

CAPÍTULO 6

EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIFÚNGICO DEL EXTRACTO DE MORINGA (*MORINGA OLEÍFERA* LAM.) PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA (*MICOSPHAERELLA FIJIENSIS* MORELET) EN EL CULTIVO DE PLÁTANO, MUNICIPIO DE TURBO- ANTIOQUIA

Data de aceite: 03/07/2023

Ramón Antonio Mosquera Mena

Universidad Nacional Abierta y a Distancia
UNAD, CIAB, Turbo, Colombia

Wilmar Edilson Restrepo Restrepo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia
UNAD, BIODIVERCEAD, Turbo, Colombia

Jair de Jesus Martinez Silgado

Universidad Nacional Abierta y a Distancia
UNAD, BIODIVERCEAD
Turbo, Colombia

RESUMEN: Debido a los altos costos e impactos ambientales por el control químico de sigatoka negra, principal enfermedad que afecta el cultivo del plátano en el municipio de Turbo causada por el hongo (*Micosphaerella fijiensis*), se planteó conocer si el extracto de *Moringa oleífera* aplicado en diferentes concentraciones produce diferencia significativa en condiciones de campo del cultivo. Fue instalado un experimento en terrenos de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD en Turbo Antioquia, en plantación en producción se seleccionaron plantas de 1m de altura y 4 hojas funcionales sin la enfermedad y sin de labores culturales,

ni fertilización durante el periodo de duración del estudio. Se implementó un diseño experimental de bloques simples al azar cada bloque con 30 repeticiones, se aplicaron 4 tratamientos, concentración al 24%, 32%, 36% de moringa y un testigo sin aplicación. Se evaluó la severidad de la enfermedad a través de la escala de Estover modificada por Gauhl, el número total de hojas, YLI (hoja más joven infectada) y YLS (hoja más joven manchada) durante 6 ciclos de aplicación separados por 8 días entre ellos. El extracto de moringa en las concentraciones evaluadas y bajo las condiciones de estudios no mostró diferencias estadísticamente significativas en el control de la Sigatoka negra en el cultivo de plátano durante el periodo de evaluación, para la severidad el mejor tratamiento fue el de concentración al 32%, para número de hojas, YLI y YLS el tratamiento testigo presentó buenos resultados, indicando poco efecto para estas variables del extracto bajo las concentraciones evaluadas. El estudio permite concluir que la respuesta a la aplicación de los tratamientos justifica la evaluación con plantaciones homogéneas y que tengan manejo agronómico durante un periodo más largo de evaluación.

PALABRAS CLAVE: *Aplicación; Control,*

EVALUATION OF THE ANTIFUNGAL EFFECT OF MORINGA EXTRACT (MORINGA OLEÍFERA LAM.) FOR THE CONTROL OF SIGATOKA NEGRA (MICOSPHAERELLA FIJIENSIS MORELET) IN THE BANANA CROP, MUNICIPALITY OF TURBO- ANTIOQUIA

ABSTRACT: Due to the high costs and environmental impacts of the chemical control of black leaf streak disease, the main disease that affects banana cultivation in the municipality of Turbo caused by the fungus (*Micosphaerella fijiensis*), it was proposed to know if the Moringa oleifera extract applied in different concentrations produces significant difference in field conditions of the crop. An experiment was installed on the grounds of the Universidad Nacional Abierta ya Distancia UNAD in Turbo Antioquia, in plantation in production, plants of 1m high and 4 functional leaves were selected without the disease and without cultural work, or fertilization during the period of the study. An experimental design of simple random blocks was implemented each block with 30 repetitions, 4 treatments were applied, concentration at 24%, 32%, 36% of moringa and a control without application. The severity of the disease was evaluated through the Estover scale modified by Gauhl, the total number of leaves, YLI (youngest leaf infected) and YLS (youngest leaf stained) during 6 application cycles separated by 8 days between them. . The moringa extract in the concentrations evaluated and under the study conditions did not show statistically significant differences in the control of black Sigatoka in the plantain crop during the evaluation period, for severity the best treatment was the concentration at 32% For the number of leaves, YLI and YLS, the control treatment presented good results, indicating little effect for these variables of the extract under the concentrations evaluated. The study allows to conclude that the response to the application of the treatments justifies the evaluation with homogeneous plantations and that have agronomic management during a longer evaluation period

KEYWORDS: Application; Control, Protective; Antifungal effect.

