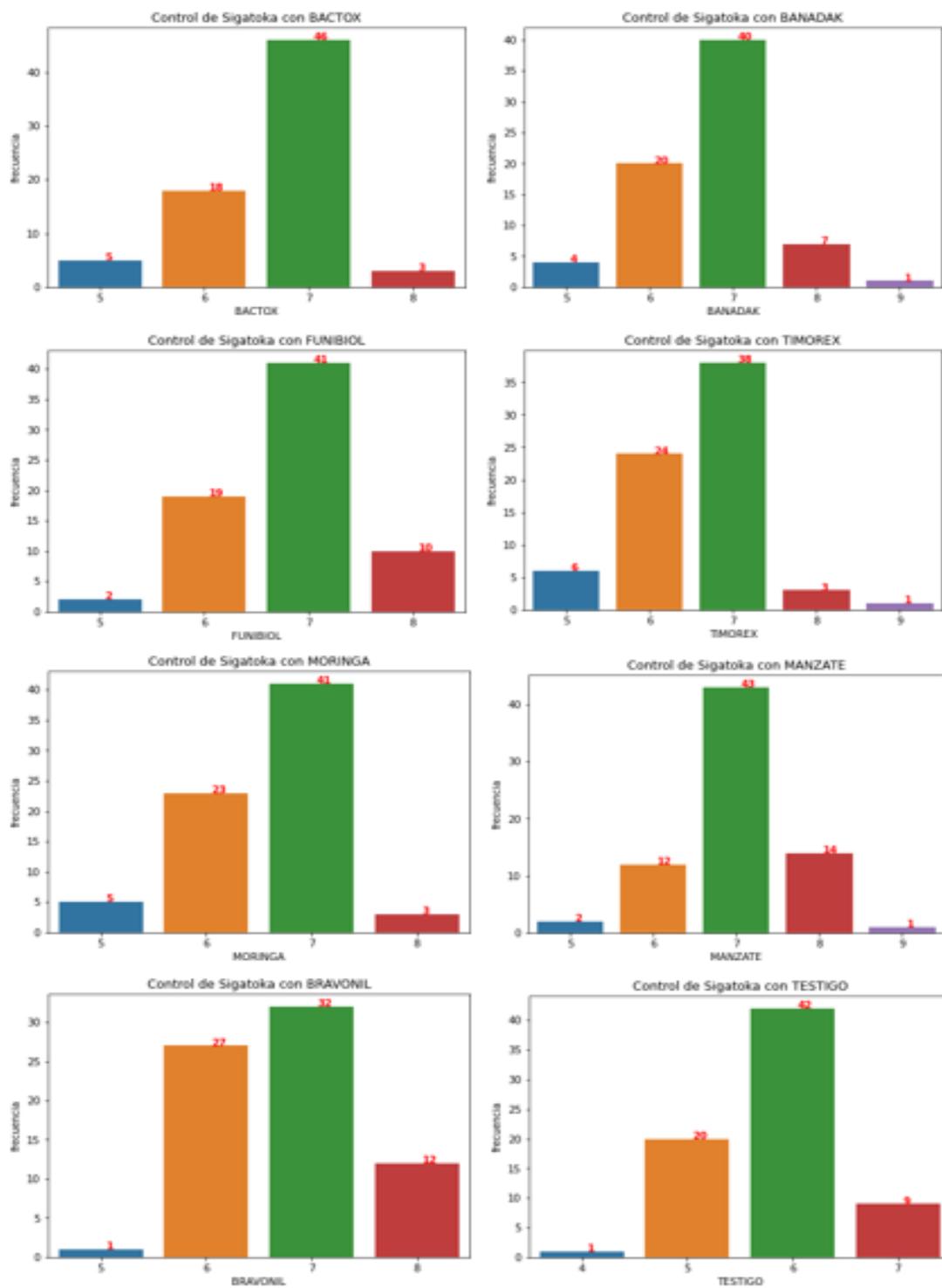
En la figura 9 se muestra el comportamiento de esta variable expresada en frecuencia (porcentaje) y cada barra representa el número de la posición de la hoja en la planta que presenta sintomatología de la enfermedad.

Al comparar la capacidad de control de la *Moringa oleifera L.* frente a los productos comerciales sobre los síntomas más avanzados de la enfermedad, se puede observar que las hojas afectadas no se distribuyen de manera uniforme lo que permite que el extracto de moringa presente un igual comportamiento y afectación de la enfermedad frente a los tratamientos Bactox, Timorex, Funibiol, Banadak, Bravonil, Manzate, cuya hoja afectada es en mayor porcentaje la número 7. Y mejor comportamiento que el tratamiento testigo absoluto, cuya hoja mayor afectada es la número 6; cabe anotar que la moringa es un extracto artesanal, lo que permite continuar sugiriendo que, en los programas de control de la sigatoka, el extracto de Moringa es potencialmente un producto el cual puede ser incorporado.

El resultado de esta variable indica que el extracto de *moringa oleifera* y a una dosis de 1 Lt/ha, al ser comparado frente a productos comercialmente utilizados en el control de la enfermedad puede convertirse en una alternativa en los programas utilizados para el control de la enfermedad en la zona de Urabá.

