



**Especies de malezas como hospedantes
alternos de *Fusarium oxysporum* f. sp.
cupense, en plátano Gros Michel (*Musa
acuminata*) en el municipio de Zona
Bananera, Magdalena.**

Alexandra Sofía Grecco DiazGranados

Universidad Magdalena

Facultad de Ingeniería
Programa de Agronomía
Santa Marta, Colombia
2021



Especies de malezas como hospedantes alternos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, en plátano Gros Michel (*Musa acuminata*) en el municipio de Zona Bananera, Magdalena.

Alexandra Sofía Grecco DíazGranados

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Agrónomo

Director (a):

M. Sc. Andrés Felipe Quintero Mercado

Codirector (a):

Ph. D. Verónica Hoyos Castaño

Línea de Investigación:

Sanidad vegetal

Grupo de Investigación:

Fitotecnia del trópico

Universidad del Magdalena

Facultad de Ingeniería

Programa de Agronomía

Santa Marta, Colombia

2021

Nota de aceptación:

Aprobado por el Consejo de Programa en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad del Magdalena para optar al título de (escriba el nombre del Programa)

Jurado

Jurado

Santa Marta, ____ de ____ del _____

“Cuando siembras con empeño y dedicación a lo que amas, recoges los mejores frutos.”

Sofía Grecco.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, doy gracias a Dios por brindarme la dedicación, la constancia y la fortaleza para sacar adelante este proyecto.

A la Universidad del Magdalena por brindarme toda la infraestructura para llevar a cabo este proyecto de investigación.

A la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad del Magdalena por la financiación del proyecto de investigación.

A mis directores de pasantía Mg. Andrés Felipe Quintero Mercado y la Dra. Verónica Hoyos Castaño, por todo su apoyo incondicional, orientación académica, sus consejos, por su amistad y sobre todo por creer en mí.

A la Ingeniera Helena Bornacelly, por el apoyo logístico brindado para el acceso a la finca y llevar a cabo la investigación.

Al personal del laboratorio de la Universidad del Magdalena, por el apoyo logístico en las actividades de investigación, especialmente al Ing. Gian Celedón y al Biol. Isaac Romero.

A mi abuela Luz María De DiazGranados, por ser el motor de mi vida, por llenarme de motivación, por sus consejos sabios, por ser mi confidente y amiga; y sobre todo por su apoyo incondicional.

A mi padre José Manuel Grecco Nuñez, por ser mi soporte, su ayuda incondicional y los consejos que siempre me motivaron a seguir adelante. Pero sobre todo por creer firmemente en mi talento y en mi.

A mi tía Benilda DiazGranados, por ser como una madre en todos mis momentos de dificultad y su apoyo.

A mis hermanos de crianza Carlos Castañeda DiazGranados, Asliruan Castañeda DiazGranados y a mi hermano de sangre José Grecco DiazGranados por estar siempre para mí ante las adversidades, ayudarme a salir de las situaciones difíciles y hacerme una persona más positiva.

A mis docentes del pregrado por formarme no solo como profesional, si no como persona para la llegada del mundo laboral.

A todas mis más sinceras amistades, sus palabras de aliento y motivación en los momentos difíciles.

Resumen

El cultivo de musáceas es de importancia nutricional y económica a nivel mundial, siendo el cultivo de plátano el quinto en importancia del total de área sembrada en Colombia. Las malezas, además de competir con diferentes recursos y determinar la productividad del cultivo, pueden ser hospederos de enfermedades limitantes como *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*. El objetivo de esta investigación fue confirmar la presencia del hongo en seis especies de malezas como hospedantes alternos y evaluar la problemática de estas en el municipio Zona Bananera (Magdalena). El muestreo se realizó en un lote con antecedentes del fitopatógeno, haciendo un muestreo sistemático de las especies de malezas *Euphorbia hirta*, *Amaranthus spinosus*, *Echinochloa colona*, *Cyanthillium cinereum*, *Tridax procumbens* y *Commelina erecta*, reportadas como hospedantes alternos del hongo. Para las malezas se evaluó densidad, frecuencia, cobertura y peso seco, determinando el índice de valor de importancia (IVI). En cuanto a la identificación del patógeno, se tomaron muestras de raíces para aislarlas en laboratorio bajo condiciones totales de asepsia, sembrando segmentos de estas en medio de PDA e incubando a 30°C durante 7 días en oscuridad total. Se obtuvieron aislamientos del patógeno a partir de *E. hirta*, *A. spinosus* y *E. colona*, evidenciando características típicas tanto para el crecimiento de colonia en medio de cultivo y en las estructuras reproductivas de *F. oxysporum* f.sp. *cubense*, confirmando así que estas especies de malezas son potenciales hospedantes de dicho hongo. En cuanto a la problemática de estas especies en el lote evaluado, basados en el IVI, la maleza de mayor importancia fue *C. erecta*, mientras que las especies menos importantes fueron *E. hirta*, *A. spinosus* y *E. colona*, en las cuales se determinó la presencia del hongo.

Palabras clave: muestreo sistemático, marchitamiento vascular, *Echinochloa colona*, recolección de muestras, aislamientos.

ABSTRACT

The cultivation of Musaceae is of nutritional and economic importance worldwide, being the plantain cultivation the fifth in the importance of the total area planted in Colombia. Weeds,

in addition to competing with different resources and determining crop productivity, can be hosts to limiting diseases such as *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*. The objective of this research was to confirm the presence of the fungus in six weed species as alternate hosts and to evaluate the problem of these in the Zona Bananera town (Magdalena). The sampling was carried out in a lot with a history of the phytopathogen, making a systematic sampling of weed species *Euphorbia hirta*, *Amaranthus spinosus*, *Echinochloa colona*, *Cyanthillium cinereum*, *Tridax procumbens*, and *Commelina erecta*, reported as alternate hosts of the fungus. For weeds, density, frequency, cover and dry weight were evaluated, determining the importance value index (IVI). As for the identification of the pathogen, root samples were taken to isolate them in the laboratory under total aseptic conditions, sowing segments of these in PDA medium and incubating at 30°C for 7 days in total darkness. Isolates of the pathogen were obtained from *E. hirta*, *A. spinosus*, and *E. colona*, showing typical characteristics for the growth of the colony in culture medium and in the reproductive structures of *F. oxysporum* f.sp. *cubense*, thus confirming that these weed species are potential hosts for this fungus. Regarding the problem of these species in the evaluated field, based on the IVI, the most important weed was *C. erecta*, while the least important species were *E. hirta*, *A. spinosus* and *E. colona*, in which the presence of the fungus was determined.

Keywords: systematic sampling, Fusarium wilt, *Echinochloa colona*, collection of samples, isolation.

Contenido

Pág.

Resumen	1
Contenido	3
Lista de figuras.....	5
Lista de tablas	6
Lista de símbolos	7
Introducción.....	8
Objetivo general	13
Objetivos específicos.....	13
1. Aspectos metodológicos	15
1.1 Recolección de muestras y área de estudio.....	15
1.2. Información del cultivo	16
1.2.1. Estado de la plantación.....	17
1.3. Problemática de malezas	17
1.4.1. Protocolo 1. Inmersión en metanol al 96%	19
1.4.2. Protocolo 2. Inmersión en hipoclorito de sodio al 2%.	20
2. Resultados.....	22
2.1. Problemática de malezas	22
2.2.1. Aislamiento 1-P2.....	25
2.2.2. Aislamiento de 2-P2.....	26
2.2.3. Aislamiento de 3-P1.....	27
2.2.4. Aislamiento de 3-P2.....	28
2.3. Relación maleza – patógeno.....	30
3. Discusión	33
3.1. Problemática de malezas	33
3.2. Descripción morfológica de los aislamientos endófitos de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i>	34

3.3. Relación maleza – patógeno	34
5. Conclusiones	37
A. Anexo: Muestreo sistemático en zig-zag en la parcela (si me dejan) en Macondo – Zona Bananera en el departamento del Magdalena.	39
Bibliografía	41

Lista de figuras

Pág.

Figura 1. Recorrido en zig-zag en el cultivo de plátano del sector Macondo - Zona Bananera del departamento del Magdalena, Colombia. (Fuente: Wikiloc).....	15
Figura 2. Área de estudio en zona comercializadora de plátano, sector Macondo - Zona Bananera del departamento del Magdalena, Colombia. (Fuente: Wikiloc).....	16
Figura 3. Especies recolectadas en el muestreo. A. <i>Euphorbia hirta</i> . B. <i>Amaranthus spinosus</i> . C. <i>Echinochloa colona</i> . D. <i>Cyanthillium cinereum</i> . E. <i>Tridax procumbens</i> . F. <i>Commelina erecta</i>	18
Figura 4. Protocolo 1 (Metanol al 96%). Inmersión en metanol al 96%. A. Esquema de esterilización. B. Proceso de secado de los órganos. C. Siembra en medio de PDA de los órganos. D. Muestras en incubación.	20
Figura 5. Protocolo 2 (NaClO al 2%). Inmersión en hipoclorito de sodio al 2%. A. Esquema de esterilización de los órganos. B. Proceso de secado de los órganos. C. Siembra en medio de PDA de los órganos. D. Muestras en incubación.	21
Figura 6. Caracterización morfológica y reproductiva de <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i> cubense</i> obtenido a partir de raíces de <i>Euphorbia hirta</i> aislado con inmersión en hipoclorito al 2%. A. Anverso de la colonia. B. Reverso de la colonia, 7 días de crecimiento en medio de PDA a 30°C. C. Microconidias (12,52 µm x 6,4 µm). D. Macroconidias (40,84 µm x 9,77 µm). E. Observaciones de microconidias y macroconidias a 100x.....	25
Figura 7. Caracterización morfológica y reproductiva de <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i> cubense</i> obtenido a partir de raíces de <i>Amaranthus spinosus</i> aislado con inmersión en hipoclorito al 2%. A. Anverso de la colonia. B. Reverso de la colonia, 7 días de crecimiento en medio de PDA a 30°C. C. Microconidias (19,35 µm x 8,17 µm). D. Macroconidias (43,66 µm x 9,94 µm). E. Observación de macroconidias en 100x.....	27
Figura 8. Caracterización morfológica y reproductiva de <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i> cubense</i> obtenido a partir de raíces de <i>Echinochloa colona</i> aislado con inmersión en metanol al 96%. A. Anverso de la colonia. B. Reverso de la colonia, 7 días de crecimiento en medio de PDA a 30°C. C. Microconidias (16,80 µm x 5,56 µm). D. Macroconidias (51,90 µm x 8,40 µm). E. Observaciones de macroconidias a 100 x.	28
Figura 9. Caracterización morfológica y reproductivas de <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i> cubense</i> obtenido a partir de raíces de <i>Echinochloa colona</i> aislado con inmersión en hipoclorito al 2%. A. Anverso de la colonia. B. Reverso de la colonia, 7 días de crecimiento en medio de PDA a 30°C. C. Microconidias (15,15 µm x 5,16 µm). D. Macroconidias (49,25 µm x 5,82 µm). E. Observación de macroconidias a 100 x.....	29

Lista de tablas

Pág.