1 | INTRODUCCIÓN

El plátano es considerado el cuarto cultivo más importante del mundo, se trata de un producto básico para la alimentación que al mismo tiempo tiene importancia como producto de exportación y fuente de empleo e ingresos en numerosos países del trópico y subtrópico (CORPOICA, 1999; CORPOICA, 2006; DANE, 2014). Este cultivo en Colombia representa cerca del 50% del área sembrada para la alimentación con cerca de 420 mil hectáreas cultivadas en el 2018, y aunque es producido en el país, su principal destino es el consumo interno. Según estadísticas de AGRONET (2018), los departamentos más productores son Arauca con el 16,81%, seguido por Meta con el 10,64% y Antioquia con el 8,26% de la producción nacional, para el departamento de Antioquia se registran 43.000 Ha que producen 356.000 Ton, con un rendimiento de 8,37 Ton/Ha. De igual manera Turbo ocupa el segundo lugar en Colombia a nivel de municipios, siendo el primero de Antioquia con 19,933 hectáreas sembradas, con un área cosechada de 16,937 hectáreas, con un

rendimiento de 8,80 Ton/ha (AGRONET, 2018).

El cultivo del plátano en el mundo

Los plátanos se producen en las de 125 países en el mundo, donde por continentes Asia es el principal productor con el 58% del volumen, seguido por E.E.U.U con el 26%, América del sur con el 17%, América central con el 8%, y África con el 14%. La producción mundial en el 2014 alcanzó los 106,5 millones de toneladas, por lo que el cultivo de plátanos ha aumentado representativamente su producción teniendo en cuenta que en 1978 se producían 35 millones de toneladas (FAO, 2019).

Por países, India es el principal productor de plátanos en el mundo, con el 28,1% del total; China, con el 10,1%, está en segundo lugar, seguida por Filipinas, con el 8,6%; Ecuador, con el 7%; Brasil, con el 6,9%; e Indonesia, con un 5,8%. En las últimas cinco cosechas, el mayor rendimiento medio por área cosechada lo muestra Nicaragua, totalizando 55,6 t / ha, casi tres veces mayor que la media mundial, correspondiente a 19,3 t / ha. Por lo tanto, los máximos productores, no son necesariamente los que obtienen las mayores ganancias por área cultivada (Bananotecnia, 2015).

El cultivo de plátano en Colombia

En Colombia sobresale como un sector tradicional como cultivo de pan coger para pequeños y medianos productores, de alta dispersión geográficas y de gran importancia social y económica desde el punto de vista de seguridad alimentaria y de generación de empleo rural (Espinal & Peña, 2005).

Según el anterior autor, aproximadamente el 87% de los cultivos de plátano en Colombia, están asociados con café, cacao, yuca y frutales, y el 13%, es monocultivo, cerca del 4% de la producción nacional se tiene fin de exportación, y el resto va para el consumo interno en fresco y un pequeño porcentaje, que corresponde a menos del 1%, se usa como materia prima para la agroindustria nacional.

La subregión de Urabá y el nororiente del departamento del Magdalena son visibles por el grado de tecnificación que han logrado en el establecimiento, manejo, producción y exportación de plátano con alta productividad e integración de los productores y empresas comercializadoras internacionales, gracias a las ventajas de localización geográfica estratégica y calidad de los suelos con relación a otras zonas productoras del mundo. Pese a esto, los problemas fitosanitarios y los bajos niveles de inversión en el cultivo, como en labores como la adecuación de fincas, renovación de plantaciones, fertilización integral y sistemas de drenaje adecuados, representan las principales causas de pérdidas en la competencia con los mercados internacionales, ya que esto ha afectado seriamente la productividad y la calidad de los frutos para exportación (Espinal & Peña, 2005).

Sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* Morelet Como principal afectación del cultivo.

La Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) es una de las enfermedades más destructivas que afectan al cultivo del banano y plátano a escala mundial (Fullerton & Olsen, 1995; Stover, 1980; Orozco-Santos et al., 2002). La severidad de este tipo de patógenos aumenta en el sistema agrícola debido la propagación vegetativa (reproducción asexual) y al cultivo en grandes extensiones de tierra de un clon genéticamente uniforme, haciendolo altamente vulnerable a ataques epidémicos de la enfermedad (Orozco-Santos, 2002).

Síntomas y signos

En las hojas aparecen manchas cloróticas muy pequeñas en la parte inferior de la tercera o cuarta hoja abierta completamente, estas crecen convirtiéndose en rayas de color marrón, con el pasar del tiempo el color de las rayas va haciéndose más oscuro y visible en la parte superior de las hojas. Luego las lesiones se amplían, tornándose fusiformes o elípticas, y se oscurecen aún más formando las rayas negras de las hojas, síntoma muy característico de la sigatoka negra (Orozco et al, 2013).

