

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Efectividad Biológica de Cuatro Fungicidas Químicos para el Control *in vitro* de
Curvularia sp. en el Cultivo de Banano

Por:

JOSÉ ANDRÉS RAMÍREZ GONZÁLEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México.

Junio, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Efectividad Biológica de Cuatro Fungicidas Químicos para el Control *in vitro* de
Curvularia sp. en el Cultivo de Banano

Por:

JOSÉ ANDRÉS RAMÍREZ GONZÁLEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría



Dra. Yisa María Ochoa Fuentes
Asesor Principal Interno

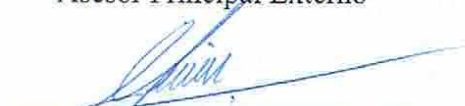


Dr. Juan Carlos Delgado Ortiz

Asesor Principal Externo




Dr. Ernesto Cerna Chávez



Dra. Mariana Beltrán Beache

Coasesor

Coasesor



Dr. Jerónimo Landeros Flores

Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2023

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o el autor original (corta y pega); reproducir texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos del Autor.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



José Andrés Ramírez González

AGRADECIMIENTOS

A Dios, principalmente por darme la oportunidad de vivir la vida llena de salud, buenos aprendizajes. Por permitir culminar esta etapa de mi preparación profesional.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, agradezco por permitir mi desarrollo académico, por permitir llevarme el conocimiento que han brindado los catedráticos en estos 5 años de la carrera de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo.

Al Dr. Juan Carlos Delgado Ortiz, por permitir llevar a cabo la elaboración de mi tesis, por brindar sus conocimientos, por su paciencia y dedicación durante este tiempo compartido.

A la Dra. Yolanda Rodríguez Pagaza, por el apoyo que me ha brindado, por compartir sus conocimientos académicos, su amabilidad, paciencia y permitir que llevara a cabo el experimento de mi trabajo de tesis en el Laboratorio de Fitopatología.

A mis familiares, tíos y primos.

Con cariño especial a mi tía Epifanía Ramírez Salas, por estar con mi familia en un momento muy difícil, sin importar en poner en riesgo su salud, Adin Ramírez Salas, Roberto Ramírez Salas, Marco Antonio Ramírez Salas (finado), Rigoberto González Alvarado, Alfonso González Alvarado (finado) por los buenos consejos y el apoyo moral que siempre me han dado.

Yimi Vicente, Julio Cesar Ramírez (finado), Eduardo Ramírez (negra), Ing. Juan Carlos Ramírez Morales, Ing. Manuel Ramírez, Heydi Julissa, por tus regaños que entrara a clases en el CBTA60, por las buenas y malas experiencias, consejos y apoyo que me han brindado, y sobre todo por el buen recibimiento que me dieron en sus casas, especialmente en agosto de 2016.

A mis compañeros y amigos de generación, por compartir bonitas experiencias, especialmente a la Ing. Jaqueline Flores Jiménez, Ing. Fátima Martínez Argüello Ing. Jesús Axel Payan Anaya, Ing. Yohanee Medina Uriarte, Ing. Maricela Antonio, por su amistad que me brindaron y la amabilidad con la que siempre me trataron.

Mis amigos

Carlos Pérez (Mojo jojo), gracias por tu amistad, por ser muy servicial con mi familia en una etapa complicada para nosotros, Jonathan Villatoro, Brenda Escobar, Lic. Kevin Vargas por su apoyo moral que me han dado, las convivencias que tuvimos en algún momento.

A C. William De León Hernández y Abraham Merlín De La Rosa, por ayudar a recolectar muestras de material vegetativo de banano para la elaboración de mi tesis.

DEDICATORIAS

A mi mamá: Yolanda González Alvarado

Tú, por ser la mujer que más quiero, por darme la vida, por tu amor incondicional, cuidarme en todo momento y ser un pilar muy fuerte en casa pese a las adversidades. Por ser una de las razones de seguir con mis estudios académicos, por creer en mí, tus abrazos y besos en el momento que los necesité.

A mi papá: Ing. Romeo Ramírez Salas

Por darme la vida, y ser el hombre que más quiero, por el apoyo incondicional que me has brindado, tus buenas enseñanzas tanto en la vida como en la agronomía, por enseñarme buenos valores en casa sobre todo la honestidad, honradez y el respeto, por tus regaños, tu corrección a mi rebeldía y siempre ser un hombre de carácter fuerte. Mamá y tú pueden estar tranquilos, criaron hombres de bien.

A mis hermanos Romeo, Ricardo Antonio y Pablo Emilio.

Gracias por las alegrías, los momentos divertidos. No soy muy expresivo, pero los quiero mucho, y siempre estaré para ustedes, no importa la situación.

Romeo, gracias por el cariño que tienes hacia mí, como olvidar aquel lejano año 2012 cuando iniciamos aquel camino del fútbol lleno de muchas cosas, victorias, derrotas, corajes, risas y golpes, por el camino recorrido, lo vivido y por lo que falta por hacer.

Ricardo, gracias por tu apoyo que me has brindado en la elaboración de mi tesis, tus corajes que me hacen reír, por lo que hemos convivido aquí en Saltillo, Coahuila.

Pablo, por los buenos momentos, por tu amabilidad; por ti aprendí lo que es tener paciencia, a tratar de ser buen comerciante.

ÍNDICE GENERAL	
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN	1
Palabras claves: Fungicidas, Evaluación <i>in vitro</i> , <i>Curvularia</i> sp., Platano, Cultivo.....	1
INTRODUCCIÓN	2
OBJETIVO GENERAL	4
Objetivo específico	4
Hipótesis.....	5
REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
ORIGEN E IMPORTANCIA ECONÓMICA DE BANANO (<i>Musa paradisiaca</i>).....	6
PRODUCCIÓN NACIONAL	7
CARACTERÍSTICAS BOTANICAS	8
MORFOLOGIA DE LA PLANTA.....	8
SISTEMA RADICAL.....	8
SISTEMA DE SOPORTE Y CONDUCCIÓN	9
HOJA	9
HOJA CIGARRO	10
HIJO.....	10
INFLORESCENCIA	10
YEMA MASCULINA	11
ENFERMEDADES CAUSADAS POR HONGOS	11
SIGATOKA NEGRA <i>Mycosphaerella fijiensis</i>	11
Signos y síntomas.....	13
REPRODUCCIÓN SEXUAL.....	14
REPRODUCCIÓN ASEXUAL.....	14
CONTROL QUÍMICO	15
SIGATOKA AMARILLA <i>Mycosphaerella musicola</i>	16
ASPECTOS ECOLÓGICOS Y MORFOLÓGICOS	17
CONTROL QUÍMICO	18
MAL DE PANÁMA EN BANANO <i>Fusarium oxysporum</i> sp. <i>Cubense</i>	18
CONTROL QUÍMICO.....	19
MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
Muestreo.....	20

Aislamiento de fitopatógenos.....	21
Proceso de Purificación	22
Identificación.....	22
Ensayos con los fungicidas	23
Número de esporas contadas	24
Análisis estadístico	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
Concentración Letal media (CL50).....	29
Conclusiones	33
LITERATURA CITADA	34

Figura 1. Escala descriptiva para el desarrollo de síntomas de <i>Mycosphaerella fijiensis</i> (Foure, 1885).....	13
Figura 2. Plantación de Banano con síntomas de <i>Mycosphaerella fijiensis</i> , b) hojas con síntomas escalas 5 manchas cloróticas a grisáceas	20
Figura 3. a) Identificación de numerosos cuerpos fructíferos (pseudotecio) de color negros globosos, b) selección de estrías grado 5, c) corte de tejido vegetal en trozos de 2 cm para enjuagar en hipoclorito de sodio.....	21
Figura 4. a) Secado de corte vegetal, b) aislamiento de hongos	22
Figura 5. Montaje para identificación de hongo	23
Figura 6. Características morfológicas de <i>Fusarium oxysporum</i> . A= Microconidias agrupadas, B= macroconidias, C= Fiálide, las flechas de color rojo señalan cada una de las estructuras en cada imagen.	25
Figura 7. Características morfológicas del Genero <i>Curvularia</i> sp, (A- B) = Conidias, (C- D) = Conidióforos, (E)= Clamidósporas.	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Efecto inhibitorio de cuatro fungicidas en <i>Curvularia sp.</i>	27
Tabla 2.	Estimación de CL ₅₀ para los fungicidas evaluados.....	31
Tabla 3.	Esporulación de <i>Curvularia</i> en los diferentes tratamientos	31

RESUMEN

El plátano es un cultivo muy considerable en la agricultura mexicana, está ubicado en el segundo lugar de la producción en frutas tropicales, porque es básico en la alimentación, de sabor agradable, disponibilidad todo el año, combinaciones múltiples en la preparación de alimento y su valor nutritivo. Las especies de *Curvularia* son importantes fitopatógenos reportados a nivel mundial y se encuentran estrechamente relacionados al medio ambiente; las especies de *Curvularia* spp. son parásitos facultativos y se encuentran presentes en suelo; causan daños tanto en hojas, tallos, flor y semillas, por lo general los síntomas que presentan en los tejidos infectados, son pequeñas manchas marrón-rojizo las cuales se extienden y forman lesiones de mayor tamaño. Evaluar el efecto inhibitorio in vitro de cuatro fungicidas químicos sobre el desarrollo del hongo *Curvularia* sp. Se tomaron diez muestras de hojas al azar en diferentes lotes de banano, enano gigante variedad clon francés; se buscó seleccionar los tejidos con manchas grises y puntos negros, después se eliminó el tejido verde. La identificación microscópica del género se determinó por sus características morfológicas, del hongo *Curvularia* sp. Posteriormente se preparó medios envenenados, con cuatro diferentes fungicidas, (Tebuconazol, Benomilo, Azoxystrobin, Propiconazol), a diferentes concentraciones 0.1, 0.5, 1, 5, 10, y un testigo solamente con PDA. Cada tratamiento estuvo conformado por cinco repeticiones; el crecimiento radial del micelio se midió cada 24 horas hasta que el testigo cubrió el diámetro de la caja con el crecimiento micelial. Los resultados muestran que los tratamientos evaluados fueron eficientes en el control de *Curvularia*, siendo que los tratamientos de 5 ppm de los fungicidas benomilo, azoxystrobin y propiconazol generaron una inhibición cercana al 70 %. El ingrediente activo azoxystrobin obtuvo la menor Concentración Letal Media (0.00021 ppm); cabe destacar que el producto que mostró menor eficiencia en la reducción del crecimiento de *Curvularia* sp. fue el tebuconazol con una CL50 de 6.6588 ppm. El Benomilo fue uno de los dos fungicidas que mejor inhibición registraron, ya que a 5.0 y 10.0 ppm tuvo una mayor reducción del crecimiento del micelio; el Azoxystrobin se fue el segundo mejor fungicida siendo que a partir de 5 ppm se obtuvieron inhibiciones superiores al 70 %. Los cuatro fungicidas evaluados fueron capaces de inhibir el crecimiento micelial de *Curvularia* sp.

Palabras claves: Fungicidas, Evaluación *in vitro*, *Curvularia* sp., Platano, Cultivo.

INTRODUCCIÓN

El banano es un cultivo que se ha posicionado en el cuarto sitio como cultivo alimenticio más importante después del maíz, arroz y trigo, alcanzando en promedio un 15% del volumen total de la producción de frutas en el mundo. Por lo que ha contribuido con el desarrollo económico y social en muchos países tropicales e intertropicales por la creación de empleos y divisas (Lara, 2009).