Tabla 2. Índice de valor de importancia bajo el parámetro de dominancia según la cobertura.....	23
Tabla 3. Índice de valor de importancia bajo el parámetro de dominancia según el peso seco.....	23
Tabla 4. Presencia de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cupense</i> aislado como endófito de seis especies de malezas.....	24
Tabla 7. Índices de valor de importancia vs. presencia de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cupense</i>	30
Tabla 8. Índices de valor de importancia vs. presencia de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cupense</i>	31

Lista de símbolos

Símbolo	Significado
mm	Milímetro
µm	Micrómetro
%	Porcentaje
cm	Centímetro
ha	Hectárea
°C	Grado centígrados
Msnm	Metros sobre el nivel del mar
IVI	Índice de valor de importancia
Da	Densidad
Fa	Frecuencia
Do	Dominancia
No	Número
FR	Frecuencia relativa
DR	Densidad relativa
DoR	Dominancia relativa

Introducción

El plátano (*Musa acuminata*) es uno de los cultivos capitalizadores de la economía campesina debido a su importancia económica, su nivel nutricional y social dentro de la región caribe (Escalante, 2004). A nivel mundial este cultivo se posiciona como el cuarto cultivo alimenticio más importante después del maíz, arroz y trigo; alcanzando en promedio un 15% del volumen total de la producción de frutas en todo el mundo; contribuyendo en el desarrollo económico en muchos países tropicales e intertropicales, siendo fuente de empleo para la población (Valencia & Lara, 2009).

Según Belalcázar (1991), el plátano es una de las principales frutas más cultivadas en la región tropical debido a las condiciones climáticas de la zona caribe con un clima cálido y una constante humedad en el aire; además de ser uno de los alimentos más consumidos en la dieta humana y es uno de los productos más importante de exportación.

Una de las regiones con mayor producción de plátano para exportación es la región Caribe, específicamente el departamento del Magdalena donde este cultivo se posiciona generando oportunidades sociales y empresariales para todo tipo de población dentro del departamento, aumentando los ingresos de comercialización de la fruta permite utilizar las oportunidades del mercado extranjero y así posiciona al departamento del Magdalena como una de las zonas productoras del plátano junto con la Guajira y Urabá antioqueño (Amaya *et al.*, 2019).

El cultivo de plátano, se enfrenta a diferentes obstáculos para la producción del mismo, como son las diferentes plagas y enfermedades que se han diseminado principalmente durante la distribución de genes, que se transmite por la reproducción a la descendencia por medio de gametos o células reproductoras de musáceas nativas del Sureste a nuevas zonas agrícolas de América Latina y el Caribe (Jones, 2000).

Uno de los problemas fitosanitarios que desafía este cultivo es la marchitez vascular de las musáceas, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* del cual no se conoce su fase sexual o teleomorfo; siendo de los trastornos más destructivos y devastadores del cultivo del plátano (Akila *et al.*, 2011). Una vez que logra entrar esa enfermedad en las

plantaciones es muy difícil de controlar o erradicar (Ploetz, 2006). Esta enfermedad es monocíclica causante de los marchitamientos vasculares de los cultivares debido a la respuesta que presenta el hospedero al ataque del hongo generando la oclusión de los vasos xilemáticos de la planta, limitando así el transporte de agua y nutrientes (Pérez *et al.*, 2013).

Fusarium es un hongo fitopatógeno cosmopolita, el cual tiene varios estilos de vida, dentro de los cuales se pueden mencionar como un saprófito, endófito y antagónico en el suelo; este existe en muchas formas patogénicas, parasitando más de 100 especies de plantas, gracias a los mecanismos que tiene el hongo para vencer las defensas de muchas plantas (Bosland, 1988).

F. oxysporum f. sp. *cubense* (*Foc*) es un hongo habitante natural del suelo procedente del sureste de Asia, y ha evolucionado junto con las musáceas en diferentes momentos de la historia (Pérez Salas *et al.*, 2013). Alrededor del año 1912, la enfermedad se extendió por el Caribe y Suramérica, con la excepción de la costa este de Colombia (Vargas *et al.*, 2017). Según Pérez Salas *et al.* (2013), la distribución global de esta enfermedad se debe a un componente antropocéntrico, puesto a que este patógeno fue introducido por medio de rizomas infectados, que se presentaban asintomáticos y eran utilizados como material vegetal de propagación en nuevas plantaciones libres de la enfermedad.

Fusarium oxysporum f.sp. *cubense* es diseminado dentro de los cultivares mediante el material de propagación ya sea por los hijos o por los cormos. Actualmente no hay medidas de control que sean lo suficientemente eficientes para combatirla (Ploetz, 2006). Cabe resaltar que este patógeno también puede ser dispersado mediante el suelo, el agua, implementos agrícolas o maquinaria, equipo de trabajo, por el picudo negro del plátano (*Cosmopolites sordidus*) y Además, puede ser dispersado por el nematodo fitoparásito conocido como el nematodo barrenador del banano (*Radopholus similis*) (Ploetz *et al.*, 2015; Pérez Salas *et al.*, 2013).

Foc es un parasito facultativo que vive, se desarrolla y se transmite por el suelo, causando enfermedades a las plantas; este se divide en grupos especializados teniendo en cuenta los huéspedes a los que atacan y se subdivide en razas según la susceptibilidad de sus

hospederos (Gordon y Martyn, 1997). Con el transcurrir del tiempo se han descrito cuatro Razas: la Raza 1, afecta a Gros Michel y Manzano (AAB); la Raza 2, ataca a los cultivares ABB, conocidos como Guineo, Cuadrado, Topocho y Chatos; la Raza 3, a heliconias (*Heliconia* L.) y la Raza 4, a cultivares susceptibles a las razas 1, 2 y del tipo Cavendish (Hennessy *et al*, 2005). Dentro del subgrupo de la Raza 4 se han identificado la Raza tropical (*RT4*) y la subtropical (*ST4*), ambas pertenecientes a diferentes grupos de compatibilidad vegetativa; la primera, causa enfermedad en trópicos y subtrópicos y, la segunda, solo en el subtrópico (Belgrove *et al*, 2011).

Según Bermúdez (2014), *Foc R4T* es una enfermedad mortal que revela pérdidas en la economía de la región Caribe especialmente a los pequeños y grandes bananeros; se puede afirmar que es una amenaza real y significativa para toda la industria bananera. Lo que ha generado la aplicación de cambios en la tierra y en las labores del cultivo, además de las medidas que se toman para prevenir la propagación de dicha enfermedad.

Foc para los cultivares de las musáceas puede producir dos tipos de síntomas externos que son síndrome de la hoja amarillas y síndrome de la hoja verde (Pérez Salas *et al*., 2013). El síndrome de la hoja amarilla es característico de *F. oxysporum* en plátano donde se presentan un amarillamiento en los márgenes de las hojas más viejas, este síntoma progresa desde las hojas viejas a las hojas jóvenes; estas hojas colapsan en el peciolo o en la base de la nervadura central y cuelgan para formar "una saya" de hojas muertas alrededor del pseudotallo (Dita *et al*, 2013). En el síndrome de la hoja verde las hojas de las plantas afectadas permanecen predominantemente verde hasta que los peciolos se doblan y las hojas colapsan (Dita *et al*, 2013).

En genotipos susceptibles, las esporas del hongo germinadas son impulsadas por compuestos orgánicos, que son liberados por las raíces del hospedante; la penetración se lleva directamente por la cofia de la raíz, con la ayuda de enzimas degradativas o mediante el crecimiento intercelular, momento en el cual empieza la colonización, desde el ápice de la raíz (Gordon, 2017).

En la presencia de los síntomas internos en la planta de plátano se caracteriza por una colonización vascular que comienza con el amarillamiento del tejido vascular en las raíces y cormos, que progresa con gran facilidad hacia los haces vasculares generando un continuo coloreado de amarillo, rojo o pardo en el pseudotallo, el cual es muy característico de esta enfermedad (Dita *et al.*, 2013).

Este patógeno en medio de cultivo desarrolla micelio de color blanco aéreo y abundante, con fondo rojizo oscuro a violeta y un halo dorado, que se realiza con el tiempo generando microconidias, de forma elíptica u oval, frecuentemente sin presencia de septos; los macroconidias se estructuran de dos y tres septos y clamidosporas, con paredes lisas o ásperas, formadas individualmente, en pares o en cadenas. Estas clamidosporas logran sobrevivir por más de 30 años en carencia de un hospedante principal, pero el hongo fitopatógeno tiene la capacidad de infectar arvenses como hospedantes alternos (López-Zapata & Castaño-Zapata, 2019).