Epidemiología

Las ascosporas y en cierta medida las conidias, constituyen los propágulos por los cuales el hongo se disemina fácilmente. Las conidias se forman bajo condiciones de humedad alta, especialmente si una película de agua se presenta en las hojas. Estas esporas asexuales se diseminan fácilmente durante los periodos de lluvia causando la propagación local de la enfermedad. Los pseudotecios maduran cuando los tejidos muertos de la hoja están saturados con agua por aproximadamente 48 horas. Las ascosporas constituyen el primer medio de dispersión a largas distancias y proveen el mayor medio de propagación durante épocas extendidas de tiempo lluvioso. Las manchas de sigatoka negra en plátano disminuyen un poco durante la época seca, pero los ciclos de infección se repiten continuamente dentro de las plantaciones (Orozco et al, 2013).

Los agricultores y productores actualmente tienen mucha confianza en el control químico con fungicidas. Los programas de manejo y control están basados en su mayor parte en fungicidas protectores como el mancozeb (aplicado en agua combinado con aceite) y clorotalonil. El mancozeb frecuentemente se aplica en combinación o en rotación con morfolina, con inhibidores de demetilación (IDMs), o con fungicidas estrobilurinas (Qols). El fungicida clorotalonil normalmente se rota pero no se combina con otros fungicidas. La resistencia del fitopatogeno de la sigatoka negra a los fungicidas benzimidazol, IDM y estrobilurin es común en muchas zonas productoras. La aplicación de los fungicidas

frecuentemente se hace por vía aérea (Orozco et al, 2013).

El espaciamiento más amplio de las plantas (desmache o deshije), sistema de drenaje adecuado, mejor aireación, manejo integrado de malezas y eliminación de las hojas que están severamente afectadas, son estrategias de manejo integral que comúnmente se aplican, simplemente quitando las hojas infectadas, labor denominada deshoje y luego ponerlas en el suelo puede reducir la eficacia de emisión de las ascosporas significativamente (Orozco et al, 2013).

Taxonomía de la moringa

Según Caro & Bustamante (2013), *M. oleífera* es una especie que pertenece a la familia Moringáceas. Cronquist (1988) sitúa a esta familia en el orden Caparales (junto Caparáceas, Crucíferas y Resedáceas). Takhtajan (2009) la incluye como única familia en el orden Moringales (relacionado con Caricales y Caparales). Según el criterio de APGIII (2009) las moringáceas pasan al orden Brassicales (mucho más extenso que lo anteriores, que quedan suprimidos, y en el que están todas las familias citadas). A continuación, se describe la clasificación taxonómica de la moringa:

<i>Reino:</i>	Plantae
<i>División:</i>	Magnoliophyta
<i>Clase:</i>	Eudicotyledoneae
<i>Subclase:</i>	Rosidae
<i>Orden:</i>	Brassicales
<i>Familia:</i>	Moringaceae
<i>Género:</i>	Moringa
<i>Especie:</i>	<i>oleífera</i> Lam.

Tabla No.1 Taxonomía de Moringa oleífera

Generalidades de Moringa oleífera Lam.

La *Moringa oleífera* Lam., conocida como moringa es un árbol pequeño, crecimiento acelerado que puede alcanzar de 10-12 metros de altura, sus son hojas pinnadas en tres y corteza gruesa, blanquecina y de aspecto corchozo. Es originaria de los Himalayas, pero ha sido introducida en diferentes lugares tales como Bangladesh, Afganistán, Pakistán, Sri Lanka, Sureste asiático, Asia occidental, la Península Arábiga, África del Oeste, Madagascar, el sur de la Florida, las islas del Caribe, América del Sur, desde México a Perú, Paraguay y Brasil; crece muy rápidamente en lugares favorables incrementando de 1 a 2 m/año en altura durante los primeros 3 a 4 años (Liñan, 2010; Mahamadou, 2014). Una de las características fundamentales de la Moringa es su gran capacidad de resistencia a la

sequía y su potencial agronómico siendo un árbol que se puede cultivar en regiones áridas y semiáridas. Su polinización se da por abejas, otros insectos y aves (Morton, 1991). Las flores están agrupadas en grandes panículas axilares; cinco pétalos, desiguales y blancos. Su fruto capsular, lineal, angular, pendular, de hasta 40 cm de largo y 1 o 2 cm de ancho. Los frutos son cápsulas trilobuladas, dehiscentes, de 20 a 40 cm de longitud. Contiene de 12 a 25 semillas/fruto. Las semillas son redondas y de color castaño oscuro, con tres alas blanquecinas. Cada árbol puede producir de 15.000 a 25.000 semillas/año (FAO-OMS, 2005; Mahamadou, 2014).