El plátano es un cultivo muy considerable en la agricultura mexicana, está ubicado en el segundo lugar de la producción en frutas tropicales, porque es básico en la alimentación, sabor agradable, disponibilidad todo el año, combinaciones múltiples en la preparación de alimento, su valor nutritivo es alto y aporta potasio, hierro y vitamina K (Coveca, 2010)

El cultivo de banano es una fuente muy importante en la generación de empleos, ingresos de divisas y representan una fuente nutrimental esencial, además de ser uno de los cultivos en México que es severamente afectado por plagas y enfermedades, las cuales representan un factor limitante en la producción, tanto para los pequeños productores, como a las grandes empresas, que destinan su producción a mercados internacionales.

El género *Curvularia* es muy rico en especies de patógenos y saprobios asociados con plantas a un grupo de hongos de la familia Pleosporaceae; incluye especies patógenas, saprófitas y se ha asociado a especies vegetales, animales y humanos; también se han encontrado en agua, aire y suelo (Tan *et al.*, 2018). Las especies de *Curvularia*, se han reportado a nivel mundial causando daños irreversibles en gramíneas como pastos y cereales, (Azizah-Kusai, *et al.*, 2016). Las especies de *Curvularia* pueden abarcar a un amplio rango de hospedantes entre ellos el maíz, trigo y sorgo, pero también pueden dañar a especies de otras familias, tales como: Caricaceae, Convolvulaceae. Según Pitt y Hocking (2009), los factores ambientales que influyen en el desarrollo de especies de *Curvularia* son la temperatura y la actividad de agua

Las especies de *Curvularia* son importantes fitopatógenos reportados a nivel mundial y se encuentran estrechamente relacionados al medio ambiente; consisten en importantes patógenos destructivos principalmente para pastos y plantas de cereales, incluido el arroz (*Oryza sativa*).

La mancha foliar causada por *Curvularia lunata* (CuLS), es una enfermedad foliar destructora en las regiones productoras de maíz de China. En estas regiones fueron sembradas ampliamente variedades resistentes en respuesta a *Curvularia l.* Sin embargo, con el tiempo, *C. lunata* se ha adaptado gradualmente a la presión selectiva y, en los últimos años, la incidencia de *Cu* ha aumentado. Para evaluar la correlación entre la virulencia y la diversidad genética, se recolectó un total de 111 aislamientos de 15 regiones productoras de maíz ubicadas en nueve provincias de China. (Zhang, *et al.* Wang y Zhao.,2017). *Curvularia* mancha foliar (CuLS) del maíz (*Zea mays* L.), causada principalmente por el patógeno fúngico *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn, se ha convertido en una seria amenaza para el rendimiento en la producción de maíz, especialmente en las regiones cálidas y húmedas de producción (Guofu Li, 2019). Hasta la fecha, al menos 11 *Curvularia* spp. Se ha informado que infectan el maíz, incluidos *C. lunata*, *C. clavata*, *C. pallescens*, *C. maculans*, *C. tetramera*, *C. eragrostidis*, *C. trifolii*, *C. inaequalis*, *C. intermedia*, *C. senegalensis* y *C. tuberculado* (Mabadeje, 1969; Macri y Lenna, 1974; Shi, *et al.* 2000; Sivanesan, 1984).

Se ha registrado a *Curvularia* en el cultivo de soya en años recientes en el norte de Sinaloa, se ha observado incidencia de mancha foliar en la etapa de llenado de grano e inicio de la madurez, se llevaron a cabo pruebas de patogenicidad en plantas de soya var. *Nainari* y se confirmaron los postulados de Koch, mediante el re-aislamiento de las cepas originales, los análisis morfológicos determinaron al género *Curvularia* asociado a la mancha foliar de la soya. El análisis filogenético del gen GADPH permitió la identificación de *Curvularia ahvazensis*, *C. muehlenbeckiae*, *C. spicifera* y *Curvularia* sp. Estas especies resultaron patogénicas en soya var. *Nainari* mostrando variación en virulencia, pues el área foliar afectada varió de 3 a 31%, los resultados abren nuevas líneas de investigación relacionadas con el impacto de la enfermedad en el rendimiento y calidad de la cosecha de la soya en Sinaloa (Rodríguez-Cota, *et al.*, 2019).

Del género *Curvularia* se conocen variedades de especies fitopatógenas importantes entre ellas: *C. lunata*, *C. geniculata* (Pratt, 2006; Akram, *et al.*, 2014), *C. hawaiiensis*, *C. eragrostidis*, *C. aerea* (Azizah-Kusai, *et al.*, 2016), *C. dactyloctenicola* (Hidayat y Ramadhani, 2019), *C. hominis* y *C. muehlenbeckiae* (Manamgoda, *et al.*, 2015), las cuales

se han reportado a nivel internacional por causar daños severos de mancha foliar en miembros de la familia Poaceae, entre ellos se encuentran los cultivos de maíz, sorgo y arroz (AzizahKusai, *et al.*, 2015).

Las especies de *Curvularia* son parásitos facultativos y se encuentran presentes en suelo; causan daños tanto en hojas, tallos, flor y semillas, por lo general los síntomas que presentan en los tejidos infectados, son pequeñas manchas marrón-rojizo las cuales se extienden y forman lesiones de mayor tamaño (Estrada y Sandoval, 2004). *C. lunata* está asociada al complejo mancha de asfalto (CMA) en México, Nicaragua, Brasil y Guatemala, el cual es considerado una limitante para zonas productoras como Chiapas y Guerrero, donde se han reportado pérdidas de 55.1% en materiales híbridos de maíz (Ríos-Herrera, *et al.*, 2017).

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto inhibitorio *in vitro* de cuatro fungicidas químicos sobre el desarrollo del hongo *Curvularia* sp.

Objetivo específico

Identificar el agente causal de la mancha foliar del plátano

Determinar el efecto inhibitorio sobre el crecimiento y esporulación del hongo *Curvularia* sp. tratado con los fungicidas Benomilo (Benhur®), Azoxystrobin (Estrocelo 250 SC®), Tebuconazol (Rango 250 SC®), Propiconazol (Senadel®).

Determinar el DE₅₀ de los fungicidas Benomilo (Benhur®), Azoxystrobin (Estrocelo 250 SC®), Tebuconazol (Rango 250 SC®), Propiconazol (Senadel®) en el hongo *Curvularia* sp.

Hipótesis

Por lo menos dos de los fungicidas evaluados [Benomilo (Benhur®), Azoxystrobin (Estrocelo 250 SC®), Tebuconazol (Rango 250 SC®), Propiconazol (Senadel®)] inhibirán un 70% el crecimiento y esporulación de *Curvularia* sp.

REVISIÓN DE LITERATURA

ORIGEN E IMPORTANCIA ECONÓMICA DE BANANO (*Musa paradisiaca*)

Se conoce que el origen de la platanera es el sudeste de Asia, aunque el cultivo comercial se inicia en las Islas Canarias de España, lugar donde continúa produciéndose, su origen inicia un largo camino hacia todas las zonas tropicales y subtropicales del mundo. FAO Trade Year Book (1998) A lo largo del tiempo su cultivo se fue expandiendo hasta que llegó a tierras mexicanas, en el territorio nacional es cultivado en 16 estados, donde Chiapas, Tabasco y Veracruz se han colocado como los principales productores, pues entre los tres el año pasado generaron más del 60 por ciento del total de la producción nacional, de acuerdo con cifras del SIAP (2020).

Los bananos y plátanos (*Musa spp.*) son plantas herbáceas, poliploides y perennes ampliamente adaptados a regiones tropicales y subtropicales, de las cuales se pueden distinguir tres partes importantes de la planta: el corno con hijuelos y el sistema radical, el pseudotallo con el sistema foliar y el racimo o inflorescencia. (FAO)

Uno de los cultivos básicos es el banano y un producto de exportación; estos 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 (FAO, 1986)

La producción de banano para la exportación se considera una actividad tecnológica y económica diferente a la producción del banano como alimento de primera necesidad, además los bananos se cultivan en más de 135 países y territorios en las zonas tropicales y subtropicales.

La India se encuentra ubicado en el primer lugar como mayor productor de banano con 29,7 millones de toneladas al año, seguida de Uganda (11,1 millones de toneladas al año) y China (10,7 millones de toneladas al año), se menciona que entre los 12 primeros productores destacan otros 5 países de América Latina (Brasil, Ecuador,

Guatemala, Colombia y Costa Rica), los cuales son importantes competidores de México en los mercados internacionales, particularmente en el de Estados Unidos.

En Centroamérica el banano se considera el cultivo de mayor importancia e ingreso a nivel de divisas de exportación, el cual aporta muchas fuentes de empleo de manera directa e indirecta. (CEDRSSA, 2017)

Costa Rica con \$997 millones anuales es el principal exportador de banano en Centroamérica, seguido de Guatemala, con \$777 millones, Honduras, con \$510 millones, Panamá con \$92 millones, Nicaragua con \$17 millones y El Salvador con \$2 millones. En el caso de Costa Rica como principal exportador regional, el cultivo de Banano genera más de 40 mil empleos directos. Costa Rica es uno de los 3 principales productores globales, produciendo aproximadamente 120 millones de cajas por año, siendo un ejemplo global en índices de productividad por hectárea. (Bayer, 2016)

PRODUCCIÓN NACIONAL

México se encuentra ubicado en el lugar número 12 con 2 millones 230 mil toneladas entre las naciones más productoras, la producción de plátano en México, la fruta tropical más cultivada en el país y una de las cuatro más importantes en términos globales, aumentó 2.9 por ciento en 2020, al alcanzar dos millones 469 mil toneladas, y ha incrementado su presencia en mercados globales, como China.

La actividad económica relacionada a la explotación de plátano es importante en algunos estados de México, tales como Chiapas y Tabasco, que son los principales productores en el país, en el estado de Tabasco, el cultivo que más contribuye al valor de la producción agrícola es el plátano. Cifras del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) indican que en Tabasco el valor de producción agrícola fue de aproximadamente de 7 mil millones de pesos en 2018, de los cuales el 30 por ciento correspondió a la producción de plátano. El fomentar esta actividad económica puede, entonces, contribuir a incentivar la economía de Tabasco, así como de otras entidades federativas productoras de México. (CIRAD, 1986)

CARACTERISTICAS BOTANICAS

EL Banano se considera una hierba perenne por el gran tamaño, se le considera una hierba porque sus partes aéreas mueren y caen al suelo cuando termina el ciclo de vida del cultivo, además se dice que es perenne porque de la base emerge un brote llamado hijo, el cual será el que sustituya a la planta madre cuando esta muera.

Se dice que el cultivo de plátano pertenece a la familia Musáceas y género Musa, específicamente esta familia es poco numerosa en los trópicos y subtrópicos, dónde sólo está representada por 6 géneros y 220 especies, de las cuales unas 50 o 60 pertenecen al género Musa. (Robinson y Galán, 2010)

La planta de Banano tarda nueve meses en desarrollarse y estar apta para iniciar a producir sus primeros plátanos, pasando el corte de cosecha la planta madre muere, pero alrededor de la base de la planta siguen emergiendo los hijos, para tener un desarrollo óptimo se necesita un suelo ácido con un pH entre 5,5 y 6,5. (IPGRI, 1996)

MORFOLOGIA DE LA PLANTA.