Figura 9.

Comportamiento promedio del YLS para los tratamientos evaluados.



Fuente: Elaboración propia

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Marín, O., Mass, M., Barrera Violeth, J., & Robles, J. (2008). Donde manifiestan que el YLS de los tratamientos estuvo por encima del testigo absoluto lo cual indica que los extractos vegetales tienen un potencial efecto sobre la enfermedad mitigando su severidad y que este efecto se hace más evidente al realizar las aplicaciones con mayor continuidad.

Por otro lado, los resultados obtenidos en esta investigación difieren con los obtenidos por Restrepo y Martínez en (2021), en su investigación en cultivo de plátano donde por recomendación manifestaron que no hubo control por parte del extracto de *Moringa oleífera L.* Ya que no se realizaron labores de control cultural en el cultivo.

Variable Total hojas.

Después de realizar las mediciones semanales, se puede evidenciar en la tabla 5 el número total de hojas para cada uno de los tratamientos, en donde en la última medición el tratamiento Bactox mostró un promedio de 11,0, para el tratamiento Banadak 11,4, para el tratamiento Funibiol 11,3, para el tratamiento Timorex 10,9, para el tratamiento Moringa 10,9, para el tratamiento Manzate 11,2, tratamiento Bravonil 11,5, tratamiento testigo absoluto 11,2.

En la variable total hojas no se realizó análisis estadístico ya que es una variable discreta y solo necesitamos saber en qué posición o número de hoja se encuentran los síntomas iniciales de infección.

Tabla 6.

Promedio de total de hojas ensayo extractos y biológicos abril 2021-1

PROMEDIO DE TOTAL DE HOJAS ENSAYO EXTRACTOS Y BIOLÓGICOS ABRIL 2021-1							
TRATAMIENTO	27-abr-21	4-may-21	11-may-21	18-may-21	25-may-21	1-jun-21	8-jun-21
T1 E.BACTOX 0,4	4	5,2	6,5	8	8,9	10	11
T2 E. BANADAK 1,0	4	5,4	6,6	8	9,2	10,4	11,4
T3 E. FUNIBIOL 1,0	4	5,4	6,7	7,6	9,1	10,3	11,3
T4 E. TIOREX 0,4	4	5,1	6,5	7,7	8,8	10	10,9
T5 E.MORINGA 1,0	4	5	6,3	7,5	8,7	9,8	10,9
T6 E.MANZATE 2,0	4	5,4	6,8	8	9,2	10,2	11,2
T7 S. BRAVONIL 1,25	4	5,5	6,8	7,8	9,2	10,3	11,5
T8 TESTIGO ABSOLUTO	4	5	6,5	7,8	9	9,1	11,2
12. PRECIPITACIÓN	172	90	227	62	62	187	96

Fuente: Elaboración propia

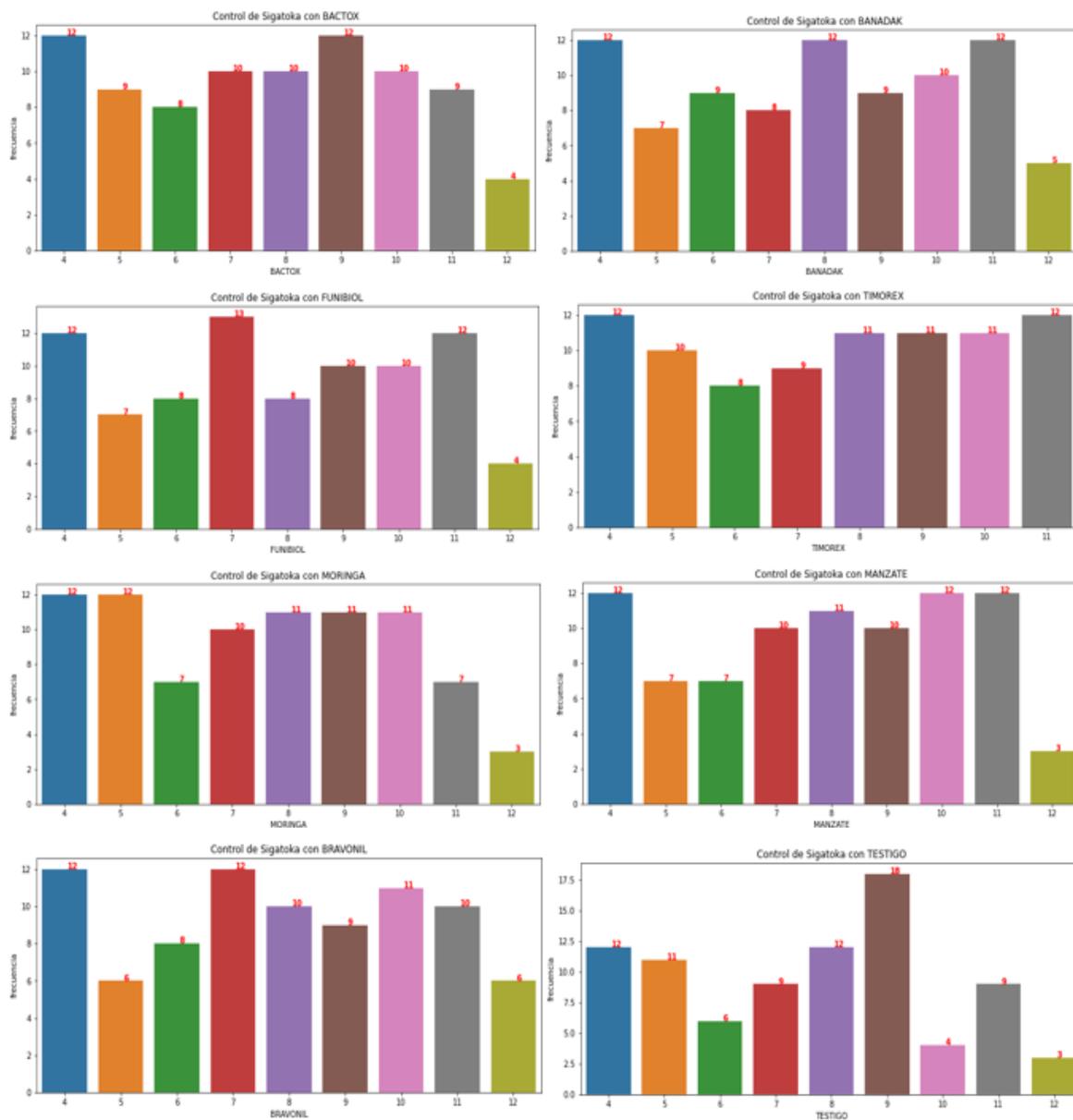
Análisis descriptivo de cada uno de los tratamientos para el número de hojas totales.