Usos de Moringa oleífera

Según Velázquez-Zavala et al. (2016), la moringa tiene potencial uso en alimentación humana, agricultura, agroindustria, fungicidas, bactericidas, forrajes, farmacéutica, cosméticos, producción de alcohol y biodiesel. También se le atribuyen excelentes propiedades nutricionales y medicinales (Caro & Busqtamante, 2013). En cuanto a uso como fungicidas y bactericida varios autores reportan efectos, por ejemplo, el extracto de sus de hojas tienen actividad bactericida contra bacterias Gram positivas y actividad fungicida, siendo la concentración mínima inhibitoria de 200mg.mL⁻¹ (Gomashe et al., 2014). Además, se ha reportado que el extracto acuoso de semillas de Moringa presenta actividad fungicida frente a *Stemphylium solani* (Mahamadou, 2014).

La literatura reporta ampliamente que una de las características diferenciales de la planta de moringa está representada en que, en sus hojas, se acumulan altos contenidos de compuestos fenólicos (Valdez-Solana et al., 2015), estos fenoles son estudiados en su mayoría por sus aplicaciones biológicas (Kotb et al., 2017). La comparación entre diferentes métodos de extracción para aumentar su rendimiento y el contenido de compuestos bioactivos en el extracto son estudios que deben hacerse para aprovechar aún más su potencial.

Así, Vongsak et al. (2013) reportan el beneficio que ofrece seleccionar un método adecuado de extracción, que sea simple, rápido y que permita obtener una preparación biológica de alto rendimiento de compuestos activos. Para esto Linares et al. (2018), encontraron que, a través del método de extracción con agitación magnética por 3 horas, se obtiene extractos foliares etanólicos crudos de moringa con altos rendimientos de extracción y concentración de compuestos. Además, estos mismos autores en el extracto crudo comprobaron la presencia de compuestos fenólicos tales como flavonoides, cumarinas volátiles, taninos, ácidos fenólicos, entre otros.

Por su parte en el cultivo del banano Morales (2017), para combatir la sigatoka negra evaluó in vitro y en campo el efecto de extracto de la hoja de moringa, encontrando efecto antifúngico tanto in vitro y en campo en el T4 (10% de extracto), siendo esto un aporte para disminuir la incidencia y severidad de la enfermedad y por ende un mejor control.

Por lo anterior, este trabajo pretende evaluar si el extracto de Moringa oleífera en diferentes concentraciones actúa como inhibidor del desarrollo de la enfermedad de la sigatoka negra en un cultivo de plátano clon Hartón bajo las condiciones ambientales del municipio de Turbo.

2 | METODOLOGÍA

Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en el lote experimental de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, ubicado en la vereda la Lucila municipio de Turbo, Antioquia, ubicado a 2 msnm y una temperatura promedio de 28°C, una humedad relativa de 86% y correspondiente a clima tropical húmedo.

Condiciones del cultivo

El cultivo corresponde a una plantación en estado reproductivo, la cual no se le realizaron labores culturales como deshierba, deshoje, desmache o fertilización durante los 6 ciclos de aplicación que duró el experimento con el fin de mantener condiciones propicias para la multiplicación del hongo.

Materiales

Material vegetal

Cultivo de plátano: Se trabajó con un cultivo ya establecido en producción de plátano clon Hartón, establecido a una distancia de siembra variable alguna 1,8 m x 1,8 y otras 2 m x 2 m. El cultivo tenía una edad de 18 meses, establecidos en suelo con textura arcillosa, topografía plana, con drenaje deficiente poco control de malezas, en un área total de aproximadamente 1.3 cuarterones.

En la plantación fueron seleccionadas 30 plantas por tratamiento las cuales tenían una altura entre 1 y 1,5 m, dejándoles 4 hojas verdaderas para el comienzo de la evaluación, cada planta fue marcada según el tratamiento que le correspondió después del sorteo de los bloques completamente al azar. Los rótulos de las plantas contenían información sobre el tratamiento y número de planta correspondiente

Plantas de moringa: se utilizaron las hojas de moringa de plantas adultas con una edad aproximada de 10 meses y altura entre 4 y 4,5 m las cuales se encuentran dentro del lote experimental de la Universidad Nacional Abierta y prestan el servicio de cortinas rompe viento a la plantación.

Equipos, herramientas e insumos

Balanza electrónica (Daewoo): Para determinar el peso de las hojas secas a los momentos de elaborar del extracto.