SISTEMA RADICAL

La planta de banano tiene el sistema radical fasciculado y fibroso, el cual está conformado por raíces primarias, secundarias, terciarias y los pelos absorbentes, se dice que en el verdadero tallo subterráneo se forman las raíces principales, llamado rizoma o cormo y surgen en grupos de 2 a 4 en el borde interior de la corteza de la corma (Blomme, *et al.* 2003)

Las raíces secundarias y terciarias se originan del protoxilema cerca a la punta de las raíces de primer y segundo orden y se siguen originando tanto como sea la extensión de las raíces de primer y segundo orden, cada tipo de raíz son diferentes por lo cual hay unas más delgadas que la raíz de la cual se originó y esto conlleva a que crezca más lentamente y es de menor longitud. Las raíces secundarias tienen una duración menor que las raíces primarias. Las raíces primarias son más funcionales en el intervalo de tiempo entre 4 y 6 meses, mientras tanto las secundarias pueden ser funcionales de 5 a 8 semanas (Lecompte, *et al.* 2001)

Las principales responsables del anclaje del banano son las raíces, suministro de agua y nutrientes y producción e intercambio de varias sustancias reguladoras de crecimiento con la parte aérea de la planta como citocininas, ácido abscísico, etileno, giberelinas, auxinas y ácido jasmónico y por esto se ha reportado que la pérdida de 10 gramos de raíces funcionales por planta puede disminuir la productividad entre 60 a 140 cajas por hectárea año dependiendo de las condiciones agroecológicas del sitio. Serrano (2003).

SISTEMA DE SOPORTE Y CONDUCCIÓN

El verdadero tallo de la planta de banano se le conoce como rizoma tuberoso, los rebrotes (hijos de sucesión) crecen sucesivamente y hay un crecimiento horizontal pequeño antes de que estos rebrotes crezcan hacia arriba, por lo que no puede considerarse como un cormo verdadero (Robinson y Galán. 2010).

Se le conoce con el nombre de rizoma al encargado que desarrolla hojas en la parte superior y raíces adventicias en la parte inferior. Si un rizoma se corta longitudinalmente el meristemo apical se observa en una depresión encerrada entre las bases foliares circundantes. Los entrenudos son demasiado cortos por lo que el rizoma crece a muy poca altura; sin embargo, es grueso y carnoso debido a la gran cantidad de parénquima, (Soto, *et al.*, 2008).

HOJA

EL principal órgano fotosintético de la planta del banano es la hoja, cada hoja emerge del centro del pseudotallo como un cilindro enrollado, el extremo distal de la vaina foliar que se alarga se contrae en un pecíolo, que es más o menos abierto según el cultivar. El pecíolo se convierte en la nervadura central, que divide la hoja en dos mitades de láminas. La superficie superior de la hoja se llama adaxial mientras que la inferior se llama abaxial. Las hojas maduras que constan de vaina, pecíolo, nervadura central y limbo se denominan hojas de follaje, las venas laminares corren paralelas entre sí en forma de S larga desde la nervadura central hasta el margen. Las venas no se ramifican, lo que hace que las hojas se desgaren fácilmente. (CIRAD, *et al.* 1996.)

HOJA CIGARRO

La hoja de cigarro es una hoja recién emergida todavía, es una hoja enrollada como un cilindro que acaba de brotar. Esta hoja emergente está firmemente enrollada y es de color blanquecino y particularmente frágil, con el paso del tiempo se va modificando el color a verde normal y disminuyendo su fragilidad a medida que se produce su apertura. El lapso de tiempo en el que se despliega una hoja varía., en condiciones climáticas favorables tarda unos siete días, pero puede tardar de 15 a 20 días en malas condiciones. La extensión en la punta de la hoja se llama apéndice precursor, después de emerger se seca y se cae. (Galán *et al.*, 2010)

HJO

Los llamados retoños o hijos se desarrollan en las yemas laterales del rizoma, el crecimiento de nuevos hijos parece estar influenciado por la dominancia apical de la planta madre. El hijo de sucesión después de emitir alrededor de 12 a 13 hojas muy reducidas da origen a una nueva hoja con una lamina superior a 10 cm, esta hoja se denomina FLO, desde el punto de vista fenológico, esta hoja sirve para separar la etapa juvenil de la etapa independiente del sistema foliar de las plantas de banano. Es evidente la influencia del pseudotallo de la planta madre cosechada sobre el crecimiento del hijo de sucesión. debido al suministro de reservas y agua desde esta estructura (Rodríguez *et al.*, 2006). Por esto a importancia de una adecuada sincronización entre la planta madre e hija.

INFLORESCENCIA

En la inflorescencia de Musa las flores generalmente se disponen en el siguiente orden: las pistiladas en la parte superior del racimo, neutras en la parte central y las estaminadas en la parte basal del racimo, las flores femeninas se forman en primer lugar, tiene un ovario ínfero con tres lóculos cada uno con una placenta axilar, con un estilo corto y grueso. Sus estambres no funcionales reducidos a estaminodios. El ovario aumenta de tamaño y sin fertilización es el dedo. El ovario tiene numerosos óvulos anátropos (6 estambres con un ovario con 3 carpelos abortivos. El ovario aumenta en volumen sin fecundación (partenocarpia) (Lassoudiere, 2007).

YEMA MASCULINA

La yema masculina contiene las flores masculinas encerradas en sus brácteas, a esto en ocasiones se le llama la campana. A medida que los frutos maduran, el raquis y la yema masculina continúan creciendo. En algunos cultivares, la yema masculina deja de crecer cuando los frutos se han formado y puede estar más o menos agotada en el momento en que el racimo alcanza su madurez. La presencia o ausencia de yema masculina es una de las características utilizadas para diferenciar entre cultivares. (Robinson, *et al*, 2010).

La siguiente clasificación taxonómica fue establecida para los cultivos de banano por Ploetz, *et al*. (2007).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Subdivisión:

Clase: Liliopsida

Orden: Zingiberales

Familia: Musaceae

Género: *Musa*

Especie: *M. Paradisiaca*

ENFERMEDADES CAUSADAS POR HONGOS

SIGATOKA NEGRA *Mycosphaerella fijiensis*

M. fijiensis fue identificada por primera vez en las Islas Fiji en el año 1963 (Rhodes, 1964), se encontraba ubicada 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 (Stover, 1978).

La Sigatoka negra causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, es el principal problema fitopatológico del cultivo del banano y plátano en América, Asia y África (Carlier *et al.*, Lepoivre *et al.*, 2003; Marín *et al.* 2003).

La enfermedad afecta principalmente el área foliar fotosintética de la planta y en consecuencia los racimos y los frutos tienen un menor peso en comparación con plantas sanas, adicionalmente infecciones severas de la Sigatoka negra causan la madurez prematura del fruto, el principal efecto de la enfermedad es la prolongación del periodo floración cosecha y la reducción de la vida verde de la fruta cosechada. (Marín *et al.*, 2003).

El rayado negro de la hoja o Sigatoka negra, causada por el hongo ascomiceto *Mycosphaerella fijiensis*, es la enfermedad del follaje más destructiva de bananos y plátanos, se encuentra ampliamente distribuida en casi todas las regiones productoras del mundo y provoca grandes pérdidas económicas. *M. fijiensis* tiene un alto nivel de diversidad genética ocasionada por su reproducción sexual y ciclo de vida corto, que ocasiona numerosas generaciones por año y un elevado índice de recombinación genética. (Manzo-Sánchez *et al.*, 2005). La infección tarda un mínimo de 2 o 3 días en condiciones óptimas (humedad cercana a la saturación y temperaturas por encima de los 20 °C).

A continuación, se muestra la clasificación taxonómica de *M. fijiensis* propuesta por Morelet *et al.* (1969)

Reino: Fungi

Filo: Ascomycota

Clase: Dothideomycetes

Orden: Capnodiales

Familia: Mycosphaerellaceae

Género: *Mycosphaerella*

Especie: *Fijiensis*

Signos y síntomas

Estado 1: Hoja con pequeñas lesiones o puntos de coloración rojiza de 1mm de longitud, apenas visibles en el envés y síntomas en el haz de las hojas

Estado 2: Rayas o estrías cloróticas de 3-4 mm de longitud color marrón

Estado 3: Alargamiento de rayas o estrías, ampliadas sin borde definido de color café que alcanzan los 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 halo amarillento, centro seco y semihundido

Estado 6: Manchas con centro seco y hundido de coloración marrón clara, rodeado de tejido clorótico. (Álvaro-Capó *et al*;2003)

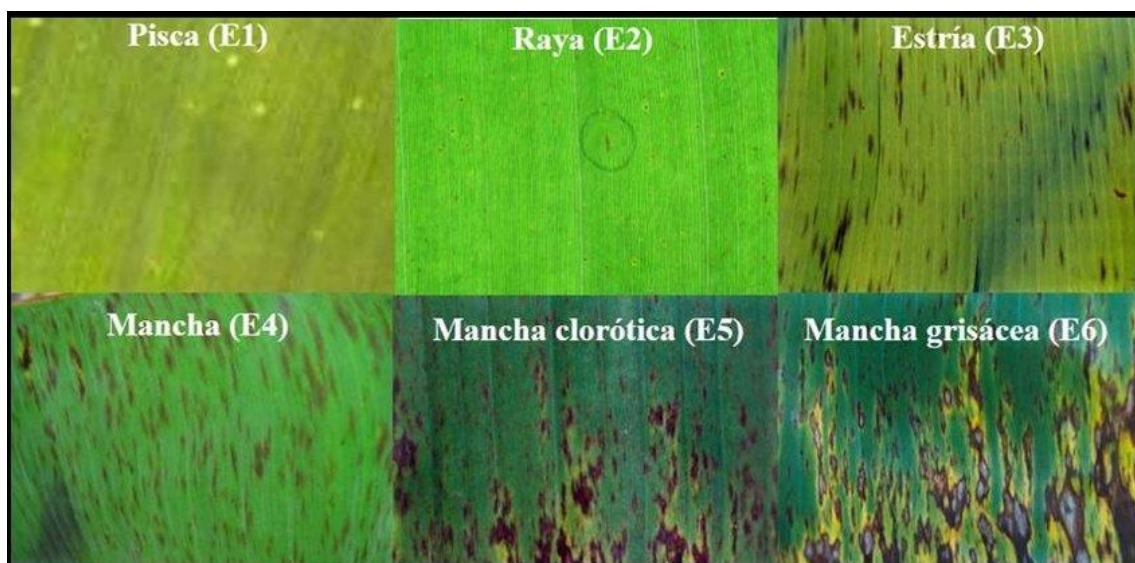


Figura 1. Escala descriptiva para el desarrollo de síntomas de *Mycosphaerella fijiensis* (Foure, 1885)

Las manchas cloróticas son los primeros síntomas de la enfermedad de Sigatoka negra, son muy pequeñas que aparecen en la superficie inferior (abaxial) de la tercera o cuarta

hoja abierta, las manchas crecen convirtiéndose en rayas de color marrón delimitadas por las nervaduras; el color de las rayas va haciéndose más oscuro, algunas veces con un matiz púrpura, y visible en la superficie superior (adaxial), con el paso del tiempo las lesiones se amplían tornándose fusiformes o elípticas, y se oscurecen aún más formando las rayas negras de las hojas características de la enfermedad; el tejido adyacente frecuentemente tiene una apariencia como empapado o mojado, especialmente cuando está bajo condiciones de alta humedad. Cuando el grado de severidad de la enfermedad es alto, grandes áreas de la hoja pueden ennegrecer y lucir empapadas. En el tejido necrótico numerosos cuerpos de fructificación (pseudotecios), diminutos, negros y globosos que contienen estructuras como sacos o bolsas (ascas) llenos de ascosporas van a emerger de la base de la hoja. (Ploetz, *et al.*, 1999)

REPRODUCCIÓN SEXUAL

M. fijiensis es el nombre que fue dado a la forma sexual, teleomorfo, del patógeno, para producir la forma sexual el hongo inicialmente desarrolla muchos espermogonios en la superficie inferior de la hoja al colapsar las lesiones.; el espermogonio es oscuro, un poco errumpente, y de forma piriforme; en condiciones húmedas estas estructuras pueden producir grandes cantidades de células de reproducción masculina (espermatias).