Dentro del grupo de hospederos de *Foc R4T*, se destacan los hospederos primarios, entre los cuales se hallan los géneros *Musa* (*Musa spp.*, *Musa textilis*, *Musa acuminata*, *Musa balbisiana*) y *Heliconia* (*Heliconia spp.*, *H. caribaea*, *H. psittacorum*, *H. mariae*) (Stover, 1989; CABI, 2007).

Otro grupo de hospedantes alternos son las plantas asociadas a los cultivos o malezas. Estas plantas son de gran importancia debido a que no manifiestan síntomas de la enfermedad, pero facilitan su dispersión y sobrevivencia, siendo consideradas como fuente de inóculo (Solórzano *et al.*, 2020). Se destacan *Chloris inflata*, *Chloris barbata*, *Commelina erecta*, *Euphorbia heterophylla*, *Tridax procumbens* (Haarer, 1962; CABI, 2007 y 2020; Hennessy *et al.*, 2005), especies presentes en plantaciones de banano.

En Australia, *Foc RT4* se encontró en raíces de *C. inflata* (poaceae), *E. heterophylla* (euphorbiaceae), *Cyanthillium cinereum* y *T. procumbens* (asteraceae) en cultivos de banano (Hennessy *et al.*, 2005), sin expresar los síntomas típicos de la enfermedad; allí sobrevive como endófito en la maleza y al sembrar nuevamente las plantas de banano, las malezas actúan como reservorio del inóculo (Dita *et al.*, 2018). El hongo produce el micelio,

que a su vez produce conidias y nuevas clamidosporas que pueden infectar a otras raíces (CABI, 2020).

Objetivo general

Confirmar la presencia de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* en seis especies de malezas como hospedantes alternos en cultivos de plátano Gros Michel (*Musa acuminata*) en el municipio de Zona Bananera del departamento del Magdalena.

Objetivos específicos

1. Establecer la problemática de malezas de seis especies asociadas al cultivo de plátano.
2. Identificar la presencia de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* como endófito en seis especies de malezas asociadas al plátano.
3. Establecer la relación entre las seis especies de malezas y *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense* en plátano.

1. Aspectos metodológicos

1.1 Recolección de muestras y área de estudio

Se realizó un muestreo sistemático para conocer la problemática de las especies de malezas reconocidas como hospedantes alternos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* en plantaciones de plátano, mediante un recorrido en zig-zag procurando abarcar la mejor distribución espacial (Fig. 1). Se utilizó un cuadro de muestreo de 1m², observando las especies de interés presente y recolectándolas en bolsas resellables previamente marcadas para los análisis de laboratorio.

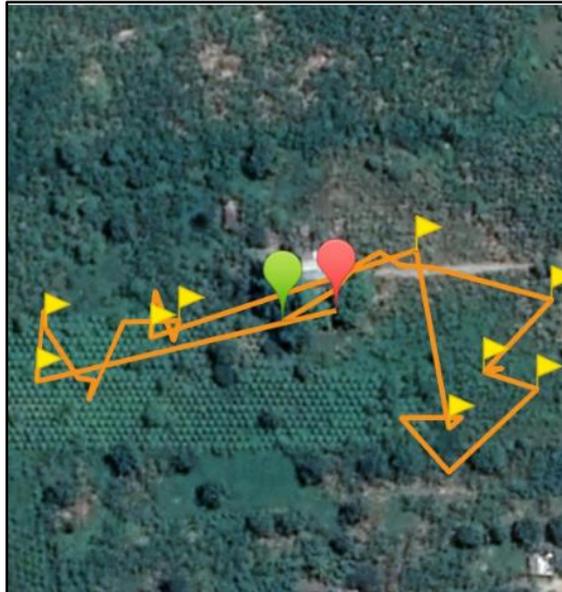


Figura 1. Recorrido en zig-zag en el cultivo de plátano del sector Macondo - Zona Bananera del departamento del Magdalena, Colombia. (Fuente: Wikiloc).

La investigación se realizó en la parcela (Si me dejan), ubicada en el sector Macondo en el municipio de Zona Bananera, departamento del Magdalena, localizado geográficamente con coordenadas de 10°74'92.9" latitud Norte y 74°14'92.2" longitud Oeste (Fig. 2). Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge, corresponde a bosque seco tropical (bs-T), con elevación de 30 msnm, precipitación anual entre 900 – 1500 mm/año, temperatura de 24°C y humedad relativa promedio de 82% (Holdridge, 1978).



Figura 2. Área de estudio en zona comercializadora de plátano, sector Macondo - Zona Bananera del departamento del Magdalena, Colombia. (Fuente: Wikiloc).

1.2. Información del cultivo

- **Número de hectáreas:** 3 ha
- **Número de hectáreas de producción:** 1 ha
- **Número de empleados en producción:** 4
- **Número de empleados fijos:** 2
- **Situación socioeconómica:** estable.
- **Fertilización:** ninguna.
- **Tipo de riego:** micro aspersión.
- **Especie:** *Musa acuminata* vr *Gros Michel*. (plátano)
- **Densidad de siembra:** 250 plantas/ha
- **Tipo de control de malezas:** manual (poda).
- **Tiempo de control:** cada 3 meses.
- **Uso de herbicidas:** ninguno.
- **Actividades realizadas al cultivo:** cortes, deshijado, deshoje, desmane.
- **Descripción del cultivo:** planta herbácea de 3 a 6 metros de altura, el tallo verdadero es un órgano de reserva subterráneo llamado rizoma o cormo y el tallo aparente es un pseudotallo, que es el resultado de la unión de las vainas foliares. Las raíces son superficiales distribuidas en una capa de 30-40 cm, concentrándose la mayoría a los 15 a 20 cm. Son de color blanco y tiernas cuando emergen, posteriormente son duras, amarillentas. Pueden alcanzar los 3 metros de

crecimiento lateral y 1,5 metros de profundidad. Las hojas miden 2 a 4 metros de largo y hasta de 0.50 metros de ancho, dispuestas en espiral con un peciolo de 1 metro o más de longitud y limbo elíptico alargado, ligeramente decurrente hacia el peciolo, un poco ondulado y glabro. Las flores son amarillentas e irregulares con 5 estambres fértiles y 1 estéril. El fruto es una valla alargada de tres o seis lados, con un grado de encurvamiento y longitud que varía según la variedad, éste se forma a partir del ovario de una flor pistilada. Los pequeños puntos que se observan al abrir el fruto son los óvulos abortados que se ponen negros (Álvarez, 2018).

1.2.1. Estado de la plantación

Se recorrió toda la plantación, para observar las condiciones generales del cultivo de plátano, así como las diferencias en las poblaciones de malezas presentes. En el recorrido se observó la plantación un poco descuidada, despoblada y diversidad de especies de maleza en donde predominaba de manera visual la especie *Commelina erecta*.

1.3. Problemática de malezas

En cada sitio de muestreo (cuadrante de 1m²), se reportó la presencia de las especies de interés: *Euphorbia hirta*, *Amaranthus spinosus*, *Echinochloa colona*, *Cyanthillium cinereum*, *Tridax procumbens* y *Commelina erecta* (Fig. 3), así como el estado fenológico, número de individuos presentes (densidad) y cobertura. Se recolectaron estas especies tomando toda la planta y estas muestras fueron trasladadas al laboratorio de Suelos de la Universidad del Magdalena, en la ciudad de Santa Marta.

En el laboratorio se determinó peso fresco y peso seco de las especies presente en el muestreo mediante la utilización de una de una balanza, tomando la medida por especie; el peso seco se determinó después de secado a 72°C durante tres (3) días.



Figura 3. Especies recolectadas en el muestreo. **A.** *Euphorbia hirta*. **B.** *Amaranthus spinosus*. **C.** *Echinochloa colona*. **D.** *Cyanthillium cinereum*. **E.** *Tridax procumbens*. **F.** *Commelina erecta*.

Para evaluar la problemática de las especies de malezas se determinó el índice de valor de importancia (IVI) a partir de los siguientes parámetros por cada especie: densidad absoluta (D_a), densidad relativa (DR), frecuencia absoluta (F_a), frecuencia relativa (FR), dominancia absoluta (D_o) y dominancia relativa (DoR), de acuerdo a lo propuesto por Mueller-D y Ellenberg (1974):

$$IVI = DR + FR + DoR$$

$$D_a = \frac{\text{No. de individuos por especie}}{\text{Unidad de área}}$$

$$DR = \frac{\text{Densidad absoluta por especie}}{\text{Densidad total para todas las especies}}$$

$$F_a = \frac{\text{No. de muestras donde aparece la especie}}{\text{No. total de unidades de muestreo}}$$

$$FR = \frac{\text{No. de individuos por especie}}{\text{Unidad de área}}$$

$$Do = \frac{\text{Peso seco/Cobertura por especie}}{\text{Total del peso seco/cobertura por unidad de área}}$$

$$DoR = \frac{\text{Dominancia absoluta por especie}}{\text{Dominancia total de todas las especies}}$$

Cabe mencionar que la dominancia absoluta y relativa, se calculó independiente para las dos variables relacionadas con esta medida, las cuales fueron peso seco y cobertura.

1.4. Aislamiento de cepas endófitas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*

El proceso de aislamiento de cepas endófitas se llevó a cabo en el laboratorio de Fitopatología de la Universidad del Magdalena, en donde se llevaron a cabo dos protocolos de desinfección, para la posterior siembra de los órganos en medio de cultivo.

1.4.1. Protocolo 1. Inmersión en metanol al 96%

Las muestras recolectadas fueron lavadas con abundante agua corriente con el fin de eliminar todo residuo de suelo u otro contaminante proveniente del sitio muestreado. Se cortaron treinta (30) segmentos en secciones de 3 a 4mm de largo de las raíces por cada especie de maleza y se dejaron secar al aire libre sobre papel absorbente.