Probetas (Brixco): 100 ml Para medir el volumen de alcohol.

Becker (Pyrex): 400 ml para medir el volumen de agua al momento de la preparación para aplicación.

Frascos de vidrio (tipo salsa de restaurante): de capacidad de 4 l para depositar las hojas debidamente trituradas con el alcohol al 95% de concentración que dejamos por 72 horas para obtener el extracto

Bomba de espalda (Sthil 420): Para hacer la aplicación por aspersion de los tratamientos a las áreas seleccionadas.

Licuada (samurái): para triturar las hojas de moringa y realizar la mezcla del extracto el agua, el coadyuvante

Alcohol etílico al 95%: el cual utilizaremos para obtener el extracto

Filtros de tela (Juan Valdez): para realizar el filtrado del extracto

Sys comet (sys): coadyuvante que posee un potente regulador de pH con propiedades acidificantes

MÉTODOS

Procedimiento de preparación del extracto vegetal

La preparación del extracto se realizó de siguiente manera:

El material vegetal se colectó de plantas de *Moringa oleífera* adulta en campo. Se tomaron las hojas de las ramas intermedias del árbol, se lavaron con agua y se secaron durante 48 horas en una habitación que el techo es de zinc. Luego con una licuadora se realizó el triturado de todas las hojas secas y se procedió a realizar el pesaje de las mismas, se le adicionó el alcohol al 95 % en proporción de 1 a 3 (por cada 100 gramos de moringa se adicionó 300 cc de alcohol) y se dejó por 72 horas en frascos tapados, se realizó un macerado y filtrado para obtener el extracto al 100% como indica Linares *et al* (2018). En la figura 7 se observa la preparación del extracto de moringa.

Figura. Cosecha de hojas, secado, pesado obtención del extracto de moringa y preparación de los tratamientos para aplicación

Preparación de las dosis del extracto

La preparación por litro de producto estuvo compuesta por 240 ml de extracto de *Moringa oleífera* y 760 ml de agua para la concentración al 24%; 320 ml de extracto de

Moringa y 680 ml de agua para la concentración al 32% y 360 ml de extracto de *Moringa oleífera* con 640 ml de agua para la concentración al 36%.

La aplicación de los tratamientos se realizó utilizando una bomba de fumigar a motor marca Stihl, para lo cual en primera instancia se realizó la estandarización del equipo y el aplicador, actividad que se realizó utilizando agua mientras el operador distribuía en todas las plantas el litro de agua sobre las hojas con calibración al 4. Posterior a esto se realizó la aplicación del producto por 6 ciclos cada uno de ellos separados por 8 días como se puede ver en la figura 8, desde el 31 de mayo del 2020 hasta el 5 de julio del 2020 (un total de 35 días de evaluación).

Evaluación de la severidad de sigatoka negra.

La evaluación se realizó sobre las 30 plantas de cada tratamiento de acuerdo a la escala de Stover modificado por Gaulh (1989). Indicada a continuación:

La determinación de la severidad fue realizada mediante la inspección visual por semana (ciclo de aplicación) utilizando una escala con grados de 0 a 6 donde 0 corresponde a una hoja sin síntomas y 6 más del 50% del área foliar se encuentra enferma, como se muestra en la tabla No.2

Grado	Descripción del daño en la hoja
0	Sin síntomas
1	Hasta 10 manchas por hojas
2	Menos del 5% del área foliar enferma.
3	De 6 a 15% del área foliar enferma.
4	De 16 a 33% del área foliar enferma.
5	De 34 a 50% del área foliar enferma.
6	Más del 50% del área foliar enferma.

Tabla No.1 Grados de severidad de la enfermedad según escala de Stover modificada por Gauhl

Por su parte, el conteo de hojas fue realizado teniendo en cuenta la evaluación de Stover, según la cual las hojas son contadas desde la más joven como hoja No.1 hasta la menos joven como última hoja y no incluyendo la conocida como hoja bandera que no se ha abierto al momento de la evaluación.

Por su parte, la estimación visual en campo, fue realizada por mediante el uso del formato recomendado por Gauhl (1989), el cual está compuesto en una primera parte del número de plantas a evaluar, seguido por el número de hojas que pueda tener la planta durante el estudio y en cada una de ellas se indica el grado de infección que tiene la hoja en el momento de evaluación, para posteriormente determinar el número de hojas total de la planta (H/P), la posición de la hoja más joven enferma (HMJE), el número de hojas con grado de severidad que corresponde a la sumatoria de cada grado encontrado en la

evaluación (50 (0), 7(1), 7(2) en el ejemplo), posteriormente se obtienen los promedios según el total, el porcentaje 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.