Las espermatias son diminutas y cilíndricas y van a fertilizar las hifas hembras vecinas llamadas tricóginas, al efectuarse la fertilización los pseudotecios se forman dentro de las lesiones maduras con los ostiolos emergiendo de los tejidos. Las ascas, estructuras oblongas o en forma de mazo tienen dos paredes (son bitunicadas) y contienen ocho esporas sexuales (ascosporas) que están alineadas de dos en dos.

Las pseudoparafisas o elementos estériles están ausentes del pseudotecio; las ascosporas son hialinas y poseen una septa, una célula de la espora puede ser un poco más ancha que la otra célula, y la espora puede ser un poco estrecha en la septa. (Ploetz, *et al.*, 1999)

REPRODUCCIÓN ASEXUAL

Se llama *Pseudocercospora fijiensis* a la forma asexual, anamorfa; las conidias se originan individualmente y apicalmente en el conidióforo y las esporas son de color pálido a un ligero olivo-carmelitoso, estas son lisas, largas y tienen tres o más septas, las conidias germinan durante períodos de alta humedad relativa (92 – 100% humedad relativa) e infectan a la hoja a través de las estomas, usualmente en la superficie inferior, y bajo condiciones de alta humedad las hifas pueden emerger por las estomas y crecer a lo largo de la superficie de la hoja y penetrar por otras estomas, así agrandando las lesiones.

Los conidióforos emergen por las estomas, y algunas veces sobre errumpente masas compactas de micelio (estromas). Los estromas también pueden desarrollarse sobre espermogonios jóvenes. (Marín, *et al.*, 2003)

En la Sigatoka negra las ascosporas y en cierta medida las conidias, constituyen los propágulos por los cuales el hongo se disemina, las conidias se forman fácilmente bajo humedad alta, especialmente si una película de agua está presente en las hojas. Estas esporas asexuales se diseminan durante acarreo de lluvia y al salpicar 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. *Mycosphaerella fijiensis* forma relativamente pocas conidias y por eso se cree que las ascosporas son de más importancia en el ciclo de la enfermedad. La mancha de hoja Sigatoka en bananeros disminuye un poco durante la época seca pero los ciclos de infección se repiten continuamente.

CONTROL QUÍMICO

Protectantes: Grupo químico Ditiocarbamatos. Mancozeb (Mancozin 43SC), (Chlorotalonil Bravo 720 SC)

Sistémicos: (Bankit Gold) es un fungicida sistémico que combina la acción de Azoxystrobin y fludioxonil que pertenece al grupo químico de estrobilurinas y fenilpiroles, respectivamente. Debe aplicarse como aspersión en forma preventiva

Grupo químico: Carboxamide. Cumora. Es un fungicida con el ingrediente activo Boscalid, que inhibe la respiración celular del hongo, interfiriendo procesos esenciales para su supervivencia.

SIGATOKA AMARILLA *Mycosphaerella musicola*

M. musicola es una de las enfermedades más importantes de las cuales son destructivas para los cultivos de plátano y banano, una enfermedad que se presenta en todo el mundo no solo desde el punto de vista económico sino también por el aspecto social (Gomes *et al.*, 2018), el nombre de Sigatoka proviene del Valle de las Islas del Pacífico Sur de Fiyi, en donde la enfermedad fue observada por primera vez; sus daños se presentan por la pérdida y reducción de la superficie foliar de las plantas, lo cual se traduce en frutos pequeños que no maduran y pueden llegar a caer (Agrios, 2005), la Sigatoka amarilla puede causar pérdidas del 25 al 90 % en el rendimiento del cultivo (Gañán *et al.*, 2007).

M. musicola se encuentra distribuido en 94 países de cuatro continentes (EPPO, 2019), en el país de México la superficie de plátano es de más de 80 mil hectáreas con una producción de 2.2 millones de toneladas con un valor de la producción de 6.9 mil millones (SIAP, 2019).

Por lo general la enfermedad inicia con reducidas manchas de color amarillas o líneas paralelas en las venas laterales de la hoja, a los pocos días la mancha llega a presentar 1 o 2 cm de longitud y se torna color marrón con un centro gris claro, tales manchas tan pronto como se hacen más grandes el tejido alrededor se torna amarillo y muere, las manchas adyacentes se unen para hacerse más grandes y esas áreas mueren en la hoja; en infecciones severas las hojas completas mueren en pocas semanas. La destrucción de las hojas maduras por las manchas de la enfermedad puede dejar solo unas pocas hojas sanas; de manera que los racimos con frutos inmaduros en las plantas enfermas no llenan, se maduran y caen (Agrios, 2005). Además, esto puede causar maduración prematura en el campo o en transporte, otro daño es que la plantación pierde vigor por las afectaciones al cormo y pseudotallo (Guzmán *et al.*, 2013).

ASPECTOS ECOLÓGICOS Y MORFOLÓGICOS

Las esporas de *M. musicola*, conidios o ascosporas son liberadas por los cuerpos fructíferos, posteriormente, por ayuda del viento a salpicadura de la lluvia llegan a la superficie del plátano, en donde germina y penetra por las estomas, generan la infección y dentro de las áreas necróticas produce los esporodoquios o peritecios que generan nuevamente la infección (Agrios, 2005).

Los pseudotecios de *M. musicola* son globosos, sin parafisos, de paredes oscuras bien diferenciadas, anfígenos, de ostiolo errupente en vista superficial; es de forma circular con células peristilolares más oscuras, de diámetro entre 45-62 μm (promedio 54 μm); ascas bitunicadas con ocho ascosporas, con medidas 12.5-18 x 3-5 μm (promedio 14.7 x 3.6 μm); espermatogonio anfígeno de color oscuro, ostiolo elíptico, en vista superficial errupentes a través de las estomas de 23 a 55 μm (35.3 μm en promedio, el crecimiento de los síntomas son botuliformes, no ramificados agrupados en esporodoquios de hasta 120 conidióforos que emergen de los estomas de 12.5-50 μm (promedio 32.4 μm) los cuales producen terminalmente hasta 10 emisiones de conidios; cilíndricos, a obclavados cilíndricos, con 3 a 6 septos (más frecuentemente 6) de 4-72 x 2.5-6.25 μm (59.9 x 4 μm en promedio) de ápices obtusos sin un hilum marcado (Pérez-Vicente, 2002).

En el siguiente apartado se muestra la clasificación taxonómica de *M. musicola* según (Mycobank, 2017)

Reino: Fungi

Filo: Ascomycota

Subfilo: Pezizomycota

Clase: Dothideomycetes

Orden: Capnodiales

Familia: *Mycosphaerellaceae*

Género: *Mycosphaerella*

Especie: *Musicola*

CONTROL QUÍMICO

Básicamente, el control de la Sigatoka amarilla se ha realizado mediante productos químicos; es común el uso de Caldo Bordelés (1%) + aceite mineral (2 %). Oxiclورو de cobre o zineb con aceite mineral o aceite blanco; aplicación de carbendazim (0.1%), propiconazol (0.1%), mancozeb (0.25%), o tridemorf (0.1%) a intervalos de aplicación 10 a 15 días (Ecured, s/a); el uso frecuente y repetido de fungicidas con frecuencia conduce al desarrollo de resistencia de éstos (Agrios, 2005). Samuelian, *et al.* (2016)

MAL DE PANÁMA EN BANANO *Fusarium oxysporum sp. Cubense*

Fusarium oxysporum sp. cubense mejor conocido como el mal de Panamá es el nombre de la enfermedad del plátano y el banano, normalmente abreviado como FOC. El hongo actúa bloqueando los tejidos vasculares de las plantas generando así a la marchitez y muerte de estas. El Hongo puede permanecer en el suelo hasta 30 años en ausencia del cultivo porque desarrolla estructuras de resistencia llamadas clamidósporas.

Normalmente las plantas suelen mostrar sintomatología cuando se aproxima la etapa de floración, se presentan síntomas diferentes según las condiciones ambientales y la susceptibilidad de la variedad. También existen ciertos síntomas generales. (Guzmán, *et al.*, M. 2017)

Es un hongo cosmopolita que existe en diferentes formas patogénicas, parasitando más de 100 especies botánicas de gimnospermas y angiospermas. Ese amplio rango de hospederos implica que *F. oxysporum* ha evolucionado mecanismos para superar las defensas de muchas plantas. (Bosland, 2017)

El modo en que el hongo ingresa a la planta a través de las raíces y coloniza los vasos de la xilema bloqueando así el flujo de agua y nutrientes, la progresión de la enfermedad da como resultado el colapso de las hojas en el pecíolo, la división de la base del pseudotallo y, finalmente, la muerte de la planta. El hongo no se puede controlar con pesticidas químicos. La solución que mejor se adapta a la producción continua de banano en suelos

infestados es reemplazar los cultivares susceptibles por otros resistentes. (Deltour, *et al*, Höfte, M. 2017)

El marchitamiento por *Fusarium* es una enfermedad típica del marchitamiento vascular. El hongo invade el tejido vascular a través de las raíces causando decoloración y marchitamiento, y eventualmente matando a la planta, el progreso de los síntomas internos puede influir en la primera aparición de los síntomas externos, y el fruto no presenta ningún síntoma. (Deltour, *et al*, Höfte, M. 2017)

El síntoma interno característico del marchitamiento por *Fusarium* es la decoloración vascular, que varía de amarillo pálido en las primeras etapas a rojo oscuro o casi negro en etapas posteriores, los síntomas internos se desarrollan primero en las raíces alimentadoras, que son los sitios iniciales de infección, (Thurston y Arroyo, *et al.*, 1993)

Los primeros signos de enfermedad suelen ser el marchitamiento y el amarillamiento de las hojas más viejas alrededor de los márgenes, las hojas amarillas pueden permanecer erectas o colapsar en el pecíolo. A veces, las hojas permanecen verdes, a excepción de las manchas en el pecíolo, pero aún se rompen. Las hojas colapsadas cuelgan del pseudotallo como una falda. Finalmente, todas las hojas se caen y se secan. (Pérez-Vicente, *et al.*, 2014).

CONTROL QUÍMICO

A nivel *in vitro* los fungicidas procloraz y propiconazol inhiben el crecimiento micelial, a 1 y 5 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, respectivamente; mientras que al realizar aplicaciones a las raíces de benomil y fungicidas del grupo DMI's como imidazoles (procloraz) y los Triazoles (propiconazol y cyproconazol), reducen de manera significativa la severidad de la enfermedad (Nel, *et al.*, 2007). Los fungicidas eficientes, como el propiconazol, pueden utilizarse bajo un sistema de protección temprana.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Muestreo.

La recolección de material vegetal de Banano se llevó a cabo en el rancho Cascabel, municipio de Suchiate, Chiapas. Se tomaron diez muestras de hojas al azar en diferentes lotes de banano, enano gigante variedad clon francés; se buscó seleccionar los tejidos con clorosis grado 5, (Alvarado- capó, *et al*, 2003), con manchas grises y puntos negros, después se eliminó el tejido verde. Para su traslado a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Saltillo, Coahuila, las muestras se introdujeron en bolsas de papel mayordomo sin exceso de humedad en el mismo.



Figura 2. Plantación de Banano con síntomas de *Mycosphaerella fijiensis*, a) hojas con síntomas escalas 5 manchas cloróticas a grisáceas b)

Aislamiento de fitopatógenos.