Se realizó lavado de los segmentos por un minuto en agua destilada estéril, un minuto en Metanol al 96% y un minuto en agua destilada estéril (Fig. 4A), finalmente se dejó secar al aire dentro de la cámara sobre papel absorbente estéril (Fig. 4B). Posteriormente, se sembraron las muestras en medio de PDA, al que se le agregó Streptomycin, preparado con anticipación bajo condiciones totales de asepsia.

Se colocaron 5 secciones equidistantes de los segmentos de raíces dentro de la caja Petri (Fig. 4C). Por cada tratamiento se hicieron tres réplicas. Las cuales se incubaron a 30 °C durante 7 días (Fig. 4D).

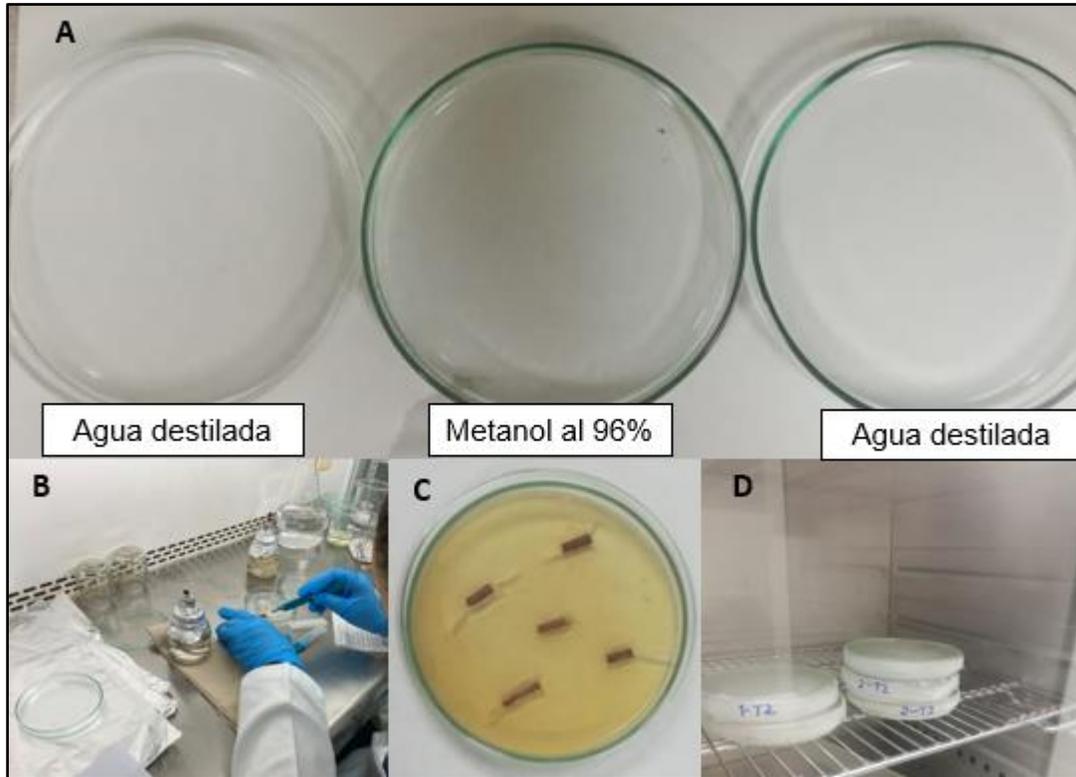


Figura 4. Protocolo 1 (Metanol al 96%). Inmersión en metanol al 96%. **A.** Esquema de esterilización. **B.** Proceso de secado de los órganos. **C.** Siembra en medio de PDA de los órganos. **D.** Muestras en incubación.

1.4.2. Protocolo 2. Inmersión en hipoclorito de sodio al 2%.

Las muestras recolectadas fueron lavadas con abundante agua corriente con el fin de eliminar todo residuo de suelo u otro contaminante proveniente del sitio muestreado; se cortaron treinta (30) segmentos en secciones de 3 a 4 cm de largo de las raíces por cada especie de maleza y se dejaron secar al aire libre sobre papel absorbente.

Se realizó lavado de los segmentos por un minuto en agua destilada estéril, un minuto en Hipoclorito de Sodio al 2% y un minuto en agua destilada estéril (Fig. 5A), finalmente se dejó secar al aire dentro de la cámara sobre papel absorbente estéril (Fig. 5B). Posteriormente, se sembraron las muestras en medio de PDA, al que se le agregó Streptomycin, preparado con anticipación bajo condiciones totales de asepsia.

Se colocaron 5 secciones equidistantes de los segmentos de raíces dentro de la caja Petri (Fig. 5C). Por cada tratamiento se hicieron tres réplicas. Las cuales se incubaron a 30 °C durante 7 días (Fig. 5D).

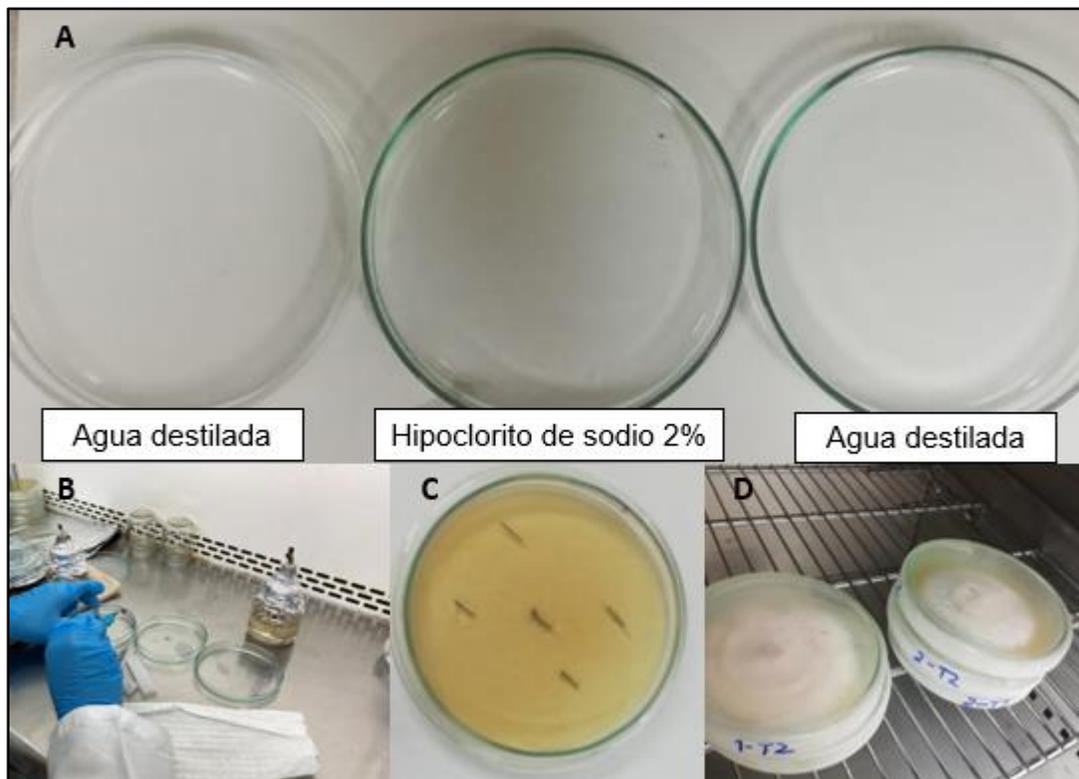


Figura 5. Protocolo 2 (NaClO al 2%). Inmersión en hipoclorito de sodio al 2%. **A.** Esquema de esterilización de los órganos. **B.** Proceso de secado de los órganos. **C.** Siembra en medio de PDA de los órganos. **D.** Muestras en incubación.

El protocolo de desinfección más eficaz fue el protocolo P2 (NaClO al 2%) del cual se obtuvieron tres aislamientos positivos para *Foc*, y solo uno con el protocolo P1 (Metanol al 96%) (Tabla 1).

Tabla 1. Protocolos de desinfección implementados para los aislamientos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense*.

Protocolo	Detectados	Aislamientos
P1 (Metanol al 96%)	1	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>Cubense</i>

P2 (NaClO al 2%)	3	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>Cubense</i>
------------------	---	--

1.5. Análisis estadístico

Se hicieron cuatro lecturas por aislamiento endófito y se obtuvo un promedio del largo y ancho de macroconidias y microconidias, usando un microscopio óptico marca Leica. Adicional se hizo una prueba ANOVA con el programa VassarStats 2001 – 2021 (<http://vassarstats.net/>), para determinar si hay diferencias significativas entre los aislamientos.

2. Resultados

2.1. Problemática de malezas

Para establecer la problemática de malezas, se establecieron índices de valor de importancia que permite asignarle a cada especie su categoría de importancia con base a su condición fitosociológica.

Este índice es un buen descriptor de la importancia de las especies recolectadas debido a que tiene en cuenta las medidas de frecuencia relativa, abundancia o densidad relativa y dominancia relativa, esta última a partir de las variables cobertura y peso seco.

En la tabla 2 se muestran los resultados del IVI con dominancia relativa según la cobertura, ordenado de mayor a menor valor de importancia. La especie de mayor IVI fue *Commelina erecta* con valor de 103,65 %, este valor está influenciado principalmente por la densidad relativa; es decir que esta es la especie con mayor abundancia dentro de la parcela. La especie con menor IVI fue *Amaranthus spinosus* con un valor de 17,86 %, parámetro igualmente influenciado por la abundancia relativa de la especie.

Tabla 2. Índice de valor de importancia bajo el parámetro de dominancia según la cobertura.