Hoja más joven enferma (HMJE): Indica el progreso de la enfermedad; cuanto más jóvenes las hojas con síntomas, mayor es la incidencia de la enfermedad

Promedio Ponderado de Infección (PPI): indica la incidencia y severidad de sigatoka negra en la plantación; mientras que éste es mayor, la severidad de la enfermedad también es más alta. El valor de PPI debe mantenerse por debajo de 2.5 para evitar que la sigatoka negra ocasione daños en el rendimiento y calidad del fruto (Diaz, sf).

Diseño experimental

El experimento se realizó en un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos cada uno de ellos compuesto por 30 repeticiones evaluando 120 plantas con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \mathcal{E}_{ij}$$

Donde:

i = t1, t2, t3, t4 (tratamientos)

j=número de repeticiones

Tratamientos a evaluar

Tratamiento 1: Aplicación de extracto de Moringa al 32% de extracto de *Moringa oleífera* en un litro de agua 30 plantas

Tratamiento 2: Aplicación de extracto de Moringa al 36% de extracto de *Moringa oleífera* en un litro de agua 30 plantas

Tratamiento 3: Testigo absoluto – sin aplicación de extracto 30 plantas

Tratamiento 4: Aplicación de extracto de Moringa al 24% de extracto de *Moringa oleífera* en un litro de agua 30 plantas

VARIABLES DE RESPUESTA

% de severidad e incidencia de sigatoka negra

Numero de hojas total

YLI (hoja más joven infectada)

YLS (hoja más joven manchada)

Análisis estadístico de los datos

Mediante estadística descriptiva y realizando un análisis de varianza ANOVA entre los tratamientos para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas en las medias, los análisis fueron realizados con el software R versión 4.0.2.

Para la variable severidad, fue realizada la prueba de Shapiro-Wilks (0.001986), que indica que los datos de la muestra no siguen una distribución normal, pero los datos presentan una homogeneidad de varianza con un nivel de significancia de 0.05, conforme el Bartlett test (0.9581). Por cumplir este requisito fue aplicada la prueba de Kruskal-Wallis (0.8554), para datos no normales.

Para la variable total de hojas de la planta, fue realizada la prueba de Shapiro-Wilks (0.00278), que informa que los datos de la muestra no siguen una distribución normal, pero los datos presentan una homogeneidad de varianza con un nivel de significancia de 0.05, conforme el Bartlett test (0.9973). Por cumplir este requisito fue aplicada la prueba de Kruskal-Wallis (0.9572), para datos no normales.

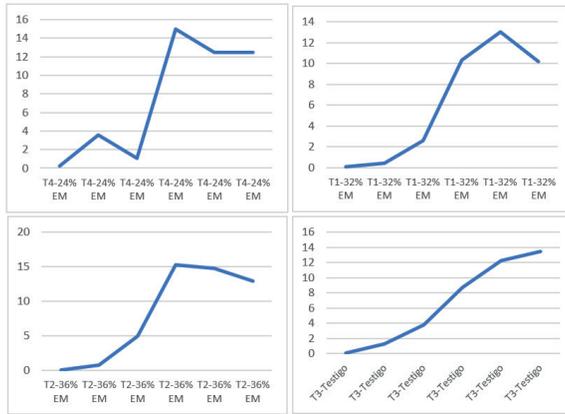
Para la variable YLI (Hoja más joven infectada), fue realizada la prueba de Shapiro-Wilks (0.5662), que indica que los datos de la muestra siguen una distribución normal, y los datos presentan una homogeneidad de varianza con un nivel de significancia de 0.05, conforme el Bartlett test (0.8274). Por cumplir estos supuestos fue aplicado el análisis de varianza.

Para la variable YLS (hoja más joven manchada), fue realizada la prueba de Shapiro-Wilks que informa que los datos de la muestra no siguen una distribución normal. Al realizar el Bartlett test (0.0475) se pudo observar que el resultado estuvo cercano al nivel de significancia (0.05), por este motivo se realizó una prueba de homocedasticidad adicional, que es el Levene's Test (0.879) que confirmó la hipótesis de que los datos presentan una varianza constante. Por cumplir este requisito fue aplicada la prueba de Kruskal-Wallis (0.3148), para datos no normales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento de la severidad de la enfermedad.