En matraces Erlenmeyer de capacidad de 1000mm se vertió agua destilada y se aforó con PDA (31.2g) siguiendo la recomendación del fabricante Bioxon®, los matraces se taparon con torundas de algodón y se agitó suavemente para disolver, después fueron esterilizados en una olla de presión a 121° C y una presión de 15PSI (lb in⁻²) durante 15 minutos; cuando el medio alcanzó la temperatura adecuada se llevó a cabo el vaciado en cajas Petri de 8.5 cm de diámetro, para que el medio se solidificara se dejaron por 24 horas a temperatura ambiente (según las recomendaciones del fabricante) anticipadamente a la llegada de la muestra al laboratorio.

Posteriormente se tomaron los tejidos que tenían más peritecios en las zonas afectadas de las hojas y se metieron a la campana de flujo laminar para después cortar 32 muestras en trozos de 2cm, luego se desinfectaron las partes cortadas sumergiéndolas en solución acuosa de hipoclorito de sodio en vaso de precipitado (3) y (1) vaso de agua destilada para enjuagar y quitar restos de NaCl, para posteriormente colocar 4 trozos de tejido en 1 caja Petri, dejándolas en la campana de flujo laminar.

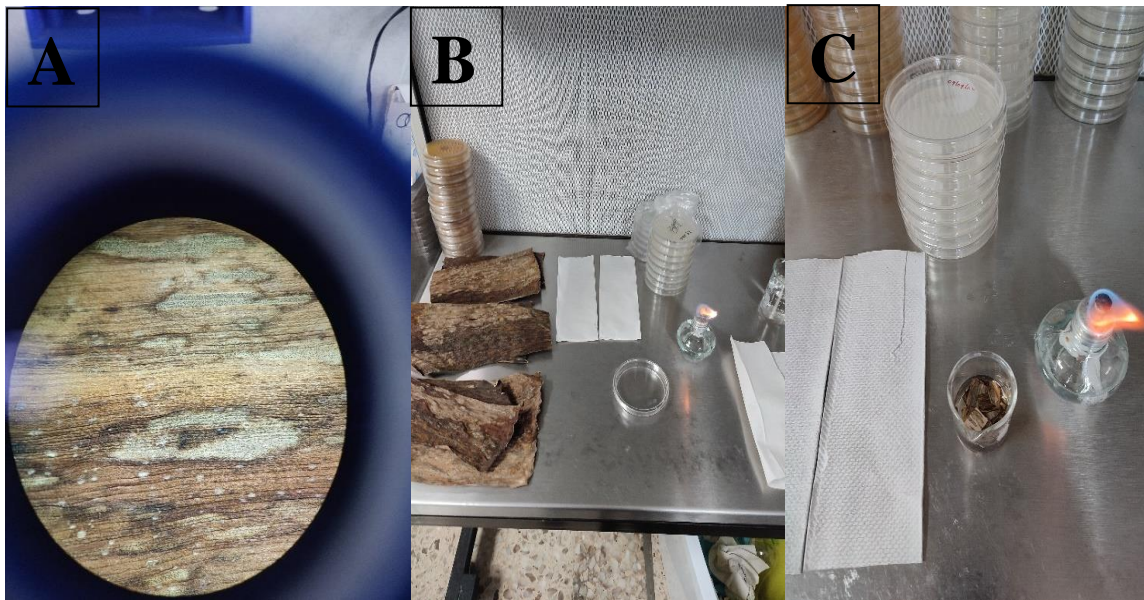


Figura 3. Procesamiento de muestras. a) Identificación de numerosos cuerpos fructíferos (pseudotecio) de color negro globoso, b) selección de estrías grado 5, c) corte de tejido vegetal en trozos de 2 cm para enjuagar en hipoclorito de sodio

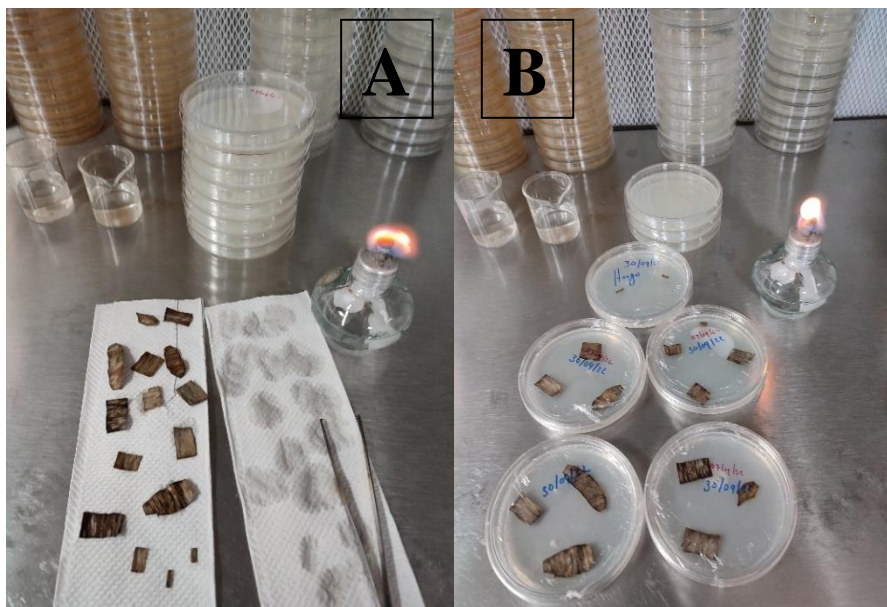


Figura 4. Explantes de tejido dañado. a) Secado de corte vegetal, b) aislamiento de hongos

Proceso de Purificación

Después de 48 horas del aislamiento observó crecimiento de hifas y se tomaron 2 explantes de 3 mm por caja para continuar con la purificación. La purificación de la cepa, se realizó de inóculos provenientes del aislado de la etapa anterior mediante la técnica de resiembra sucesivas en el medio de cultivo PDA. Se esperó 72 horas para realizar un montaje del micelio definido y determinar la morfología del hongo, Una vez que se obtuvo el micelio puro se realizó la caracterización macro y microscópica de la cepa *in vitro* (Sánchez, *et al.*, 2001)

Identificación

En el momento de identificación en el microscopio se determinó el género por sus características morfológicas, el hongo se trata de *Curvularia* spp. A lo cual se hizo una extracción de ADN para determinar la especie la cual resulto *Curvularia lunata*.

A nivel microscopio se observó hifas tabicadas ramificadas de color marrón claro a obscuro, con un tamaño aproximado de la conidias: 15.429-36.429 (23.281) x 8.154 -

14.028 (10.933) (n=50) y conidióforo: 53.32-289.287 (142.405) (n=50) septados, simples o ramificados (Manamgoda, *et al.*, 2012).

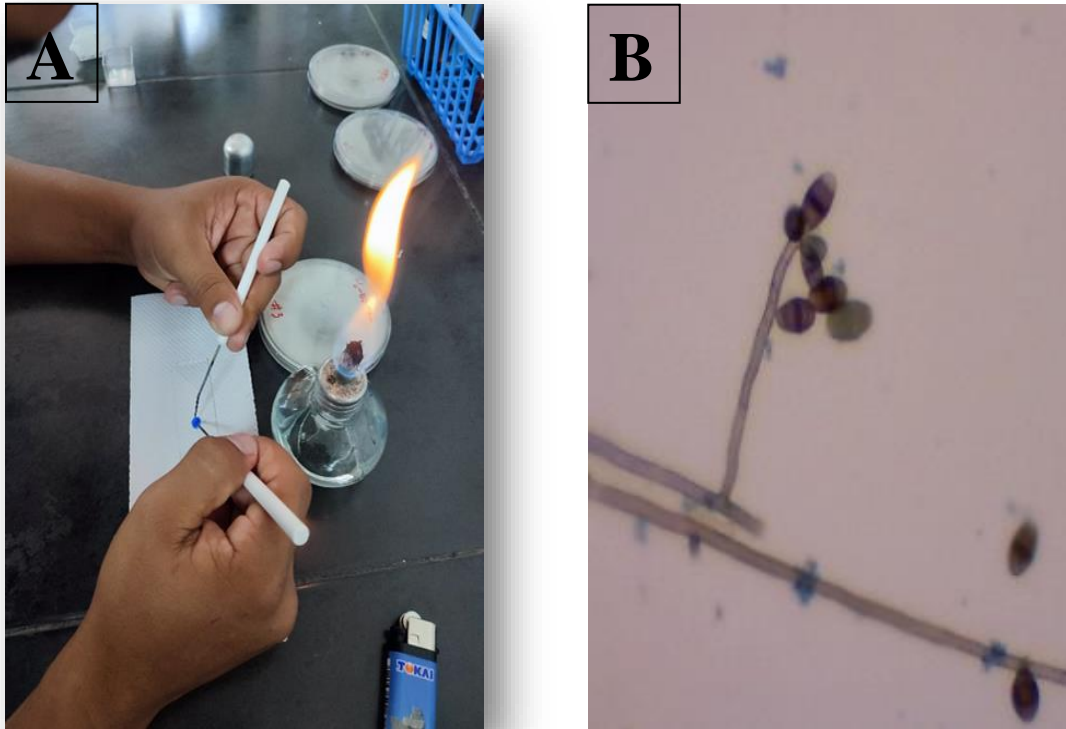


Figura 5. Montaje para identificación de hongo. A) Preparación de montas, B) Conidióforos y conidias *in situ*

Ensayos con los fungicidas

Posteriormente se preparó medios envenenados, con cuatro diferentes fungicidas, (Tebuconazol, Benomilo, Azoxystrobin, Propiconazol), a diferentes concentraciones 0.1, 0.5, 1, 5, 10, y un testigo solamente con PDA. Cada tratamiento estuvo conformado por cinco repeticiones; después de elaborar los medios se tomaron los explantes de *Curvularia* sp. y se colocaron en las cajas con medio envenenado. El crecimiento radial del micelio se midió cada 24 horas hasta que el testigo cubrió el diámetro de la caja con el crecimiento micelial de la caja Petri, utilizando un vernier digital milimétrico de la marca STEREN®.

Con la metodología empleada por Bautista, *et al*, (2002), se tomaron dos lecturas radiales cruzadas a partir del segundo día de siembra y el promedio se reportó en centímetros (cm). Se calculó con la fórmula de Bautista, *et al*, (2002), citados por Ochoa, *et al*, (2012):

$$\% \text{ de inhibición} = x = \frac{dc-dt}{dc} \times 100$$

Donde dc es el diámetro promedio en centímetros del crecimiento del micelio, y dt es el diámetro del crecimiento del micelio con los diferentes fungicidas (Kishore, *et al*, 1996)

Número de esporas contadas

Ocho días después de terminar las mediciones del micelio se realizó los conteos de esporas de cada tratamiento del experimento. Con un sacabocado, se tomó tres explantes de cada tratamiento que fueron colocados en tubos Eppendorf®, que fueron llenados con 10 mL de agua destilada estéril, después de rotular los tubos se agitaron con ayuda de un vórtex para facilitar el desprendimiento de esporas y homogenizar la suspensión, después, se colocó 1 ml de suspensión de esporas en la cámara de Neubauer y se llevó a cabo el conteo de esporas de cada uno de los tratamientos.

Análisis estadístico

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza para cada variable evaluada, así mismo se realizó una comparación de medias con la prueba de Tukey con una probabilidad del 95% en el programa. Con los datos obtenidos del porcentaje de inhibición se desarrolló el análisis PROBIT en SAS (Statistical Analysis Software), para determinar la concentración de inhibición media (CI50).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de fitopatógenos asociados al plátano. De las 35 muestras obtenidas de las huertas de plátano; pudimos obtener 50 aislamientos, de los cuales 40 % correspondieron a la especie *Fusarium oxysporum*, de los cuales pudimos observar las siguientes características: macroconidia, microconidia, clamidósporas y fiálide lo cual corresponde a las características reportadas por (ver figura 6). El 60 % de los aislamientos correspondieron al género *Curvularia*, las cuales presentaron las siguientes características.