Especies	Frecuencia relativa %	Densidad relativa %	Dominancia (cobertura) relativa%	IVI
<i>Commelina erecta</i>	35	38,95	29,70	103,65
<i>Tridax procumbens</i>	25	25,45	13,56	64,01
<i>Echinochloa colona</i>	5	2,27	37,66	44,93
<i>Cyanthillium cinereum</i>	15	12,88	8,79	36,66
<i>Euphorbia hirta</i>	15	11,36	6,53	32,89
<i>Amaranthus spinosus</i>	5	9,09	3,77	17,86

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de del IVI con dominancia relativa según el peso seco de las especies recolectadas. Para este índice, *C. erecta* sigue siendo la especie de mayor valor 106,28%. Sin embargo, la especie de menor IVI fue *Echinochloa colona* con valor de 9,53%, este valor está influenciado por la frecuencia relativa (Tabla 3).

Tabla 3. Índice de valor de importancia bajo el parámetro de dominancia según el peso seco.

Especies	Frecuencia relativa %	Densidad relativa %	Dominancia (peso seco) relativa %	IVI
<i>Commelina erecta</i>	35	38,95	32,33	106,28
<i>Tridax procumbens</i>	25	25,45	31,58	82,03

<i>Cyanthillium cinereum</i>	15	12,88	19,92	47,80
<i>Euphorbia hirta</i>	15	11,36	9,77	36,14
<i>Amaranthus spinosus</i>	5	9,09	4,14	18,22
<i>Echinochloa colona</i>	5	2,27	2,26	9,53

2.2. Descripción morfológica de los aislamientos endófitos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*

Como resultado de las seis especies de malezas muestreadas, se obtuvieron cuatro aislamientos endófitos con presencia del patógeno, donde se evidenciaron características morfológicas y reproductivas de *F. oxysporum* f. sp. *cubense*. En la tabla 4 se pueden observar las especies con presencia del hongo y su respectivo tratamiento de aislamiento, donde 1 representa presencia y 0 ausencia de *Foc*.

Tabla 4. Presencia de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* aislado como endófito de seis especies de malezas.

Nº	Especies	Protocolo	Presencia
1	<i>Euphorbia hirta</i>	P1 (Metanol al 96%)	0
		P2 (NaClO 2%)	1
2	<i>Amaranthus spinosus</i>	P1 (Metanol al 96%)	0
		P2 (NaClO 2%)	1
3	<i>Echinochloa colona</i>	P1 (Metanol al 96%)	1
		P2 (NaClO 2%)	1
4	<i>Cyanthillium cinereum</i>	P1 (Metanol al 96%)	0
		P2 (NaClO 2%)	0
5	<i>Tridax procumbens</i>	P1 (Metanol al 96%)	0
		P2 (NaClO 2%)	0
6	<i>Commelina erecta</i>	P1 (Metanol al 96%)	0
		P2 (NaClO 2%)	0

2.2.1. Aislamiento 1-P2

Este aislamiento proviene de las raíces de la especie *Euphorbia hirta*, aislada con el protocolo 2 (inmersión de los órganos en hipoclorito al 2%). En el anverso de la colonia se presentó abundante micelio de apariencia algodonosa con crecimiento aéreo de tonalidad blanca y abundante, en el reverso de la colonia se presentó una pigmentación amarilla-rosáceas, rodeada de un halo dorado (Figura 6A y B). Las microconidias presentaron una forma ovalada que carencia de septos con medidas promedios de largo 12,52 μm y ancho de 6,4 μm (Fig. 6C); las macroconidias presentaron una forma ligeramente curvada de 3 a 5 septos y alargadas con medidas promedio de largo 40,84 μm y ancho de 9,77 μm (Figura 6D y E).

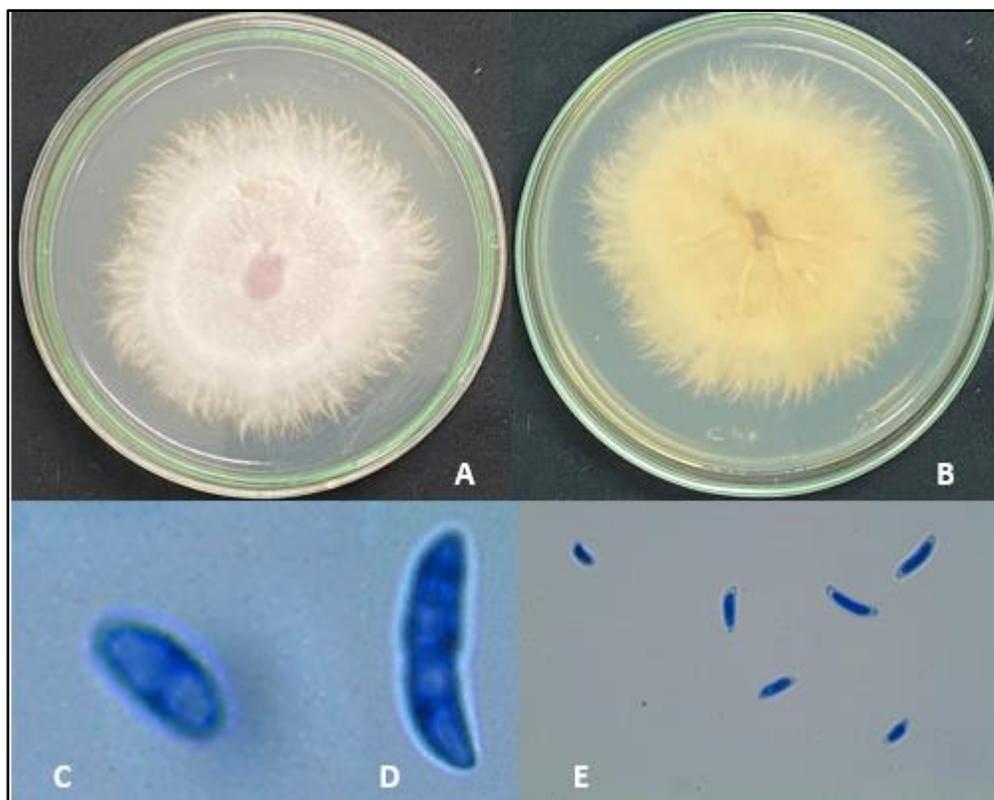


Figura 6. Caracterización morfológica y reproductiva de *F. oxysporum* f. sp. *cubense* obtenido a partir de raíces de *Euphorbia hirta* aislado con inmersión en hipoclorito al 2%. **A.** Anverso de la colonia. **B.** Reverso de la colonia, 7 días de crecimiento en medio de

PDA a 30°C. **C.** Microconidias (12,52 μm x 6,4 μm). **D.** Macroconidias (40,84 μm x 9,77 μm). **E.** Observaciones de microconidias y macroconidias a 100x.

2.2.2. Aislamiento de 2-P2

Este aislamiento proviene de las raíces de la especie *Amaranthus spinosus*, aislada con el protocolo 2 (inmersión de los órganos en hipoclorito al 2%). En el anverso de la colonia se presentó abundante micelio de apariencia algodonosa con crecimiento aéreo de tonalidad blanca y abundante, en el inverso de la colonia se presentó una pigmentación naranja oscuro hacia el centro y se tornó un poco más clara hacia el borde externo de la colonia, rodeada de un halo dorado (Fig. 7 A y B). Las microconidias presentaron una forma ovalada que carencia de septos con medidas promedios de largo 19,35 μm y ancho de 8,17 μm (Fig. 7C); las macroconidias presentaron una forma ligeramente curvada de 3 a 5 septos y alargada con medidas promedio de largo 43,66 μm y ancho de 9,94 μm (Fig. 7 D y E).

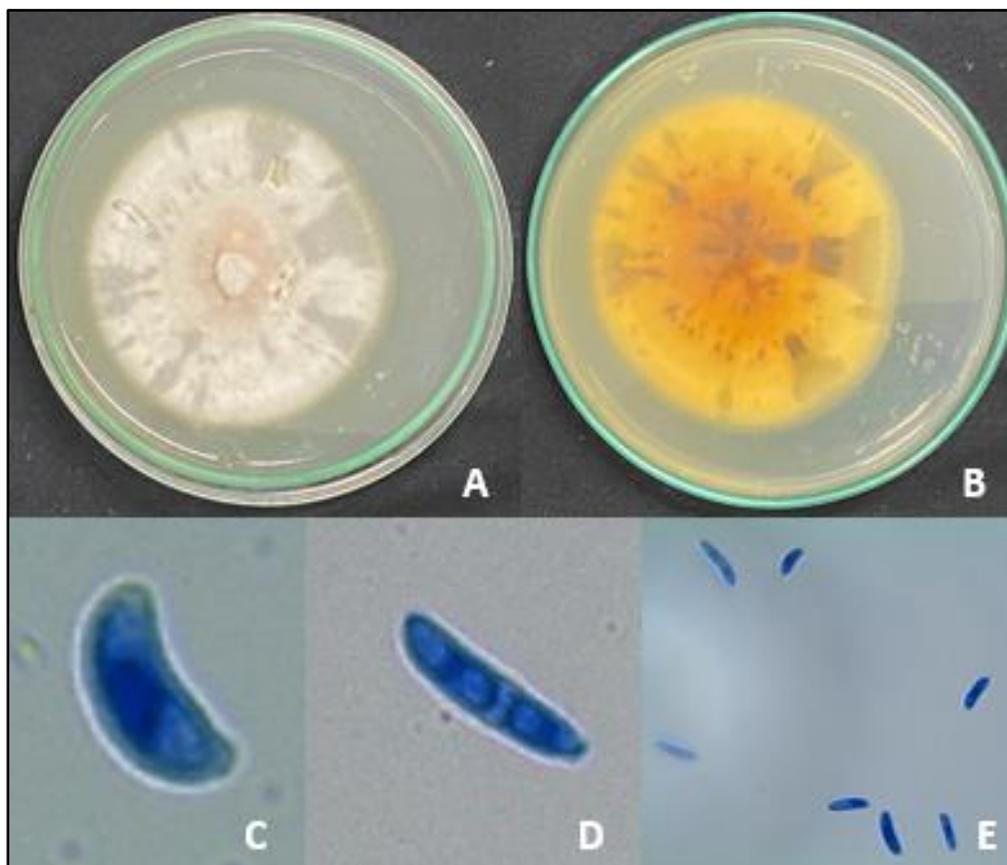


Figura 7. Caracterización morfológica y reproductiva de *F. oxysporum* f. sp. *cubense* obtenido a partir de raíces de *Amaranthus spinosus* aislado con inmersión en hipoclorito al 2%. **A.** Anverso de la colonia. **B.** Reverso de la colonia, 7 días de crecimiento en medio de PDA a 30°C. **C.** Microconidias (19,35 μm x 8,17 μm). **D.** Macroconidias (43,66 μm x 9,94 μm). **E.** Observación de macroconidias en 100x.