En la figura 10 se muestra el comportamiento de esta variable expresada en frecuencia (porcentaje) y cada barra representa el número de hojas totales presentes en la planta al final de la investigación.

Al comparar la capacidad del efecto de la *Moringa oleifera L.* frente a los productos comerciales sobre la variable de número de hojas totales al final de la investigación, se puede observar que el extracto de moringa presenta una homogeneidad en el número total de hojas, frente a los demás tratamientos, esto indica que la emisión de hojas no está influenciada por los tratamientos, estas mínimas diferencias en valores se pueden asociar con el desarrollo vegetativo de cada planta.

Figura 10.

Comportamiento promedio de total hojas para los tratamientos evaluados.



Fuente: Elaboración propia

Efecto protectante de moringa.

Para evaluar o determinar el efecto protectante de moringa principalmente tenemos en cuenta los trabajos realizados por (Martín et al, 2013) por (Holguín et al, 2016) y por (Ashraf et

al. 2008; Montesino, 2014; Estrada, 2015; Holguín, 2016). Quienes concluyeron que el extracto de moringa tiene un efecto “antifúngico” ya que inhibe el crecimiento micelial del hongo. En los resultados obtenidos en el presente trabajo se puede comparar el efecto protectante del extracto de moringa frente a los resultados obtenidos en el control de síntomas iniciales (YLI) de la enfermedad entre todos los tratamientos evaluados. Podemos observar que el extracto de moringa muestra un gran potencial en la protección del área foliar del cultivo, ya que evidencia un comportamiento similar a los tratamientos que comercialmente se clasifican en el segmento de fungicidas protectantes, ya que la enfermedad se localizó en promedio en la hoja número 4, lo que nos permite indicar que si se tiene un promedio de emisión foliar cercano a 1 hoja nueva por semana; entre la semana 3 y la 4 se pueden observar los primeros síntomas iniciales de la enfermedad.

Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con los obtenidos por Restrepo y Martínez en (2021), en su investigación en cultivo de plátano donde no encontraron diferencia significativa para la variable de número total de hojas.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Marín, O., Mass, M., Barrera Violeth, J., & Robles, J. (2008). Donde manifiestan que a pesar de que los extractos vegetales y los tratamientos químicos, tienen un efecto mitigante sobre la enfermedad, y aunque se aumente la frecuencia de aplicación no tienen un efecto significativo sobre la variable de número de hojas.

Conclusiones.

Al realizar este trabajo de prueba de eficacia, se pudo demostrar que el extracto de *Moringa oleífera Lam.* Como alternativa biológica para el control de sigatoka negra en banano muestra una reducción (control) en el desarrollo del patógeno, ya que mostro diferencias significativas frente al testigo absoluto y al tratamiento T7 Bravonil, y un comportamiento similar al resto de los tratamientos evaluados en este trabajo. Permitiendo sugerir que el tratamiento Moringa presenta potencial para ser incorporado en los programas de control de la enfermedad.

Con la información obtenida mediante la evaluación de estimación visual para identificar las hojas más jóvenes con pizcas (YLI) y las hojas más jóvenes con manchas (YLS) se puede concluir que el producto compite contra alternativas biológicas y químicas que hay en el mercado actual para el manejo integrado de la enfermedad.

Recomendaciones

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y las conclusiones que se lograron en el presente trabajo de investigación se suscitan las siguientes recomendaciones:

Se debe seguir evaluando la eficacia biológica del extracto de *Moringa oleífera Lam*, como alternativa biológica en el control de sigatoka negra, aumentando el nivel de industrialización del extracto; ya que en este trabajo se usó un extracto artesanal.