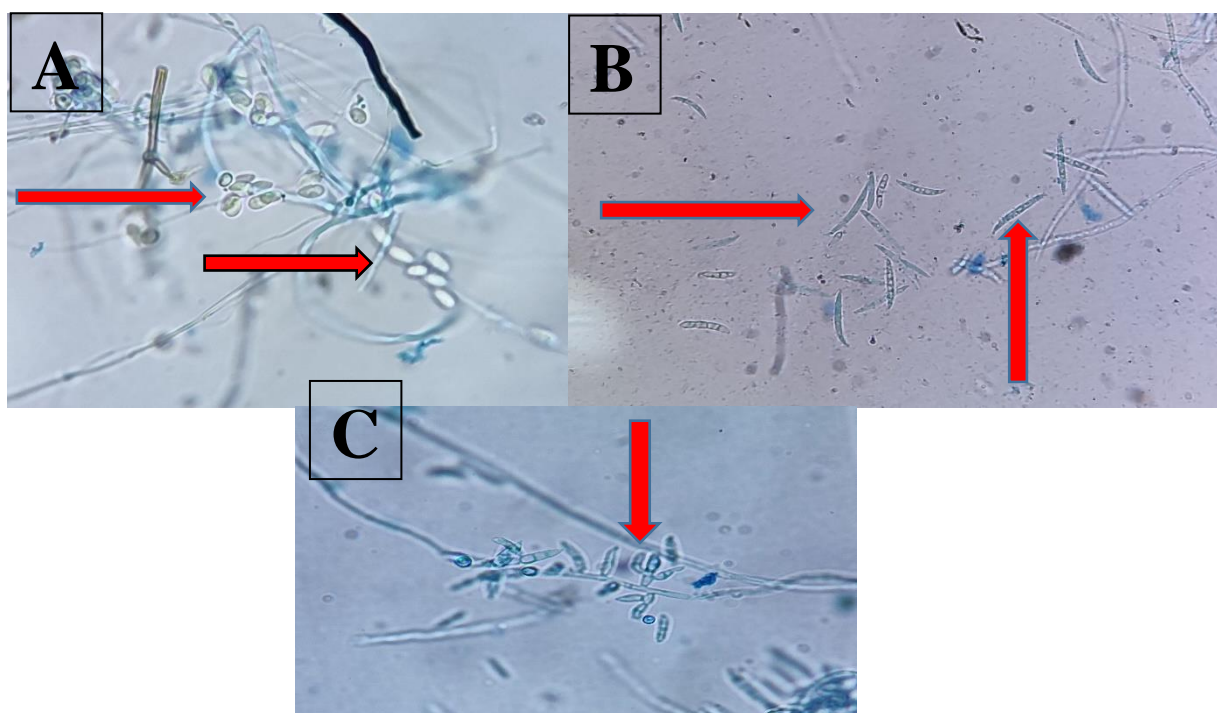


Figura 6. Características morfológicas de *Fusarium oxysporum*. A) Microconidias agrupadas, B) macroconidias, C) Fiálide, las flechas de color rojo señalan cada una de las estructuras en cada imagen.

Las microconidias son ovoides, con un tamaño de 5-12 x 2,3-3,5 μm , las macroconidias con la célula apical cónica y en algunas ocasiones se encontró una especie de gancho, y la célula basal en forma de pie o en ocasiones pobremente desarrollada y la célula apical redondeada y de 2 a 4 septos. Las macroconidias no se forman en todas las cepas, cuando existen son ligeramente fusiformes, casi rectas, con superficies dorsal y ventral casi

paralelas, de pared fina y delicada, las células basal y apical son alargadas y ligeramente curvadas y pueden tener entre tres y siete tabiques y su tamaño es de 31-58 x 2,7-3-6 μm , la anterior descripción coincide con las reportadas para la especie de *FO* afectando el cultivo de ajo, realizadas por (Delgado O, 2016), también se comparó las descripciones morfológicas que realizó el siguiente autor (Ochoa Fuentes, Identificación de especies de *Fusarium* en semilla de ajo en Aguascalientes México., 2012) teniendo similitud en las descripciones antes mencionada.

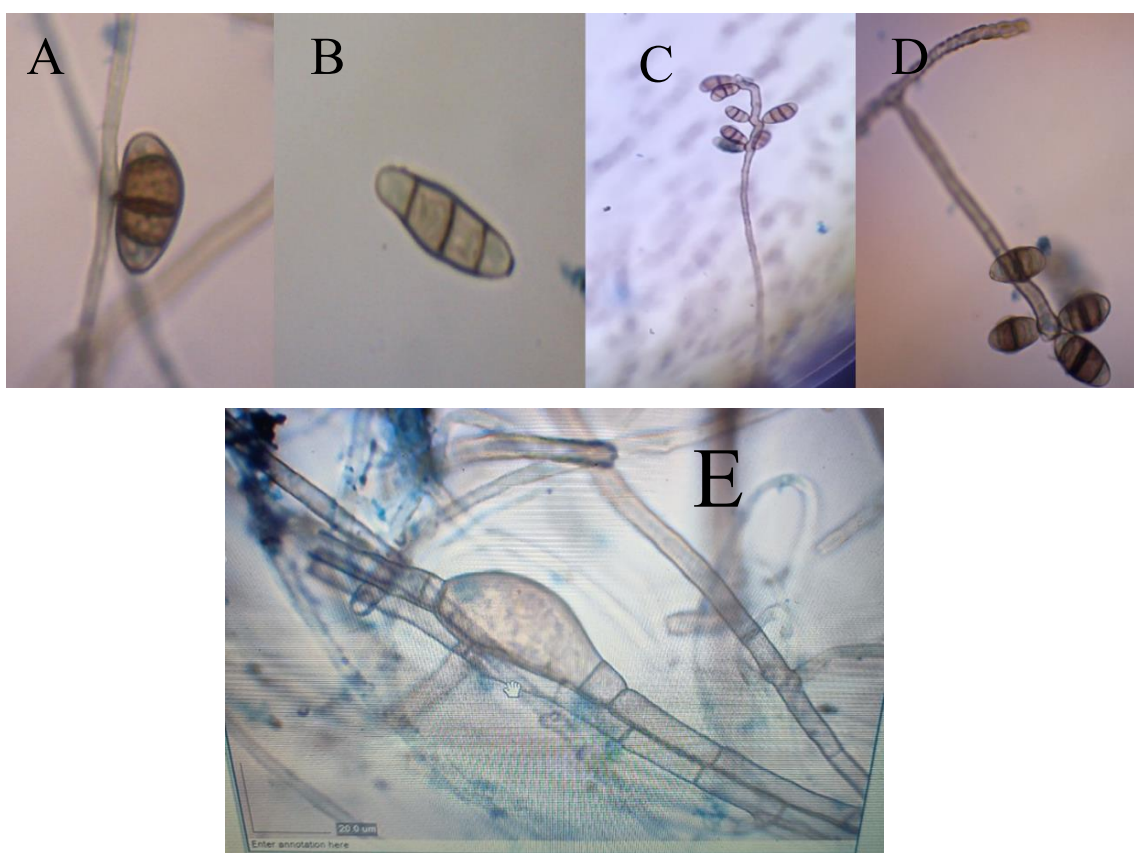


Figura 7. Características morfológicas del género *Curvularia* sp. A- B) Conidias, C-D) Conidióforos, E) Clamidósporas.

Macroscópicamente se observó las colonias de *C. lunata* que son de color gris a negro, comparando la tonalidad que mostró el trabajo de (Santos, *et al.*, 2018). se caracteriza por sus colonias algodonosas o vellosas de color gris oliva, marrón a negro.

Se observó conidióforo ramificado, conidias ovoides ligeramente curvadas o en forma de media luna, redondeados en los extremos o ligeramente estrechos hacia la base con tres septos. La especie tipo, *Curvularia lunata*, se caracteriza por conidióforos simpodiales, fuertemente melanizados, con células conidiógenas provistas de poros (“héticas”) y conidios curvos, septados transversalmente y con una célula intermedia hinchada de manera asimétrica, esta descripción según coincide a lo reportado por Índice Fongorum (2019)

A nivel de microscopio se observó hifas dematiáceas, los conidios son curvados o en forma de medialuna, redondeados en los extremos o ligeramente estrechos hacia la base, con 2, 3 o 4 distoseptos (central más oscuros o grueso que los demás, dependiendo de la especie) y con colores entre pardo pálido, marrón rojizo a oscuro (Freire, *et al.*, 1998; Cruz *et al.*, 2013; Da Cunha, *et al.*, 2013).

Ensayos *in vitro*.

Los resultados muestran que los tratamientos evaluados fueron eficientes en el control de *Curvularia*, siendo que los tratamientos de 5 ppm de los fungicidas benomilo, azoxystrobin y propiconazol generaron una inhibición cercana al 70 %; cabe destacar que resultados obtenidos en esta investigación difieren a los reportado por García-Ordaz, *et al.* (2021), quienes reportan una inhibición del 100 % con el ingrediente activo propiconazol a concentraciones del 12 ppm.

Tabla 1. Efecto inhibitorio de cuatro fungicidas en Curvularia sp.

Tratamiento	Benomilo	Azoxystrobin	Tebuconazol	Propiconazol
Testigo	0.000 ± 0.000 D	0.000 ± 0.000 C	0.000 ± 0.000 D	0.000 ± 0.000 C
0.1	18.44 ± 1.31 C	62.810 ± 0.866 B	4.072 ± 0.066 D	7.004 ± 1.890 C
0.5	33.77 ± 11.32 B	65.086 ± 1.063 B	26.730 ± 1.863 C	32.450 ± 9.063 B
1	41.68 ± 11.42 B	69.650 ± 2.363 A	27.898 ± 2.773 C	33.024 ± 3.736 B
5	74.92 ± 7.74 A	70.300 ± 1.465 A	42.100 ± 2.023 B	69.566 ± 1.209 A
10	84.58 ± 3.87 A	71.624 ± 2.240 A	55.376 ± 10.341 A	75.910 ± 2.856 A

Medias con la misma letra en la misma columna no muestra diferencia significativa.

Los resultados muestran que los tratamientos evaluados fueron eficientes en el control de *Curvularia* sp, en banano. Propiconazol generó una inhibición cercana al 32.4 % a partir de 0.5 ppm, comparado con el autor García Ordaz, (2021) quien evaluó el mismo fungicida y dosis 0.5 ppm, con *Curvularia eragrostidis* dónde obtuvieron un porcentaje de inhibición efectivo que oscilaron entre 65,2% y 78,2% en las concentraciones antes mencionadas.

En la evaluación *in vitro* de fungicidas realizada por Pruthviraj (2021) para el control de *Curvularia geniculata* causante de fruta mancha de granada; en la cual se evaluaron fungicidas como tebuconazol y propiconazol a 0.1 ppm, los cuales demostraron 100 % de inhibición mientras; que al utilizar azoxystrobin a 0.5 ppm se obtuvo una inhibición de 100 %. Cabe mencionar que los resultados obtenidos en la evaluación antes mencionada, fueron superiores a los porcentajes de inhibición obtenidos en esta investigación; siendo que a 0.1 ppm de tebuconazol y propiconazol en *Curvularia* sp. se obtuvo una inhibición de 4.07 y 7.00%, y con el 0.5 ppm de azoxystrobin se logró inhibir el 65% del crecimiento micelial. Siendo que Herrera *et al.* (2011), reportan una eficiencia en la inhibición de *alternaria alternata* en un 93.61 % lo cual es superior a lo registrado en esta investigación; cabe señalar que la concentración usada por los autores antes mencionados fue de 500 ppm, muy por superior a la usada en esta investigación (10 ppm) con el cual se alcanzó un 71 % de inhibición.