2.2.3. Aislamiento de 3-P1

Este aislamiento proviene de las raíces de la especie *Echinochloa colona*, aislada con el protocolo 1 (inmersión de los órganos en metanol al 96%). En el anverso de la colonia se presentó abundante micelio de apariencia algodonosa con crecimiento aéreo de tonalidad blanca y abundante, en el inverso de la colonia se presentó una pigmentación amarilla hacia el centro y se tornó naranja hacia el borde externo, rodeada de un halo dorado (Fig. 8A y B). Las microconidias presentaron una forma ovalada que carencia de septos con medidas promedios de largo 16,80 μm y ancho de 5,56 μm (Fig. 8C); las macroconidias

presentaron una forma ligeramente curvada de 3 a 5 septos y alargadas con medidas promedio de largo 51,90 μm y ancho de 8,40 μm (Fig. 8D y E).

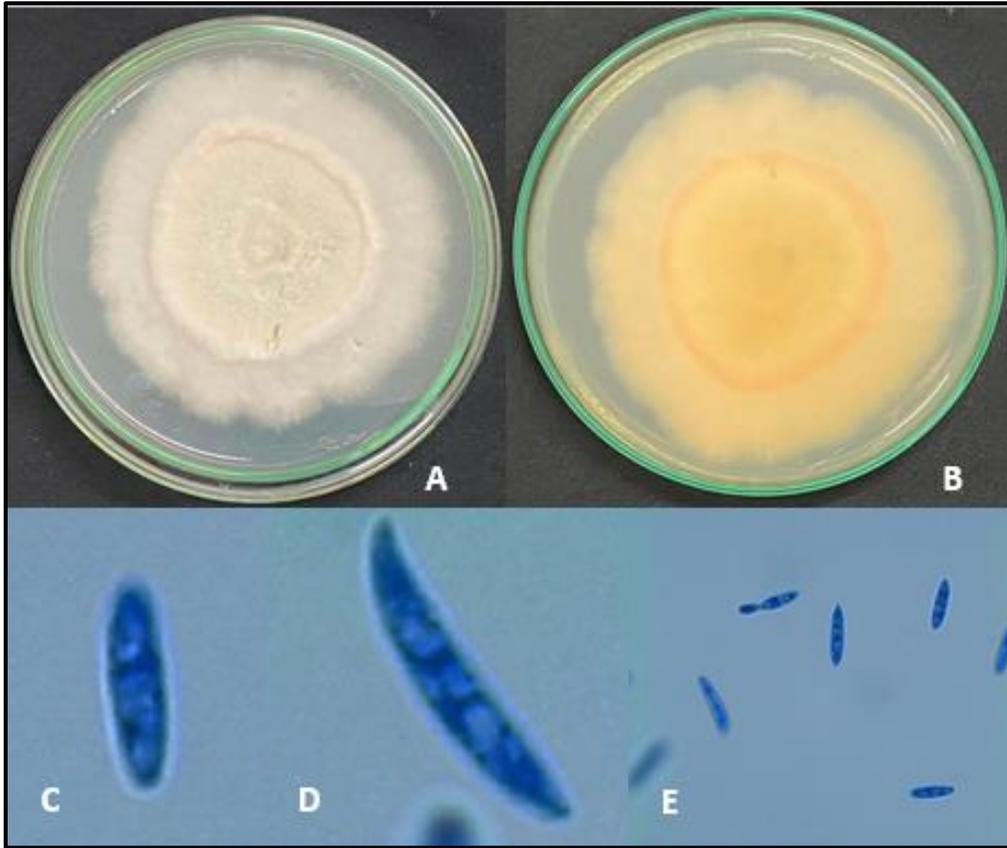


Figura 8. Caracterización morfológica y reproductiva de *F. oxysporum* f. sp. *cubense* obtenido a partir de raíces de *Echinochloa colona* aislado con inmersión en metanol al 96%. **A.** Anverso de la colonia. **B.** Reverso de la colonia, 7 días de crecimiento en medio de PDA a 30°C. **C.** Microconidias (16,80 μm x 5,56 μm). **D.** Macroconidias (51,90 μm x 8,40 μm). **E.** Observaciones de macroconidias a 100 x.

2.2.4. Aislamiento de 3-P2

Este aislamiento proviene de las raíces de la especie *E. colona*, aislada con el protocolo 2 (inmersión de los órganos en hipoclorito de sodio al 2%). En el anverso de la colonia se presentó abundante micelio de apariencia algodonosa con crecimiento aéreo de tonalidad blanca y abundante, en el inverso de la colonia se presentó una pigmentación naranja hacia el centro y se tornó más oscura hacia el borde extremo, rodeada de un halo dorado (Fig. 9A y B). Las microconidias presentaron una forma ovalada que carencia de septos

con medidas promedios de largo 15,15 μm y ancho de 5,16 μm (Fig. 9C); las macroconidias presentaron una forma ligeramente curvada de 3 a 5 septos y alargadas con medidas promedio de largo 49,25 μm y ancho de 5,82 μm (Fig. 9D y E).

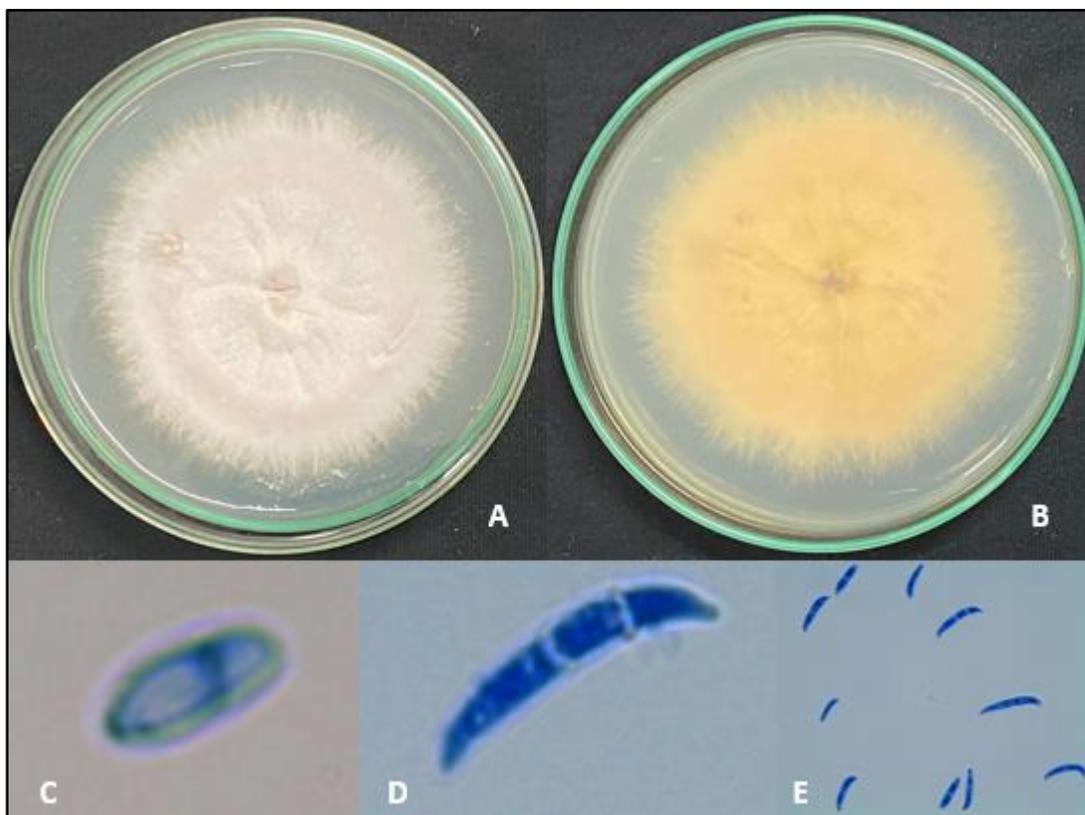


Figura 9. Caracterización morfológica y reproductivas de *F. oxysporum* f. sp. *cubense* obtenido a partir de raíces de *Echinochloa colona* aislado con inmersión en hipoclorito al 2%. **A.** Anverso de la colonia. **B.** Reverso de la colonia, 7 días de crecimiento en medio de PDA a 30°C. **C.** Microconidias (15,15 μm x 5,16 μm). **D.** Macroconidias (49,25 μm x 5,82 μm). **E.** Observación de macroconidias a 100 x.

En la tabla 5, se pueden observar las características morfológicas cuantitativas que confirman las diferencias morfológicas de los aislamientos endófitos, donde el ancho de macroconidias y microconidias presentando diferencias significativas ($P \leq 0,05$)

Tabla 5. Resumen de caracteres morfológicos cuantitativos de las cepas endofíticas *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense*.