Para las aplicaciones de extractos vegetales es importante que estos se preparen en emulsión (aceite agrícola) y a un intervalo de aplicación que dependerá del ritmo de emisión foliar menos 1 día, (Urabá es 7 días R.E.F) es decir, se debe realizar aplicaciones máximo a 6 días, esto ayudará a minimizar la incidencia y el desarrollo del patógeno en el cultivo.

La ejecución o realización de labores culturales en el cultivo de banano como lo son el desmache o deshije, control malezas, el deshoje entre otras. Al igual que contar con un buen programa nutricional y una buena red de drenajes; son factores muy importantes que ayudan a reducir el desarrollo y la incidencia de la enfermedad en el cultivo.

Bibliografía.

- ADAMA. (2021). *Ficha Técnica Timorex Gold*. Obtenido de file:///C:/Users/jlher/Downloads/FT_TIMOREX_GOLD_160221.pdf
- Alarcón, J; Jiménez, Y. 2012. *Manejo fitosanitario del cultivo del plátano (Musa spp): Medidas para la temporada invernal (en línea)*. ICA (Instituto Colombiana Agropecuario). Bogotá, COL. Consultado 28 abr. 2017. Disponible en <http://www.ica.gov.co/getattachment/08fbb48d-a985-4f96-9889-0e66a461aa8b/-nbspc;Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-platano.aspx>.
- Alejandro B. Falcón Rodríguez, D. C.-P. (2015). *Nuevos Productos Naturales Para La Agricultura: Las Oligosacarinas*. La Habana, Cuba. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193243640010.pdf>
- Alhakmani, F., Kumar, S., & Khan, S. A. (2013). *Estimation of total phenolic content, in-vitro antioxidant and antiinflammatory activity of flowers of Moringa oleifera*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 3(8), 623-627. doi: 10.1016/S2221-1691(13)60126-4
- Álvarez, E., Pantoja, A., Gañán, L., y Ceballos, G. (2013). *Estado de arte y opciones de manejo del moko y la Sigatoka Negra en América Latina y el Caribe*. <http://www.fao.org/3/as124s/as124s.pdf>
- Álvarez, E., Pantoja, A., Gañán, L., & Ceballos, G. (2013). *La Sigatoka Negra en plátano y banano*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <http://www.fao.org/3/as089s/as089s.pdf>
- Agro Activo. (s.f). Bactox SL. Obtenido de <https://agroactivocol.com/producto/sanidad-vegetal-alimentos-saludables/bacillus-subtilis-fungicida-bactox/>

- Aguilar, A., García, A., Odriozola, O., Macedo, G., Ogura, T., Manzo, G., Beltrán, M. (2014). *Chemical management in fungicide sensitivity of *Mycosphaerella fijiensis* collected from banana fields in México. Brazilian Journal of Microbiology*, 45(1), 359–364.
www.scielo.br/pdf/bjm/v45n1/v45n1a51.pdf
- Arista, C. 2017. Fungitox. Disponible en:
[http://www.arysta.com.co/ProductosProteccion/PDF/F.T.%20FUNGITOX%20\(vr.%20\)2020.pdf](http://www.arysta.com.co/ProductosProteccion/PDF/F.T.%20FUNGITOX%20(vr.%20)2020.pdf)
- Arowora, K. A., & Adetunji, C. O. (2014). *Antifungal Effects of Crude Extracts of *Moringa oleifera* on *Aspergillus niger* v. *Tieghem* Associated with Post Harvest Rot of Onion Bulb. SMU Medical Journal*, 1(2), 214–224.
<http://medjournal.smu.edu.in/articles/2014july/21.pdf>
- Ashraf, M., Jabeen, R., Shahid, M., & Jamil, A. (2008). *Microscopic Evaluation of the Antimicrobial Activity of Seed Extracts of *Moringa Oleifera*. Agriculture*, 40(4), 1349–1358.
- Augura. (2018). *Coyuntura bananera 2018*. Obtenido de <https://augura.com.co/wp-content/uploads/2020/10/coyuntura-bananera-2018.pdf>
- AUGURA. (2017). *Memorias VII Congreso Técnico Bananero de Colombia. Santa Marta*.
- Augura. (2020). *coyuntura bananera 2020*. Obtenido de <https://augura.com.co/wp-content/uploads/2021/06/Coyuntura-Bananera-2020.pdf>
- Barrela, J. P. (2013). *ensayo de un extracto de eucalipto como fungicida frente a *phytophthora capsici**. Obtenido de
https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/11555/PardoBarrela_Jessica_TFG_2013.pdf?sequence=2&isAllowed=y