En evaluaciones de la sensibilidad de aislamientos de *CG* a fungicidas del grupo de los Benzamidazoles (benomil), los cuales mostraron un 100% de inhibición del crecimiento a 0.1 ppm (Gutiérrez-Alonso, *et al.*, 2002); cabe destacar que a la misma concentración en esta investigación se obtuvo una inhibición del 18.44% del crecimiento de *Curvularia* sp. Tobih *et al.*, 2015 al evaluar el efecto del benomilo sobre el crecimiento radial de *Curvularia lunata* en un rango de 0.1 a 10000ppm obtuvieron inhibiciones del crecimiento desde el 13.8-96.9 %; siendo que a 10 ppm en esta investigación se obtuvo una inhibición superior (84%) a la reportada por tobi; quienes obtuvieron un 69.6% de inhibición.

También Herrera *et al.* (2011), reportan una eficiencia 35.63% de inhibición de *alternaría alternata* con benomilo a 500 ppm, siendo estos resultados muy inferiores a los registrados en esta investigación; donde se pudo obtener un 84 % de inhibición en *Curvularia* a una concentración de 10 ppm.

Gutiérrez-Alonso *et al.* (2022) evaluaron el efecto inhibitorio de azoxystrobin en un rango de 5-100 ppm en aislamientos de *C. gloeosporioides*; los cuales presentaron diferencias en el porcentaje de inhibición, debido a que las cepas mostraron rangos de la inhibición desde 80-100%. Lo anterior difieren con los resultados obtenidos en esta investigación; de la cual, en la concentración de 5 ppm se alcanzó un porcentaje de inhibición del 71%.

Concentración Letal media (CL50)

La tabla 2 muestra las CL₅₀ obtenidas en los ensayos; siendo que para el ingrediente activo azoxystrobin se obtuvo la menor CL₅₀ (0.00021 ppm); cabe destacar que el producto que mostró menor eficiencia en la reducción del crecimiento de *Curvularia* fue el tebuconazol con una CL₅₀ de 6.6588 ppm. Siendo las concentraciones letales medias para benomil (1.151 ppm) y propiconazol (1.933 ppm). Las concentraciones letales medias, así como sus límites fiduciales para los cuatro ingredientes activos pueden ser observados en la siguiente tabla.

Kongcharoen, *et al.* (2020) menciona que aislados de *Curvularia lunata* fueron sensibles a carbendazim, obteniendo una CL₅₀ 483.15 ppm, resultando superior a la concentración letal media obtenida para benomilo en las cepas de *Curvularia* sp. de esta investigación (1.151 ppm).

En esta investigación, el fungicida que registró la mayor eficiencia para el control de *Curvularia* fue el azoxystrobin con una CL₅₀ de 0.00021 ppm; siendo que para el caso de cepas de *alternaría alternata* reporta por Gutiérrez-Alonso, *et al.* (2003) con una CL₅₀ de 502.83 ppm. Kongcharoen, *et al.* (2020) analizó la susceptibilidad de *C. lunata* a azoxystrobin, en la cual se obtuvo como CL₅₀ 1,521.08 ppm; siendo este valor muy

superior al obtenido en esta investigación (0.00021 ppm). Aislamientos de *C. gloeosporioides* presentaron variación en los niveles de susceptibilidad a azoxystrobin; siendo que la CL₅₀ osciló entre 0.442 y 8250 ppm; siendo que la dosis CL₅₀ reportada por Gutiérrez-Alonso *et al.* (2003) fue 2104 veces superior a la obtenida en esta investigación (0.00021 ppm).

Mientras que las evaluaciones con el tebuconazole arrojaron una CL₅₀ de 6.659 ppm, los reportes de Kongcharoen, *et al.* (2020), mencionan que la mezcla de Fluopyram + tebuconazole arrojó un CL₅₀ de 0.435 ppm; siendo esta concentración 15.28 veces inferior a la obtenida en esta investigación, cabe destacar que esta variabilidad en la respuesta puede ser resultado del efecto de la mezcla en *C. lunata*.

Para el fungicida propiconazol la CL₅₀ obtenida fue de 1.93 ppm, mientras que de Kongcharoen, *et al.* (2020), mencionan que la mezcla de Difenconazol + propiconazol expuso un CL₅₀ de 0.871a ppm; siendo esta concentración 2.21 veces inferior a la obtenida en esta investigación.

Tabla 2. Estimación de CL₅₀ para los fungicidas evaluados

I.A	CL ₅₀	LFI-LFS	CL ₉₅	Ec. de predicción	R
Azoxystrobin	0.00021	Nd	3.755	Y= 0.4567+0.1241	60.14
	Tebuconazol	6.65880	2.710-60.894	957.45688	Y= - 0.6277+0.7623
Benomilo	1.15093	0.865-1.527	22.87073	Y=- 0.0603+0.9872	86.40
Propiconazol	1.93348	1.486- 2.557	67.57570	Y= - 0.3052+1.0657	80.11

Nd: no determinados por el programa

En la tabla tres, se puede observar la esporulación obtenida en cada uno de los fungicidas. En el caso del Benomilo solo se pudo determinar diferencia significativa entre los tratamientos y el testigo; siendo que en todos los tratamientos se registró una reducción en la esporulación que oscila del 66.61-81.05 %; destacando el tratamiento 10 ppm con el mayor porcentaje de inhibición. Tobih *et al.* (2016), mencionan que en *C. lunata* al aplicar 10 ppm en cultivos *in vitro* se obtuvieron reducciones en la esporulación de 90.12%; logrando reducir la esporulación a cero con la aplicación de 10000 ppm.

Tabla 1. Esporulación de *Curvularia* en los diferentes tratamientos

Tratamiento	Benomilo	Azoxystrobin	Tebuconazol	Propiconazol
Testigo	668666.67±198245.6 ^a	668666.6±198245C	110752±20683.8A	153484±4199.37 A
0.1	236666.67±30550. B	276000 ± 11600 B	84200.0±4047.62B	139616±2889.55A
0.5	203333.33±11547.0 B	233333.3 ±82712B	55796.0±5547.63C	76876±31479.68B
1	190000.00±17320.5 B	71333.± 45621.6 A	53460.0±3726.9C	58088±20330.39B
5	183333.33±41633.3 B	30000 ± 7211.10A	8144.0±132.21D	12444±18762.85C
10	126666.67±15275 .2 B	11333.0 ± 9451.6A	1160.0 ±804.98D	772±527.18C

P-valor .0001 .0001 .0001 .0001

Medias con la misma letra en la misma columna no muestra diferencia significativa.

En cuanto a la esporulación de *Curvularia* sp tratadas con azoxystrobin, los tratamientos que fueron significativamente más destacados en la reducción de la esporulación fueron 1.0, 5.0 y 10.0 ppm; alcanzando una reducción del 89.33 98.3 %. Según lo reportado por Kongcharoen *et al.* (2020), quienes al aplicar la mezcla de azoxystrobin en medios de cultivo para el control del crecimiento micelial en *Curvularia lunata* se obtuvo una disminución del crecimiento micelial de Fluopiram + Tebuconazol.

Mientras que esporulación con tebuconazole se redujo en el rango del 92.64-98.95 %, con los tratamientos de 5.0-10.0 ppm. Según lo reportado por Torres-de-la-Cruz *et al.* (2019), quienes al aplicar la tebuconazole en un rango de 0.25-1.0 g de i.a/L pudieron observar el 100% de la inhibición del crecimiento micelial y de la germinación de las esporas en aislamientos de *Moniliophthora roreri*.

El Benomilo fue uno de los dos fungicidas que mejor inhibición registraron, ya que a 5.0 y 10.0 ppm tuvo una mayor reducción del crecimiento del micelio; ya que este está relacionado con la translocación vía apoplasto y actúa inhibiendo la formación del crecimiento fúngico a través de la interrupción de la polimerización de tubulina, interfiriendo de esta manera con la división nuclear del hongo, bloqueando la mitosis, inhibe la multiplicación celular, el crecimiento del micelio, inhibe la formación del apresorio y provocando la muerte del hongo. (Yeung et al., 2017; Lai., *et al* 2017).

El Azoxystrobin se fue el segundo mejor fungicida siendo que a partir de 5 ppm se obtuvieron inhibiciones superiores al 70 %; siendo este un fuerte inhibidor de la germinación de esporas y, además, impide el crecimiento micelial y muestra una notable actividad antiesporulante. Los derivados del ácido β -metoxiacrílico, como las estrobilurinas A y B, oudemansina A y mixotiazol, impiden la respiración mitocondrial.

Actúa sobre la cadena de transferencia de electrones entre los citocromos b y c1 bloqueando y frenando la síntesis de ATP (Becker, *et al.*, 1981)

El propiconazol pertenece al grupo de fungicidas DMI (inhibidores de la desmetilación), los cuales actúan sobre el patógeno dentro de la planta en la etapa de formación de los primeros haustorios. Detiene el desarrollo de hongos al interferir con la biosíntesis de esteroides en las membranas celulares (Janssen Pharmaceutica, *et al.*, 1979)

Conclusiones

Los cuatro fungicidas evaluados fueron capaces de inhibir el crecimiento micelial de *Curvularia sp.* en diferentes porcentajes; los fungicidas Benomilo (Benhur®) y Azoxystrobin (Estrocelo 250 SC) registraron los mayores porcentajes inhibición, los cuales oscilaron en el 70% y 85% a concentraciones de 5 ppm y 10 ppm. Los fungicidas Tebuconazol (Rango 250 SC), Propiconazol (Senadel) mostraron ser eficientes en la inhibición del crecimiento micelial, pero fueron altamente eficientes en la reducción de la esporulación. Siendo el azoxystrobin el ingrediente activo que registro una menor CL_{50} (0.00021 ppm), mientras que el tebuconazole fue el fungicida que registro la mayor CL_{50} (6.65880 ppm).

LITERATURA CITADA

- Akila, R.; Rajendran, L.; Harish, S.; Saveetha, K.; Raguchander, T.; Samiyappan, R. 2011. Combined application of botanical formulations and biocontrol agents for the management of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (FOC) causing *Fusarium* wilt in banana. Biological Control.
- Amadioha, A. C. (1999). Evaluation of some plant leaf extract against *Colletotrichum lindemuthianum* in cowpea. Archives of Physiopathology and Plant Protection 32:141 – 149.
- Arias, P.; Liu, P. 2020. La economía mundial del banano. Panorama general de la producción y el comercio mundial de banano. <https://www.fao.org/3/y5102s/y5102s00.htm>
- Arias P, Liu, Dankers., Pilkauskas P. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Viale delle Terme di Caracalla Roma, Italia. <https://www.fao.org/3/y5102s/y5102s00.htm#Contents>

- Aristizábal L., M. 2003. Crecimiento y desarrollo de las plantas. En: Aristizábal L., M. Fisiología Vegetal. Manizales: Universidad de Caldas. P. 9-21.
- Augura. Moreno. 2009 La identificación y manejo integrado de plagas en banano y plátano en – Magdalena y Urabá Colombia- Medellín.
- Ayoubi N, Javad M, Zare R and Zafari D. 2017. First report of *Curvularia inaequalis* and *C. specifera* causing leaf blight and fruit rot of strawberry in Iran. Nova Hedwigia 105(1-2): 75-85. https://doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2017/0402.
- Bakry, F, Carreel F, Christophe J, Horry J P, 2009. Genetic Improvement of Banana. Chapter 1. En: Jain, S.M., P.M. Priyadarshan (Eds.). Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species. New York: Springer Science, Business Publishing. P. 3-50.
- Bautista, B. S.; Hernández, L. M.; Díaz, P. J. C.; Cano, O. C. F. 2000. Evaluation of the fungicidal properties of plant extracts to reduce *Rhizopus stolonifer* of 'ciruela' fruit (*Spondias purpurea* L.) during storage. Postharvest Biology and Technology, 20(1), 99-106.
- Bisht S. Balodi R. Ghatak A. and Kumar P. 2016. Determination of susceptible growth stage and efficacy of fungicidal management of *Curvularia* leaf spot of maize caused by *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn. Maydica, 61: M27.
- CEDRSSA. 2017. Centro de Estudios Para el Desarrollo Rural Sustentable, La producción y comercio del plátano. Palacio Legislativo de San Lorenzo, Ciudad De México. 14p.
<http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/13La%20producci%C3%B3n%20y%20el%20comercio%20de%20pl%C3%A1tano.pdf>
- COVECA.2010. Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria. 2010. Monografía del plátano. Veracruz Gobierno del Estado, México. pp: 2-6

<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/platano-lo-que-necesitas-para-su-produccion>.