El comportamiento de la severidad para el tratamiento al 24% alcanzo un nivel máximo de 15 en la semana 4 semana en la que comienza un descenso, por su parte el tratamiento al 32% alcanzó un máximo de 10,3 en la semana 4 donde comienza el descenso, el tratamiento al 36% alcanzó un máximo de 15,3 en la semana 4 donde comienza el descenso y el testigo alcanzó en la semana 6 un nivel de 13,4 pero no muestra tendencia al descenso como lo muestran las figuras 1 a 4



Figuras No.1-4 comportamiento de la severidad según tratamiento.

Después de realizado el análisis de varianza se encontró que para la variable severidad no existen diferencias estadísticamente significativas como se muestra en la tabla No.2

	Severidad	Total, de hojas de la planta	YLI (Hoja más joven con manchas)	YLS (hoja más joven afectada)
F Tratamientos	0.943	0.995	0.511	0.889
CV	88,496	24,039	10,354	41,666

Signif. codes: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '*' 0.1 '.' 1

Tabla No.2 Análisis de varianza para severidad, Número de hojas, YLI y YLS

El comportamiento de la severidad muestra que los tratamientos con *Moringa oleifera* pese a no encontrarse una diferencia estadísticamente significativa realizan un efecto sobre el desarrollo de la enfermedad que sugiere el descenso de la severidad después de la 5 semana lo cual no difiere de los resultados encontrados por Morales (2017) cuando encuentra diferencia significativa al aplicar el extracto en concentración del 10%, más teniendo en cuenta el estado fitosanitario del cultivo, manejo de arvenses, condiciones edafoclimáticas, alta pluviosidad de la época de evaluación lo que puede propiciar normal propagación de la infección en la aplicación especialmente para las semanas 5 y 6.

Varios autores como Orozco-Santos (2002); Bernet y Arneson (2003); BANACOL, (2009); AUGURA y REPCAR (2009) reportan que periodos de lluvia y verano intercalados (condiciones de alta humedad) aumenta el proceso de reproducción del hongo que se ve favorecido por el clima tropical húmedo de la subregión de Urabá y por los clones de

banano y plátano altamente susceptibles a la sigatoka negra establecidos en la actualidad en Urabá y en el municipio de Turbo, como lo es el caso del clon hartón, el cual fue objeto de estudio.

Evaluación del total de hojas según los tratamientos y las aplicaciones realizadas en campo

El promedio de hojas en el experimento mostró que para el tratamiento al 32% de Moringa oleífera el promedio fue de 5,1 hojas, para el tratamiento al 36% el promedio fue de 6,1 y para los tratamientos testigo y al 24% el promedio fue de 6,3 Hojas por planta. En la tabla 2 se muestra el análisis de varianza de la variable indicando que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, sin embargo, este número de hojas se considera bueno teniendo en cuenta que bajo las condiciones de Urabá una planta joven en buen estado nutricional y fitosanitario debería tener entre 11-12 hojas funcionales fotosintéticamente activas y para tener homogeneidad en los tratamientos las plantas iniciaron con cuatro hojas el ensayo.

Evaluación del YLI para los tratamientos y las aplicaciones realizadas en campo

El comportamiento del YLI (hoja más joven con manchas) mostró un promedio para el tratamiento al 24% de 3,8, un promedio para el tratamiento al 32% de 4,1; para el tratamiento al 36% el promedio fue de 3,8 y para el tratamiento testigo 4,1. En la tabla 2 se muestra el análisis de varianza de la variable indicando que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

Evaluación del YLS para los tratamientos y las aplicaciones realizadas en campo

El comportamiento del YLS (hoja más joven afectada) mostró un promedio para el tratamiento al 24% de 5, un promedio para el tratamiento al 32% de 4,4; para el tratamiento al 36% el promedio fue de 4,2 y para el tratamiento testigo 4,5. En la tabla 2 se muestra el análisis de varianza de la variable indicando que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

CONCLUSIONES

La evaluación del extracto de Moringa oleífera en las concentraciones evaluadas y bajo las condiciones del experimento para las variables severidad, promedio de hojas por planta, YLI y YLS no presentó diferencia estadísticamente significativa para ninguno de los tratamientos, sin embargo la tendencia mostrada por los datos de severidad, indican que el efecto del extracto evaluado es positivo para disminuir los efectos de la enfermedad en

la planta, aspecto que requiere un periodo mayor de evaluación para continuar un proceso de estructuración de una propuesta que pueda ser incluida en el sistema de prevención y control de los daños que la enfermedad causa en el cultivo del plátano.

AGRADECIMIENTOS.