- Barrera, J. 2004. *Contribución fisiológica de las hojas y el epicarpio del fruto en el llenado y calidad del racimo del plátano hartón (Musa AAB Simmonds) en el departamento de córdoba. Tesis M. Sc. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.*
- Brophy J. J., Davies N. W., Southwell I. A., Stiff I. A., Williams L. R. *Gas chromatographic quality control for oil of Melaleuca terpinen-4-ol type (Australian tea tree). Journal of Agricultural Food Chemistry.* (1989); 37: 1330-1335.
- Carson C.F, Riley T.V. *Antimicrobial activity of the major components of essential oil of Melaleuca alternifolia. Journal of Applied Bacteriology.* (1995), 78:264-269.
- Castro, R. (2015). *Bioproducto a base de una cepa nativa de trichoderma harzianum rifai para el manejo de la sigatoka negra (mycosphaerella fijiensis morelet) en bananeras orgánicas. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas Instituto de Biotecnología De Las Plantas.* <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Chen, H., Wang L., Su C.X., Gong G.H., Wang, P., Yu, A.L. (2008) *Isolation and characterization of lipopeptide antibiotics produced by Bacillus subtilis. Lett Appl Microbiol* 47, 180-186.
- CIAT. (2017). *Futuro del banano frente al cambio climático – Aclimate Colombia.*
- Company, G. S. (2018). FichaTecnica_FUNIBIOL GOLD.pdf. Obtenido de file:///C:/Users/jlher/Downloads/FichaTecnica_FUNIBIOL%20GOLD.pdf
- CRAENEN K., ORTIZ R. 2003. *Genetic improvement for a sustainable management of resistance*, pp. 181-198. In: Jacome L; Lepoivre P; Marin D; Ortiz R; Romero R; Escalant JV (eds.). *Mycosphaerella leaf spot diseases of bananas:*
- Cuéllar, A., Álvarez, E. y Castaño., J. (2011). *Evaluación de resistencia de genotipos de plátano y banano a la sigatoka negra (mycosphaerella fijiensis morelet.). Revista Facultad*

- Nacional de Agronomía Medellín, 64(1), 5853-5865.
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S030428472011000100011
&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S030428472011000100011&lng=en&tlng=es)
- El-Mohamedy, RS y Abdalla, AM (2014). *Evaluación in vitro de la actividad antifúngica de extractos de Moringa oleifera como fungicida natural contra algunos hongos fitopatógenos. Revista Internacional de Tecnología Agrícola*, 10, 963-982.
- Estrada, M. (2015). *caracterización de la raíz de moringa y detección de actividad anti fúngica del extracto de su raíz. universidad autónoma agraria antonio narro.*
- Etebu, E., y Young, W. (2011). *Control of black Sigatoka disease: Challenges and prospects. African Journal of Agricultural Research*, 6(3), 508–514.
<https://doi.org/10.5897/AJAR10.223>
- FAO. (2004). *la economía mundial del banano 1985-2002*. Roma, Italia. Obtenido de <https://www.fao.org/3/y5102s/y5102s00.htm#Contents>.
- FAO. (2018). *Situación del mercado del banano. Resultados preliminares relativos a 2017. Roma*. Farooq, F., Rai, M., Tiwari, A., Khan, A., y Farooq, S. (2012). Medicinal properties of Moringa oleifera : An overview of promising healer. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(27), 4368–4374. <https://doi.org/10.5897/JMPR12.279>
- Finagro. (2018). *ficha de inteligencia banano tipo exportación*. Obtenido de https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/basic-page/files/ficha_banano_version_ii.pdf
- Foley, W. & Lassak, E. (2004). *The potential of bioactive constituents of Eucalyptus foliage as non-wood products from plantations*. RIRDC Publication No 04/154. RIRDC. Canberra, Australia. ISBN 1741510627.

- Fondo para el financiamiento del sector agropecuario FINAGRO. (2018). *Ficha de inteligencia banano tipo exportación*. Versión II. Colombia.
- Fouré, E. 1985. *Black leaf streak disease of bananas and plantains (Mycosphaerella fijiensis MORELET)*. Study of the symptoms and stages of disease in Gabon. IRFA, París.
- Fungicide Resistance Action Committee (FRAC). 2016. List of Fungicide Common Names. Disponible en: <http://www.frac.info/what-s-new/2016/02/15/publication-of-the-frac-code-list-2016>
- Ganry, J., Fouré, E., De Lapeyre de Bellaire, L., & Lescot, T. (2012). *An integrated approach to control the Black leaf streak disease (BLSD) of bananas, while reducing fungicide use and environmental impact*. In D. Dhanasekaran (Ed.), *Fungicides for Plant and Animal Diseases* (pp. 193–226). Retrieved from http://cdn.intechopen.com/pdfs/26030/InTechAn_integrated_approach_to_control_the_black_leaf_streak_disease_blsd_of_bananas_while_reducing_fungicide_use_and_environmental_impact.pdf%5Cnhttp://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/26030.pdf
- Gauhl, F. 1989. *Epidemiología y ecología de la Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis Morelet), en plátano (Musa sp.) en Costa Rica*. Tesis Ph.D. Univ. Gottingen (Alemania). Trad. Por Jaime Espinoza. Unión de Países Exportadores de Banano (UPEB). 126 p.
- Gomashe, A. V., Gulhane, P. A., Junghare, M. P., & Dhakate, N. A. (2014). *Antimicrobial activity of Indian medicinal plants: Moringa oleifera and Saraca indica*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, 3(6), 161-169. <https://pdfs.semanticscholar.org/f877/7388589853382a64278728c330f4f67873b3.pdf>
- Gutiérrez, M. (2014). *Interacción biológica de Serratia marcescens con Mycosphaerella fijiensis*. *El Colegio de la Frontera del Sur*.