Aislamientos	Macroconidias		Microconidias		
	<i>Foc</i>	Largo μm	*Ancho μm	Largo μm	*Ancho μm
1-P2		40,84 \pm 10,40 (30,44 – 51,24)	9,77 \pm 2,11a (7,66 – 11,88)	12,52 \pm 0,56 (11,96 – 13,08)	6,44 \pm 0,56b (5,88 – 7,00)
2-P2		43,66 \pm 6,42 (37,24 – 50,08)	9,94 \pm 1,43a (8,51 – 11,37)	19,35 \pm 4,20 (15,15 – 23,55)	8,17 \pm 1,06a (7,11 – 9,23)
3-P1		51,90 \pm 8,68 (43,22 – 60,58)	8,40 \pm 0,37a (8,03 – 8,77)	16,80 \pm 5,70 (11,1 – 22,5)	5,56 \pm 1,37b (4,19 – 6,93)
3-P2		49,24 \pm 11,78 (37,46 – 61,02)	5,82 \pm 0,53b (5,29 – 6,35)	15,15 \pm 11,78 (3,37 – 26,93)	5,16 \pm 0,57b (5,73 – 5,73)

*Análisis de varianza con nivel de significancia $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$.

Las letras iguales muestran que no hay diferencias significativas.

2.3. Relación maleza – patógeno

Para establecer la relación maleza – patógeno se realizó un análisis de índices de valor de importancia vs. la presencia de *Foc*.

En el análisis se ordenaron las especies en función del IVI de mayor a menor. En la tabla 7 se pueden observar las especies de malezas muestreadas ordenadas en función del IVI (a partir de cobertura) de mayor a menor. Se puede observar que la especie de mayor IVI (*C. erecta*), no hubo crecimiento del hongo. No obstante, las dos especies de menor valor de importancia (*E. hirta* y *A. spinosus*) presentaron crecimiento en medio de cultivo y estructuras reproductivas del hongo (Tabla 7).

Tabla 5. Índices de valor de importancia vs. presencia de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense*

Especies	Frecuencia relativa %	Densidad relativa %	Dominancia (cobertura) relativa %	IVI	Presencia a <i>Foc</i>
<i>Commelina erecta</i>	35	38,95	29,70	103,65	
<i>Tridax procumbens</i>	25	25,45	13,56	64,01	

<i>Echinochloa colona</i>	5	2,27	37,66	44,93	Si
<i>Cyanthillium cinereum</i>	15	12,88	8,79	36,66	
<i>Euphorbia hirta</i>	15	11,36	6,53	32,89	Si
<i>Amaranthus spinosus</i>	5	9,09	3,77	17,86	Si

En la comparación de presencia del hongo e IVI según peso seco, Se observa que tres especies que presentaron crecimiento en medio de cultivo y estructuras reproductivas del hongo son las de menor importancia dentro de la parcela de estudio (Tabla 8).

Tabla 6. Índices de valor de importancia vs. presencia de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense*.

Especies	Frecuencia relativa %	Densidad relativa %	Dominancia (peso seco) relativa %	IVI	Presencia Foc
<i>Commelina erecta</i>	35	38,95	32,33	106,28	
<i>Tridax procumbens</i>	25	25,45	31,58	82,03	
<i>Cyanthillium cinereum</i>	15	12,88	19,92	47,80	
<i>Euphorbia hirta</i>	15	11,36	9,77	36,14	Si
<i>Amaranthus spinosus</i>	5	9,09	4,14	18,22	Si
<i>Echinochloa colona</i>	5	2,27	2,26	9,53	Si

3. Discusión

3.1. Problemática de malezas

En este estudio las especies muestreadas en la parcela del cultivo de plátano fueron *E. hirta*, *A. spinosus*, *E. colona*, *C. cinereum*, *T. procumbens* y *C. erecta*. Estas especies de malezas junto con otro amplio grupo de especies han sido inventariadas y descritas en zonas productoras del cultivo de banano en el departamento del Magdalena (Quintero-Pertúz et al., 2020).

La ponderación de las especies evaluadas en el presente estudio se determinó bajo el índice de valores de importancia – IVI, resultados que coincidieron con lo reportado por Quintero-Pertúz et al. (2021), quienes comentan que de las especies destacadas en los registros de malezas para banano en las diferentes zonas agroecológicas del Magdalena, se encuentra la familia Commelinaceae, específicamente la especie *Commelina erecta*, importancia dada debido a la dominancia relativa (expresado en biomasa) y densidad relativa. Estos parámetros indican gran capacidad para colonizar y competir por recursos con otras especies y el cultivo (Vaz de Melo et al. 2007).

C. erecta es una planta perenne y postrada o ascendente, sus tallos son ramificados y producen raíces adventicias en los nudos usualmente glabros. Es una especie común en cultivos, rastrojos, pastizales; los lugares húmedos y sombreados favorecen el crecimiento de esta planta, (Torrez, 2011). De acuerdo a lo descrito por diferentes autores la especie se propaga vegetativamente, lo que le confiere a la especie características de maleza invasora (Mantilla et al., 1984; Torrez 2011). La habilidad competitiva de *C. erecta*, se atribuye a su alta variabilidad intraespecífica, debido a las diferentes respuestas fenotípicas y los cambios morfológicos que presenta (Panigo et al. 2012).

Las especies que presentaron un menor IVI fueron *A. spinosus* (dominancia según cobertura) y *E. colona* (dominancia según peso seco), según lo descrito por Quintero-Pertúz et al. (2021), una de las especies de menor importancia registradas para banano del departamento de Magdalena fue *E. colona*, esto es debido a la poca presencia de la especie dentro de las zonas evaluadas.

3.2. Descripción morfológica de los aislamientos endófitos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*.

La diversidad de especies de un patógeno es caracterizada según rasgos morfológicos tales como forma, color y tamaño de la colonia, caracterización de macro y microconidias u otras estructuras reproductivas, entre otras, ayudando en la identificación de una especie. Actualmente, especies muy relacionadas entre sí morfológicamente han sido reclasificadas filogenéticamente utilizando métodos moleculares (Leslie & Summerell, 2006).

La diversidad de especies de *Fusarium spp.* depende del cultivo al cual está asociado y a los hospedantes, de las características fisicoquímicas del suelo, de las condiciones climáticas y de las actividades humanas realizadas en el agroecosistema (Bateman & Murray, 2001; Steinkellner & Langer, 2004)

Foc presenta micelio extendido y parecido a algodonoso con matices rosa a púrpura y en el centro el micelio una tonalidad amarilla. Con macroconidias de varias células ligeramente curvadas o dobladas en los extremos puntiagudos, típicamente en forma de canoa; microconidias unicelulares en forma ovalada u ovoide (Barnett, 1986; Lara, 2009).

Foc es un hongo anamórfico sin una etapa asexual conocida (teleomorfo). El hongo produce macroconidias y microconidias, se producen en estructuras anaranjadas llamadas esporodoquios. Las macroconidias se presentan en forma abundantes y en tamaños aproximados de (27-55 x 3.3-5.5 μm) y las microconidias tienen un tamaño aproximado de (5-16 x 2.4-3.5 μm) (Pérez & dita, 2014). De acuerdo a esto, en los aislamientos endófitos que se obtuvieron, la cepa 3-P2 (*Echinochloa colona* con protocolo 2, inmersión en hipoclorito al 2%) tienen un diámetro aproximado a lo descrito anteriormente por los autores. Sin embargo cabe destacar que los demás aislamientos concuerdan con las características morfológicas del patógeno, aunque presentan algunas diferencias en los anchos de macroconidias y microconidias.

3.3. Relación maleza – patógeno

Fusarium oxysporum f. sp. *cubense* es una enfermedad limitante para muchos cultivares, sus huéspedes primarios son bananos y plátanos; sin embargo, otras plantas de la familia Musaceae y del género *Heliconia* pueden ser hospedantes alternos (Ploetz 2006; Stover, 1962; CABI, 2007). De este modo *Foc* también tiene un amplio rango de hospedantes secundarios, tales como las malezas, que pueden estar en condición asintomática, lo que facilita la supervivencia de hongo (Hennessy *et al.*, 2005; Dita *et al.*, 2018).

Algunas de las especies de malezas que han sido reportadas como hospedantes alternos de diferentes razas del patógeno son *Paspalum fasciculatum*, *Panicum purpurescens*, *Ixophorus unisetus*, *C. erecta*, *Ensete ventricosum*, en América Central y *Amaranthus spp.* en Australia (Dita *et al.*, 2018; Wardlaw, 1972), además se encontró reportes en las raíces de *Chloris inflata*, *Euphorbia heterophylla*, *Cyanthillium cinereum* y *Tridax procumbens*, que crecen en plantaciones de bananos infestadas en Australia (Hennessy *et al.*, 2005).

En esta investigación las especies de las cuales se logró obtener aislamientos característico del patógeno fueron *E. hirta*, *A. spinosus* y *E. colona*. Estos aislamientos concuerdan con lo descrito por Salinas *et al.* (2019), en donde recolectaron especies de malezas en Mindanao – Filipinas; las cuales fueron identificadas como huéspedes alternos de *Foc*. Entre las especies identificadas como hospederos del patógeno se encuentran las mencionadas anteriormente.

5. Conclusiones

De las especies estudiadas en la plantación “Si me dejan” ubicada en el sector Macondo – Zona Bananera del departamento del Magdalena, *Commelina erecta* conforme a los índices de valor de importancia presente los mayores valores más altos.

Se pudieron obtener e identificar cuatro aislamientos endófitos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* a partir de raíces de tres especies de malezas asociadas a plátano; tres mediante el protocolo P2 (Hipoclorito de Sodio al 2%) y uno a través del protocolo P1 (Metanol al 96%).

Los aislados endófitos de *F. oxysporum* f. sp. *ubense* se obtuvieron de las especies de malezas *Euphorbia hirta*, *Amaranthus spinosus* y *Echinochloa colona*, asociadas al cultivo de plátano, siendo potencialmente hospedantes alternos para este patógeno en el departamento del Magdalena.

A. Anexo: Muestreo sistemático en zig-zag en la parcela (si me dejan) en Macondo – Zona Bananera en el departamento del Magdalena.