Cui, R.Q. and Sun, X.T. 2012. First report of *Curvularia lunata* causing leaf spot on lotus in China. *Pl. Dis.*, 96: 1068 doi: abs/10.1094/PDIS-03-12-0234-PDN.

Dan Zhang, Guofu Li, Fen wang, Dandan-fu, Jiamei zhao , Sol jiaying, Nan chen, Chunsheng Xue, Shuqin Xiao, kexin liu. 2019. Virulencia, diversidad molecular y tipo de apareamiento de *Curvularia lunata* en China. *Planta Dis.*2019 julio; 103 (7): 1728-1737. doi: 10.1094/PDIS-10-18-1857-RE. Epub 2019 20 de mayo.

Estrada, G.; Sandoval I. 2004. Patogenicidad de especies de *Curvularia* en arroz. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Calle 110 no. 514 e/ 5a. B y 5a. F, Playa, Ciudad de La Habana, CP 11600. *Fitosanidad*, vol. 8, núm. 4, diciembre, 2004, pp. 23-26. <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209117865004.pdf>

Fajemisin, J. M. and Okunyemi O. 1976.). Fungicidal Control of *Curvularia* Leaf Spot of Maize. *PANS* 22:23-1-238

FAO. 2022. Banano - Análisis del Mercado 2021. Roma. <https://www.fao.org/3/cc1610es/cc1610es.pdf>

Faurel L, Schotter G. 1965. Champignons coprophiles du Tibesti. *Revista Mycologique* 30: 330–351

García-Mata¹, R.; González-Machorro, M.F.; García-Sánchez, R.C.; Mora-Flores, S.; González-Estrada, A.; Martínez-Damián, M.À. 2013. El mercado del plátano (*Musa paradisiaca*) en México, 1971-2017. *Economía*. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952013000400008

García-Orsorio, M. S., & Orozco-Gómez, B. A. (2016) Etiología de enfermedades en el cultivo de piña (*Ananas comosus* L. cv. Monte lirio) y pruebas de antagonismo “in

in vitro” con *Trichoderma* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua

González Molotla, Félix Gastélum, Leyva Madrigal, Quiroz Figueroa. 2021. Etiología de la mancha foliar en soya (*Glycine max*) en Sinaloa, México. Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Los Mochis, Boulevard Macario Gaxiola y Carretera Internacional s/n Los Mochis, Sinaloa, CP 81223, México

Guzmán, M; Pérez, L; Villalta, R; Carr, C; Sandoval, J. 2018. Marchitamiento por *Fusarium* raza 4 tropical (*Foc* R4T) una seria amenaza para la producción de bananos y plátanos: recomendaciones para prevenir el ingreso del patógeno en fincas bananeras. CORBANA 44 (64): 1-8.

IPGRI. 1996. Descriptores para el banano (*Musa* spp.). La producción y comercio del Banano. Roma, Italia. 55p. <http://www.cedrssa.gob.mx/>

Gutiérrez-Alonso, O. y Gutiérrez-Alonso, J.G. 2003. Evaluación de resistencia a Benomil, Thiabendazol y Azoxystrobin, para el control de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* PENZ.) en frutos de Guayaba (*Psidium guayava* L.) en postcosecha. Revista Mexicana de Fitopatología. 21:228-232.

López-Zapata, S.P.; Castaño-Zapata, J. 2019. Manejo integrado del mal de Panamá [*Fusarium oxysporum* Schlechtend.: Fr. sp. *cubense* (E.F. SM.) W.C. Snyder & H.N. Hansen]: una revisión. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 22(2): e1240. <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1240>. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v22n2/0123-4226-rudca-22-02-e1240.pdf>

Mabadeje, SA 1969. Mancha foliar del maíz por *Curvularia*. Trans. Hermano Mycol. Soc. 52:267-271, IN266. https://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=6668

MB Ellis. *Hifomicetos dematiáceos*. CMI, Kew, Surrey, Reino Unido, 1971. (2) LN Lourenco. Ciencia de cultivos 47:2228, 2007.

Macri, F. y Lenna, P. 1974. Corn leaf blight incited by *Curvularia lunata* (Wakker) Boed. J. Plant Pathol. 10:27-35. https://www.jstor.org/stable/42556648?seq=1#page_scan_tab_contents

- Manamgoda DS, Cai L, McKenzie EHC, Crous PW, Madrid H. 2012. Una reevaluación filogenética y taxonómica del complejo *Bipolaris-Cochliobolus-Curvularia*. *Diversidad fúngica* 56: 131–144. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4312937/#R41>
- Manamgoda DS, Cai L, Bahkali AH, Chukeatirote E, Hyde KD. 2011. *Cochliobolus*: an overview and current status of species. *Fungal Diversity* 51:3-42. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/600866/Curvularia_lunata.pdf
- Manzo Sánchez, G.; Guzmán González, S.; Rodríguez García, C.M.; James, A.; Orozco Santos, M.; 2005. Biología de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet y su interacción con *Musa* spp. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 23 (1): 87-96. https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1397/1/id38740_Gilberto_Manzo.pdf
- Marín, D.H., R.A. Romero, M. Guzmán, and T.B. Sutton. 2003. Black Sigatoka: an increasing threat to banana cultivation. *Plant Dis.* 87:208-222.
- Marin-Felix Y, Hernández-Restrepo M, Crous PW (2020) Multilocus phylogeny of the genus *Curvularia* and description of ten new species. *Mycol Prog* 19:559–588. <https://doi.org/10.1007/s11557-020-01576-6>
- Montero F. 2020. Mal de Panamá en el Cultivo de Banano. *Fusarium oxysporum* sp. *Cubense*. Fortalecimiento de la calidad de vida de la sociedad productiva agrícola, Universidad de Costa Rica, 4p. <https://www.ingbiosistemas.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2020/09/BoletinFusarium.pdf>
- Ochoa Fuentes, Y.M.; Cerna Chávez, E.; Gallegos Morales, G.; Landeros Flores, J.; Delgado Ortiz, J.C. Hernández Camacho, S.; Rodríguez Guerra, R.; Olalde Portugal, V. 2012. Identificación de especies de *Fusarium* en semilla de ajo en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Micología*, 36 (1): 27-31

- Olivas Peraza. 2020. Caracterización morfológica, molecular y patogenicidad de especies de *Curvularia* asociadas a la mancha foliar en zacate Johnson (*Sorghum halepense* L.) en el norte de Sinaloa, México. Departamento Académico de Investigación y Posgrado Programa Educativo: Maestría en Fitopatología y Medio Ambiente. Los Mochis, Sinaloa, México. <https://uadeo.mx/wp-content/uploads/2021/06/TESIS-DANIELA-OLIVAS.pdf>
- Panwar, D. M. 2012. *In vitro* evaluation of fungicides and organics against *Curvularia lunata* and *Curvularia pallescens* causing leaf blight of gladiolus. International Journal of Plant Protection, 5(2): 442-443
- Pérez V. 2002. Ficha Técnica de *Mycosphaerella musicola*. Dirección general de Sanidad Vegetal, Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, 14p. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/472513/Ficha_tcnica_Mycosphaerella_musicola.pdf
- Ploetz, RC. 2015. Management of *Fusarium* wilt of banana: A review with special reference to tropical race 4. (Crop Protection 73:7–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.01.007>. <https://www.ingbiosistemas.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2020/09/BoletinFusarium.pdf>
- Ploetz, R.C., G.Z. Zentmyer, W.T. Nishijima, K.G. Rohrbach, and H.D. Ohr. 1994. Compendium of Tropical Fruit Diseases. American Phytopathological Society Press. St. Paul, MN. <https://www.apsnet.org/edcenter/disandpath/fungalasco/pdlessons/Pages/BlackSigatokaEspanol.aspx>
- Robinson, J.C. y V. Galán Saúco. 2010. Plátanos y bananas. Consultor Técnico. Laboratorio de Cultivo de Tejidos de Bananas Du Roi. Mundi-Prensa. 336p. <https://www.promusa.org/Morfolog%C3%ADa+de+la+planta+del+banano> <https://www.paraninfo.es/catalogo/9788484765424/Pl%C3%A1tanos-y-bananas>

- Robinson, Galán.2010. Plátanos y Banana. Ciencias de la producción de cultivos en horticultura. CABI, Wallingford (GBR). 297p.
- Rodríguez-Gaviria, Cayón G. 2010. Efecto de *Mycosphaerella fijiensis* sobre la fisiología de la hoja de banano. Líder, área Fitosanidad, Cenibanano-Augura, Urabá (Colombia). Profesor asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652008000200010
- Sánchez, F., Honrubia, M. and Torres, P. 2001. Effect of pH, water stress and temperature on *in vitro* cultures of ectomycorrhizal fungi from Mediterranean forests. Cryptogamie Mycology 22, 243-258. [file:///C:/Users/ramir/Downloads/979-7923-2-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ramir/Downloads/979-7923-2-PB%20(1).pdf)
- Shi, J., Liu, YY y Wei, LM 2000. Sobre patógenos de la mancha foliar por *Curvularia* del maíz. J. S henyang Agric. Universidad 05:479-481.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092021000300371
- Sivanesan A. 1987. Especies *graminicolous* de *Bipolaris*, *Curvularia*, *Drechslera*, *Exserohilum* y sus teleomorfos. Documentos micológicos 158: 154–185.
- Torres, Castillo. 2013. Principios para la Nutrición del Cultivo de Banano. CeniBanano, Centro de Investigaciones del Banano, 253p.
- Vargas Céspedes, William Watler. Morales. 2017. Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de banano en costa rica. Para la realización de este estudio se reconoce el apoyo de funcionarios de Corporación Bananera Nacional CORBANA, del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), quienes aportaron significativamente al desarrollo de la investigación. 56p. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8205.pdf>

Yip Cui, Bo-wu, Aitian Peng, Xiaobin Canción. 2023. Primer informe de *Curvularia lunata* que causa la mancha de la hoja en Shatangju en China. Instituto de Protección Vegetal, Academia de Ciencias Agrícolas de Guangdong, Laboratorio Clave de Prevención y Control Verde de Frutas y Verduras en el Sur de China Ministerio de Agricultura y Asuntos Rurales, Laboratorio Provincial Clave de Alta Tecnología para la Protección Vegetal de Guangdong, Guangzhou 510640, China <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-02-22-0360-PDN>