- Guzmán, M. (2012). *Control biológico y cultural de la Sigatoka- Negra. Tropical Plant Pathology* (p. 4). <https://doi.org/10.13140/2.1.2927.7442>
- Holguín, N. (2016). *Evaluación in vitro de actividad inhibitoria de extractos de Moringa oleífera Lam contra Fusarium oxysporum f. sp . quitoense, en plántulas de lulo (Solanum quitoense Lam.)*. Universidad Católica de Manizales.
<http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/1486/NéstorFabio27HolguínOsorio.pdf?sequence=1>
- Irish, B., Goenaga, R., Rios, C., Chavarria, J., y Ploetz, R. (2013). *Evaluation of banana hybrids for tolerance to black leaf streak (Mycosphaerella fijiensis Morelet) in Puerto Rico*. *Crop Protection*, 54, 229–238. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.09.003>
- Jabeen, Raheela & Jamil, Amer & Ashraf, Muhammad. (2008). *Microscopic evaluation of the antimicrobial activity of seed extracts of Moringa Oleifera*. *Pakistan Journal of Botany*. 40.
- Landero, N., Nieto, D., Téliz, D., Alatorre, R., Orozco, M., & Ortiz, F. (2013). *Potencial antifúngico de extractos de cuatro especies vegetales sobre el crecimiento de Colletotrichum gloeosporioides en papaya (Carica papaya) en poscosecha*. *Revista Venezolana de Ciencia Y Tecnología de Alimentos*, 4(1), 47–62.
- Lazo, J., Muñoz, J., y Escalona, A. (2012). *Evaluación experimental del clorotalonil en el control de la sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis) en plantaciones de plátano (Musa spp. AAB)*. *Bioagro*, 24(2), 127–134. [http://www.ucla.edu.ve/Bioagro/Rev24\(2\)/7.Evaluación experimental del clorotalonil.pdf](http://www.ucla.edu.ve/Bioagro/Rev24(2)/7.Evaluación%20experimental%20del%20clorotalonil.pdf)
- Linares, C., Quiñonez-Galvez, J., Pérez, A. et al. (2018). *Obtención de extractos fenólicos foliares de Moringa oleifera Lam mediante el uso de diferentes métodos de extracción*.

- Biotecnología Vegetal Vol. 18, No. 1: 47 – 56. Recuperado de <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/575/html>
- Llerena, Á., Castaño, R., y Joaquín, C. (2015). *Relación de la concentración y frecuencia de aplicación de ozono con el nivel de daño de la Sigatoka Negra en banano, diseño de un protocolo de riego con agua ozonificada. Alternativas*, 16(2), 66–75.
- López, J.J. (2016). *Moringa oleífera Lam.: Biología, Botánica, Propiedades Nutricionales y Medicinales. Universidad de Sevilla. Proyecto de Trabajo Fin de Grado. Facultad de Farmacia*. 46p.
- <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/80558/MoringaF.pdf;jsessionid=5972A9F9344ADBf6CDE5EE12E1DEF997?sequence=1&isAllowed=y>
- Mahamadou, A. (2014). *Propiedades fungicida, bactericida y aglutinante de las semillas de Moringa oleífera Lam. Trabajo de grado*.
- <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/726/A0058.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Marín, D. H., and Romero, R. A. 1992. *El combate de la Sigatoka negra*. Boletín No. 4, Departamento de Investigaciones, Corporación Bananera Nacional, Costa Rica.
- Marín, DH, RA Romero, M. Guzmán y TB Sutton. 2003. *Sigatoka negra: una amenaza creciente para el cultivo de banano. Planta Dis.* 87, 208-222.
- Marín, O., Mass, M., Barrera Violeth, J., & Robles, J. (2008). *Evaluación de extractos vegetales para el control de Mycosphaerella fijiensis en plátano en Tierralta - Córdoba. Temas Agrarios*, 13(1), 25-31. <https://doi.org/10.21897/rta.v13i1.661>
- Marín, P. (2018). *instructivo para la evaluacion de incidencia y severidad de la sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis MORELET)*. Obtenido de