A los estudiantes que hacen parte del semillero de investigación BIODIVERCEAD Turbo por la colaboración en el desarrollo de la investigación en campo (adecuación de terreno, medición, siembra, adecuación de canales y acompañamiento en la toma de datos).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APGIII. 2010. Sistema de clasificación de plantas. Recuperado de, http://herbario.udistrital.edu.co/herbario/images/stories/apg_2010.pdf

Bananotecnia. 2015. Producción y productividad del plátano. Recuperado de, <http://www.bananotecnia.com/>

Caro, Y., Bustamante, D., Dihigo, L. E., & Ly, J. (2013). Harina de forraje de moringa (*Moringa oleifera*) como ingrediente en dietas para conejos de engorde. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 20(4), 218-222. Retrieved from http://www.iip.co.cu/RCP/204/204_08YCaro.pdf

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. 1999. El cultivo del plátano en los Llano orientales, Aspectos generales y principales labores del plátano. Manual instruccional No.1. Recuperado de, http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4031/1/20061127152826_EI%20cultivo%20del%20platan%20llanos.pdf

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA.(2006). Manejo sostenible del cultivo del plátano. Recuperado de, <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Publicaciones/Cultivodelplano.pdf>

Cronquist, A. (1988) *The Evolution and Classification of Flowering Plants*. New York Botanical Garden, Bronx

Departamento Nacional de Estadísticas DANE. 2014. Encuesta nacional agropecuaria. Recuperado de, <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-nacional-agropecuaria-ena>

Espinal, C., Martínez, H. y Peña, Y. (2005). *La cadena del plátano en Colombia una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005*. Recuperado de, <http://asohofrucol.com.co/archivos/Cadenas/platano.pdf>

FAO. 2019. Análisis de la producción mundial de plátano. Recuperado de, <http://www.fao.org/3/ca9212es/ca9212es.pdf>

Fullerton, R.A., and Olsen, T.L. 1995. Pathogenic variability in *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, cause of black sigatoka in banana and plantain. *New Zealand Journal of Crop and Horticulture Science* 23:39-48.

Gomashe A.V, Mayuri. 2014. In Vitro Assessment of the Antimicrobial Potential of Honey against Enteric Pathogens. All right reserved 153Int. Res. J. of Science & Engineering,2014;Vol. 2 (4): 153-157. Recuperado de, <http://oaji.net/articles/2014/731-1407683022.pdf>

Kotb, D., Shahein, M., Abd, M., Metwally, M. (2017). *Determination of polyphenolic compounds and antioxidant activity of olive leave, moringa leave and marigold petals extracts*. World Journal of Dairy & Food Sciences 12(2): 102-107; doi:10.5829/idosi.wjdfs.2017.102.107

Liñan, T. F. (2010). *Moringa oleifera* El árbol de la nutrición. *Ciencia y salud vital*, 2(1), 130-138. Retrieved from <http://www.curn.edu.co/journals/index.php/cienciaysalud/article/view/70>

Mahamadou B.A. 2014. Propiedades fungicida, bactericida y aglutinante de las semillas de Moringa oleifera Lam. iii *Propiedades de Moringa oleifera Lam*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ciencias Agropecuarias Departamento de Biología. Recuperado de, <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/726/A0058.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

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. 57p. Recuperado de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10530/1/DE00004_TRABAJODETITULACION.pdf

Morton J.F. (1991). The horseradish tree, *Moringa pterygosperma* (Moringaceae) A boon to arid lands? *Economic Botany* 45: 318-333.

Orozco-Santos, M., García-Mariscal, K., Manzo-Sánchez, G., Guzmán-González, S., Martínez-Bolaños, L., Beltrán-García, M., Garrido-Ramírez, E., Torres-Amezcuca, J.A. y Canto-Canché, B. 2013. La sigatoka negra y su manejo integrado en banano. Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA, INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. 152 p.

Red de información y comunicación del sector agropecuario colombiano AGRONET. 2018. Estadísticas del cultivo del plátano. Recuperado de, <https://www.agronet.gov.co/Paginas/inicio.aspx>

Stover, R.H. 1980. Sigatoka leaf spot of bananas and plantains. *Plant Disease* 64: 750-756.

Stover, R.H., and Simmonds, N.W. 1987. Bananas (Third edition), Longman Scientific and Technical. New York, USA. 468 p. Upadhyay, R.K.

Takhtajan (2009). *Flowering Plants*. Springer Verlag.

Velázquez-Zavala M; Peón-Escalante1; Zepeda-Bautista; Jiménez-Arellanes. 2016. Moringa (*Moringa oleifera* Lam.): usos potenciales en la agricultura, industria y medicina. *Revista Chapingo serie horticultura*. vol. XXII, núm. 2, 95-116. Recuperado de, <https://www.redalyc.org/pdf/609/60947631003.pdf>