Bibliografía

- Acrónimo de Centre for Agricultural Bioscience International. CABI (CAB International). (2007). Crop Protection Compendium. Wallingford, UK. www.cabi.org/isc.
- Acrónimo de Centre for Agricultural Bioscience International. CABI. (2020). Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. www.cabi.org/isc.
- 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. *ubense* (*Foc*) causing Fusarium wilt in banana. *Biological Control*, 57(3), 175–183. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.02.010>
- Álvarez. E. (2018). CULTIVO DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*). http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Guia%20Centa_Platano%202019.pdf
- Amaya, S., Rosenstiehl, A., Ruedas, A. (2019). Estrategias para la internacionalización para las cooperativas del sector bananero del Departamento del Magdalena. Universidad cooperativa de Colombia. [Tesis de pregrado] Santa Marta, Colombia. Repositorio institucional UCC.
- Barnett, H. (1986). *illustrated genera of imperfect fungi*.
- Bateman, G. L. y Murray, G. (2001). Seasonal variation in populations of *Fusarium* species in wheat-field soil. *Applied Soil Ecology*, 18:117-128
- Belalcázar, S., J. Toro y R. Jaramillo. (1991). El cultivo del plátano (*Musa AAB* Simmonds) en el trópico. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Subgerencia de Investigación; Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID).

Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (INIBAP), Cali, Colombia. 376 p.

- Belgrove, A., Steinberg, C., & Viljoen, A. (2011). Evaluation of nonpathogenic *Fusarium oxysporum* and *Pseudomonas fluorescens* for Panama disease control. *Plant Disease*, 95(8), 951–959. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-10-0409>
- Bermúdez, I. (2014). Herramientas biotecnológicas para el combate de la raza 4 Tropical de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* en *Musa spp* . *Biotecnología Vegetal*, 14(4), 195–202.
- Bosland, P. W. 1988. *Fusarium oxysporum* a pathogen of many plant species. *Advances in plant pathology*. 6: 281- 289
- CABI (CAB Internacional). (2007). Compendio de protección de cultivos. Wallingford, Reino Unido.
- Dita, MA, Echegoyen, PE y Pérez-Vicente, L. (2013). Plan de contingencia ante un brote de la raza 4 tropical de *Fusarium oxysporum* F. sp. *cubense* en un país de la región del OIRSA. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria - OIRSA. 155pp. San Salvador, El Salvador, julio de 2013.
- Dita, M. A., Pérez, V. L., & Martínez De La Parte, E. (2014). Inoculation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* causal agent of fusarium wilt in banana. Technical Manual: Prevention and diagnostic of Fusarium Wilt of banana caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *Tropical Race*, 4(May), 1–74.
- Dita, M., M. Barquero, D. Heck, E.S.G. Mizubuti, and C.P. Staver. (2018). Fusarium wilt of banana: current knowledge on epidemiology and research needs toward sustainable disease management. *Front. Plant Sci.* 9:1468. doi:10.3389/fpls.2018.01468

- Escalante, R. (2004). El Plátano *Musa* spp. Su cosecha y pos cosecha en la cadena agroindustrial. *El Plátano Musa Spp. Su Cosecha y Pos Cosecha En La Cadena Agroindustrial.*, 40.
- Freddy Magdama. (2019). *Fusarium oxysporum* - El hongo más temido en la industria del banano. *Ecuador es calidad: Revista Científica Ecuatoriana*, 6(1). Recuperado a partir de <https://revistaecuadorestcalidad.agrocalidad.gob.ec/revistaecuadorestcalidad/index.php/revista/article/view/61>
- Gordon, T. R., & Martyn, R. D. (1997). The evolutionary biology of *Fusarium oxysporum*. *Annual Review of Phytopathology*, 35(1), 111–128. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.35.1.111>
- Gordon T. R. (2017). *Fusarium oxysporum* and the Fusarium Wilt Syndrome. *Annual review of phytopathology*, 55, 23–39. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080615-095919>
- Haarer, A. E. (1962). Book Review: Banana Diseases, including Plantains and Abaca. *Outlook on Agriculture*, 3(6), 289–290. <https://doi.org/10.1177/003072706200300614>
- Hennessy, C., Walduck, G., Daly, A., & Padovan, A. (2005). Weed hosts of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 in northern Australia. *Australasian Plant Pathology*, 34(1), 115–117. <https://doi.org/10.1071/AP04091>
- Holdridge, L. (1978). Ecología basada en zonas de vida. <http://www.cct.or.cr/contenido/wp-content/uploads/2017/11/Ecologia-Basada-en-Zonas-de-Vida-Libro-IV.pdf>

- Jones, D. R, (1999). *Diseases of banana, abacá, and enset*. CABI Pub, Wallingford, Oxon, UK.
- Lara, D. (2009). *Uso de bacterias endofíticas para el control biológico del Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*) en el cultivar Gros Michel (AAA)*.
- Leslie, J. y Summerell, S. (2006). *The Fusarium laboratory manual*. Ed. Blackwell Publi. Iowa, USA. 388.
- López-Zapata, S., 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. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2), e1240. Epub December 31, 2019. <https://dx.doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1240>
- Luque, R., & Estrada, J. (2004). Anatomía de Commelinaceae presentes en un cultivo de papas (*Solanum tuberosum* L.) en Mérida, Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*, 28, 181–196.
- Mantilla, G., Perez, u., Vives, J. (1984). Identificación de malezas en fincas cultivadas con banano en la Zona Bananera del Magdalena (Region de la Aguja). Tesis de pregrado.
- Martínez-Solórzano, G. E., Rey-Brina, J. C., Pargas-Pichardo, R. E., & Enrique-Manzanilla, E. (2020). Fusarium wilt by tropical race 4: Current status and presence in the American continent. *Agronomy Mesoamerican*, 31(1), 259–276. <https://doi.org/10.15517/am.v31i1.37925mart>
- Panigo, ES; Dellaferrera, IM; Acosta, JM; Bender, AG; Garetto J; Perreta, MG. 2012. Glyphosate-induced structural variations in *Commelina erecta* L. (Comelinaceae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 76, 135–142. doi:10.1016/j.ecoenv.2011.10.002.

- Pérez, V., & Dita, M. (2014). *Fusarium Wilt of Banana or Panama Disease by Fusarium oxysporum f. sp. cubense: A Review on History, Symptoms, Biology, Epidemiology and Management*.
- Pérez Salas, R. A., Tapia Fernández, A. C., Soto, G., & Benjamin, T. (2013). "Efecto del Bio-carbón sobre *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* y el desarrollo de plantas de banano (*Musa AAA*)." *InterSedes*, 14(27), 64–100. <https://doi.org/10.15517/isucr.v14i27.10408>
- Ploetz, R. C. (2006). Fusarium wilt of banana is caused by several pathogens referred to as *Fusarium oxysporum f. sp. cubense*. *Phytopathology*, 96(6), 653–656. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0653>
- Ploetz, R. C., Kema, G. H. J., & Ma, L.-J. (2015). Impact of Diseases on Export and Smallholder Production of Banana. *Annual Review of Phytopathology*, 53(1), 269–288. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080614-120305>
- Quintero-Pertúz I, Carbonó-Delahoz E, Jarma-Orozco A. 2020. Weeds associated with banana crops in Magdalena department, Colombia. *Planta Daninha*. 38:020217466. doi: <https://doi.org/10.1590/s0100-83582020380100015>
- Quintero-Pertúz I, Carbonó-Delahoz V. Hoyos, E, Jarma-Orozco A. G. Plaza. 2021. Fitosociología de malezas en plantaciones bananeras en el departamento del Magdalena, Colombia. *Caldasia*. 43(1): 80-93. doi: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v43n1.83554>
- Sánchez-Espinosa, A. C., Villarruel-Ordaz, J. L., & Maldonado-Bonilla, L. D. (2020). The cause and potential solution to the Fusarium wilt disease in banana plants. *Terra Latinoamericana*, 38(2), 435–442. <https://doi.org/10.28940/TERRA.V38I2.617>

- Steinkellner, S. y Langer, I. (2004). Impact of tillage on the incidence of *Fusarium* spp. in soil. *Plant Soil*, 267:13-22
- Stover, RH. (1962). Marchitez por *Fusarium* (enfermedad de Panamá) de bananos y otras especies de *Musa*. Kew, REINO UNIDO. Instituto Micológico de la Commonwealth. 177 p.
- Stover, R. (1989). No Title. In T. A. P. S. Press (Ed.), *Fusarium wilt of banana: some history and current status of the disease*. (pp. 1–7). APS Press St.Paul, Minnesota USA. <http://www.cabi.org/isc/abstract/19912306690>
- Torrez, E. (2011). Niveles de compost sobre la dinámica de arvenses, artrópodos y rendimiento, en época seca, en el cultivo de nopal (*Opuntia ficus indica* L. Miller) Diriamba, Carazo, 2009. Tesis de pregrado.
- Valencia, D., Lara, D. (2009). Control de Población en Plantación Establecida de Banano (*Musa sapientum* L) Mediante el Método de Cuadrícula en la Hda `María Isabel` ubicada en el Cantón Milagro provincia del Guayas. [Tesis de Grado], Guayaquil, Ecuador. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/2777>
- Vargas, A., Watler, W., Morales, M., & Vignola, R. (2017). Ficha técnica cultivo de banano. *Catie*, 2(21), 1–56.
- Vaz de Melo, A; Galvão, J; Ferreira, LR; Miranda, GV; Tuffi Santos, LD; Santos, IC; Souza, IV. (2007). Dinâmica populacional de plantas daninhas em cultivo de milho-verde nos sistemas orgânico e tradicional. *Planta Daninha* 25, 521-527.
- Vcg, E., Vcg, T., *Fusarium*, D., Race, D., Disease, C. H., Race, R., & See, R. (2020). *Fusarium oxysporum*. 1–7.
- Wardlaw, CW 1972. Enfermedades del banano: incluyendo plátano y abacá. Londres, Reino Unido. Longman. 878 págs.