- https://ditisa.net/files/5ffdc14f1f74_Anexo%204.2-1_Instructivo%20para%20la%20evaluaci%F3n%20de%20Incidencia%20y%20Severidad%20de%20la%20Sigatoka%20negra.pdf
- Martín, C., Martín, G., Fernández, T., Hernández, E., y Puls, J. (2013). *Potential Applications of Moringa oleifera. A critical review. Pastos Y Forrajes*, 36(2), 150–158.
- Martínez, L., Téliz, D., Rodríguez, J., Mora, J., Nieto, D., Cortés, J., Silva, G. (2012). *Resistencia a fungicidas en poblaciones de mycosphaerella fijiensis del sureste mexicano. Agrociencia*, 46(7), 707– 717.
- Martínez, I., Villalta, R., Soto, E., Murillo, G., y Guzmán, M. (2011). *Manejo de la Sigatoka Negra en el cultivo del banano. Corbana*.
<http://infoagro.net/programas/ambiente/pages/adaptacion/casos/Sigatoka.pdf>
- Mathur, B. S. (2005). *Una posibilidad para salvar vidas*.
[http://www.treesforlife.org/sites/default/files/documents/Moringa_Book_Sp\(screen\).pdf](http://www.treesforlife.org/sites/default/files/documents/Moringa_Book_Sp(screen).pdf)
- Mena, X., y Couoh, Y. (2015). *Efectos de los plaguicidas utilizados para el control de la Sigatoka negra en plantaciones bananeras en México, así como su efecto en el ambiente y la salud pública. Tecnociencia Chihuahua*, 9(2), 115–122.
- Mena, J. (2014). *Herramientas biotecnológicas empleadas para controlar el hongo (Mycosphaerella fijiensis) causante de la enfermedad sigatoka negra en plátano y banano. Universidad Nacional Abierta Y A Distancia Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias Y Del Medio Ambiente Especializacion En Biotecnologia Agraria*.
<http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2755/1/54259860.pdf>

- Mendizábal, V. d. (2012). Potencial de la cepa CPA-8 de *Bacillus subtilis* como agente de biocontrol de enfermedades de postcosecha de fruta. Lleida. Obtenido de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/80456/Tvrym1de1.pdf>
- Ministerio de agricultura y desarrollo rural, o. a. (2005). *La cadena de banano en Colombia*. Bogota Obtenido de http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/5874/1/2005112143835_caracterizacion_banano.pdf
- Mohamedy, S., y Aboelfetoh, M. (2014). *Evaluation of antifungal activity of Moringa oleifera extracts as natural fungicide against some plant pathogenic fungi In-vitro*. *Journal of Agricultural Technology*, 10(4), 963–982.
- Montesino, K. (2014). *determinación cuantitativa de aceites esenciales con actividad antifúngica sobre sigatoka negra (mycosphaerella fijiensis morelet) en doce especies de plantas vegetales*. Universidad Técnica de Machala.
- Morales, F.H. (2017). *Evaluación de dosis creciente del extracto de moringa (Moringa oleifera) sobre Mycosphaerella fijiensis, bajo condiciones de campo y laboratorio*. Universidad Técnica de Machala. Trabajo de grado ingeniería agronómica. 57pp. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10530/1/DE00004_TRABAJODETITULACION.pdf
- Moreno, J. (2011). *Actividad antifúngica de los extractos vegetales de Piper eriopodon y Zanthoxylum monophyllum y sus metabolitos secundarios mayoritarios sobre dos hongos fitopatógenos de clavel (Dianthus caryophyllus)*. Universidad Nacional de Colombia. <http://www.bdigital.unal.edu.co/6438/1/790694.2011.pdf>

- Muñoz, F. (2015). “*Fungicidas del grupo de las aminas para el control de la Sigatoka Negra (Mycosphaerella fijiensis) en el cultivo de banano (Musa AAA) Valencia – Los Rios.*” Universidad Técnica Estatal De Quevedo. Retrieved from <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/327/1/T-UTEQ-0017.pdf>
- Ochoa, Y., Cerna, E., Landeros, J., Hernández, S., & Delgado, J. C. (2012). *Evaluación in vitro de la actividad antifúngica de cuatro extractos vegetales metanólicos para el control de tres especies de fusarium spp.* Phyton, 81(1), 69–73.
- Olson, M. E. y Fahey, J. W. (2011). *Moringa oleifera: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas.* *Revista Mexicana de Biodiversidad*, [online], vol.82, n.4, pp.1071-1082. Recuperado el 25 de febrero del 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S187034532011000400001&script=sci_abstract
- Orozco, M.L. y M. Aristizábal. 2006. *Manejo de la sigatoka del plátano (Musa AAB) y su relación con el clima.* Universidad de Caldas. Departamento de Fitotecnia. Resumen de investigación. Boletín Fitotecnia No. 110.
- Orozco-Santos M (1998) *Manejo integrado de la Sigatoka negra del plátano.* SAGAR, INIFAP, CIPAC. Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. Folleto técnico No. 1.
- Pedro, A., Cora, D., Pascal, L., Paul. P. (2004). *La economía mundial del banano 1985-2002. 2004.* Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, Roma.
- Perea A. I., Rodríguez, E., Saldarriaga C. A., Arango R. E. (2003): *Diagnóstico y caracterización molecular de aislamientos de Mycosphaerella Sp. Provenientes de plantaciones de banano y plátano de diferentes regiones de Colombia.* *Revista Facultad*

- nacional agronomía Medellín. Vol. 56, (2).1941 – 1950 de
<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24551/25186>
- Pérez, L. (2006). *manejo convencional y alternativo de la sigatoka negra en bananos: estado actual y perspectivas. la habana, cuba: fitosanidad* vol. 10, no. 1, marzo 2006. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209116158009.pdf>
- Pérez, L. (2012). *A holistic integrated management approach to control Black Sigatoka Disease of banana caused by Mycosphaerella fijiensis*. <http://www.fao.org/3/a-as177e.pdf>
- Restrepo, JC. (2017). “¡Urabá es banano y mucho más!”. Agronegocios. Bogotá.
<https://www.agronegocios.co/agricultura/uraba-es-banano-y-mucho-mas-2622899#:~:text=Solo%20unas%2095.000%20hect%C3%A1reas%20son,que%20beneficia%20a%208.000%20familias>.
- Restrepo, W., & Martínez, J. (2021). *Evaluación del efecto antifúngico del extracto de moringa (Moringa Oleifera Lam.) para el control de la sigatoka negra (Mycosphaerella Fijiensis Morelet) en el cultivo de plátano, municipio de Turbo- Antioquia. Turbo, Antioquia.*
 Obtenido de
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/42716/werestrepopor.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, A., Ramírez, M., Bautista, S., Cruz, A., & Rivero, D. (2012). *Actividad antifúngica de extractos de Acacia farnesiana sobre el crecimiento in vitro de Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*. Revista Científica UDO Agrícola, 12(1), 91–96.
- Rodríguez, A. (2014). *Guía para la Preparación de Mezclas y Uso Moderado de Fungicidas en las Aplicaciones en El Cultivo del Banano.*
https://issuu.com/gyga800/docs/guia_para_la_preparaci__n_de_mezcla

- Sánchez, A. M. (2021). *el banano representa 85% del total de la economía del eje bananero en antioquia*. Obtenido de <https://www.agronegocios.co/agricultura/el-banano-representa-85-del-total-de-la-economia-del-eje-bananero-en-antioquia-3154267#:~:text=Agro-,El%20banano%20representa%2085%25%20del%20total%20de%20la,del%20eje%20bananero%20en%20Antioquia&text=La%20exportaci>
- Sánchez, C., Alvarado, Y., Acosta, M., Leiva, M., Cruz, M., y Roque, B. 2013. *Quantification of phenols in lesions caused by *Mycosphaerella fijiensis* Morelet in “Cavendish naine”* Revista de Protección Vegetal, 28(2), 149–152.
- SAS. (2022). *Ficha técnica Banadak*. Obtenido de https://www.sas-agri.com/productos/banadak/?download_ft
- Semillas Valle. (s.f). *Bioinsumos Bactox SL*, Obtenido de <https://semillasvalle.com/site/bioinsumos/antagonistas/bactox-sl/>
- Soto M. (2014). *Bananos, conceptos básicos*. Cartago, Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.
- Stover, R.H. 1971. *A proposed international scale form estimating intensity of banana leaf spot*. Tropical Agriculture. 48:185-196.
- Stover, R.H. 1980. *Sigatoka leaf spot of bananas and plantains*. *Plant Disease* 64: 750-756
- Syngenta. (2018). *Ficha técnica Bravonil 720 SC*. Bogotá, Colombia. Obtenido de https://www.syngenta.com.co/sites/g/files/zhg481/f/bravonil_720_sc_0.pdf?token=1541176266
- UPL. (2019). *ficha tecnica del Manzate*. Obtenido de https://co.uplonline.com/download_links/FNV0BBHaEIK92APBH7GC6WY7sUPRe0CgLBduOhgV.pdf

Uzochukwu, A. (2012). *Phytochemical Analysis on Moringa Oleifera and Azadirachta Indica Leaves*.

Velázquez Zavala, M., Peón Escalante, I., Zepeda Bautista, R. & Jiménez Arellanes, M. (2016).

Moringa (Moringa oleifera Lam.): usos potenciales en la agricultura, industria y medicina. Revista Chapingo. Serie horticultura, 22(2), 95-116.

<https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2015.07.018>

Vignola, A. V. (2017). *Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos*

en el cultivo de banano en costa rica. San José, costa rica. Obtenido de

<https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8205.pdf>

Anexos.

Anexo A. Registro Fotográfico del Ensayo.

Área de ensayo, parcela experimental CAAISA.



Selección y marcación de las plantas.



Labores de mantenimiento.



Preparación del extracto.





Tratamientos y preparación de mezclas.

Calculo de preparación de las mezclas a dosis de 500 cc

FUNGICIDAS PROTECTANTES							
Volumen de mezcla/ha	22,71	CANTIDADES POR PRODUCTO EN CC					
Volumen preparado	0,5						
TRATAMIENTO	FUNGICIDA	DOSIS/HA	DOSIS A ESCALA	FUNGICIDA CC	ACEITE CC	MANZATE	AGUA CC
T1	BACTOX	0,4	0,009	8,8	66,1	0,0	425,1
T2	BANADAK	1	0,022	22,0	66,1	0,0	411,9
T3	FUNIBIOL	1	0,022	22,0	66,1	0,0	411,9
T4	TIMOREX	1	0,022	22,0	66,1	0,0	411,9
T5	MORINGA	1	0,022	22,0	66,1	0,0	411,9
T6	MANZATE	2	0,044	44,0	66,1	0,0	389,9
T7	BRAVONIL	1,25	0,028	27,5	66,1	0,0	406,4
T8	TESTIGO	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0
	DICAM	3,00	0,066	66,1			
	MANZATE	0,00	0,000	0,0			
	HYPOTENSOR	0,03	0,001	0,7			





Bomba de aplicación, aspersión y evaluación de cada tratamiento.



