



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente Práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, como requisito previo a la obtención del título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

“Medidas de prevención en el manejo de la enfermedad del mal de panamá (*Fusarium oxysporum* R4T) en el cultivo de banano”

**AUTOR:**

Aurelio Rufino Arias Aguirre

**TUTOR:**

Ing. Agr. Cristina Evangelina Maldonado Camposano, MBA.

Babahoyo- Los Ríos - Ecuador

2021

## RESUMEN

El banano se constituye en el cuarto cultivo de alimentación más importante del mundo, su comercialización a nivel mundial se produce en más de 1000 variedades de banano, reportándose en el 2019 una producción mundial de 115.70 millones de toneladas. La producción mundial del banano se encuentran amenazada por la rápida dispersión del hongo fitopatógeno, *Fusarium oxysporum* R4T, el mismo que tiene la capacidad de ocasionar en clones de Cavendish, la enfermedad conocida como marchitez del banano o mal de panamá, capacidad que no poseen las razas 1 y 2, en donde los clones de Cavendish presentan resistencia a tales razas. Este patógeno se logra diseminar fácilmente a través del movimiento de material de propagación y residuos de banano infectados. Se propaga a través del suelo, en contacto a los implementos de siembra y los vehículos. Los materiales infectados junto con las esporas del patógeno son transportados hacia los canales de drenaje por el agua de lluvia y por medio del agua de riego estas esporas infectan nuevas áreas de interés agrícola. La información obtenida fue efectuada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con la finalidad de que el lector conozca sobre la importancia de las medidas de prevención en el manejo de la enfermedad del mal de panamá (*F. oxysporum* R4T) en el cultivo de banano. Por lo anteriormente detallado se determinó que las medidas de control fitosanitarias están establecidas por la Agencia de Vigilancia Fitosanitaria de cada país, para prevenir el ingreso de cualquier plaga cuarentenaria, es el caso de *F. oxysporum* f. sp. cubense RT4, las mismas que deben ser aplicadas de forma estratégica para mitigar una afectación significativa en la producción de banano de exportación.

**Palabras claves:** Banano, patógeno, dispersión, medidas de prevención

## SUMMARY

Banana is the fourth most important food crop in the world, its commercialization worldwide is produced in more than 1000 varieties of banana, reporting in 2019 a world production of 115.70 million tons. The world production of bananas is threatened by the rapid dispersal of the phytopathogenic fungus, *Fusarium oxysporum* R4T, which has the capacity to cause in Cavendish clones, the disease known as banana wilt or panama disease, races 1 and 2, where the Cavendish clones show resistance to such races. This pathogen is easily spread through the movement of infected planting material and banana residues. It spreads through the soil, in contact with planting implements and vehicles. The infected materials together with the spores of the pathogen are transported to the drainage channels by rainwater and through irrigation water these spores infect new areas of agricultural interest. The information obtained was carried out by means of the analysis, synthesis and summary technique, in order for the reader to know about the importance of preventive measures in the management of the disease Panama disease (*F. oxysporum* R4T) in cultivation. banana. For the above detailed it was determined that phytosanitary control measures are established by the Phytosanitary Surveillance Agency of each country, to prevent the entry of any quarantine pest, in the case of *F. oxysporum* f. sp. *cubense* RT4, which must be strategically applied to mitigate a significant impact on export banana production.

**Keywords:** banana, pathogen, dispersal, prevention measures.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I .....	3
MARCO METODOLÓGICO .....	3
1.1. Definición del tema caso de estudio .....	3
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación .....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Fundamentación teórica.....	4
1.5.1. Importancia del mal de panamá <i>F. oxysporum</i> f. sp. cubense raza 4 tropical.....	4
1.5.2. <i>F. oxysporum</i> f. sp. cubense raza 4 tropical.....	5
1.5.3. Distribución geográfica de <i>F. oxysporum</i> f. sp. cubense raza 4 tropical .....	6
1.5.4. Identidad del mal de panamá RT4.....	7
1.5.5. Clasificación taxonómica de <i>F. oxysporum</i> f. sp. cubense raza 4 tropical .....	7
1.5.6. Descripción morfológica .....	8
1.5.7. Síntomas y daños .....	8
1.5.8. Epidemiología .....	9
1.5.9. Diseminación .....	10
1.5.10. Medidas fitosanitarias.....	11
1.5.10.1. Monitoreo o muestro.....	11
1.5.10.2. Control cultural .....	11
1.5.10.3. Control genético .....	12
1.5.10.4. Control químico .....	12
1.5.10.5. Control preventivo .....	13
1.5.10.5.1. Construcción de pediluvios .....	13
1.5.10.6. Exclusión.....	13

1.5.10.6.1. Medidas fitosanitarias para material vegetal de propagación .....	14
1.5.10.6.2. Desinfección de maquinaria agrícola y caminera usada.....	14
1.5.10.6.3. Medidas fitosanitarias en puntos de entrada .....	15
1.5.10.6.4. Tratamiento de calzado .....	15
1.5.10.6.5. Control de medios de transporte .....	15
1.5.10.6.6. Tratamiento Fitosanitario.....	16
1.5.10.6.7. Medidas Fitosanitarias en lugares de producción.....	16
1.5.10.7. Medidas preventivas para disminuir el riesgo de introducción y dispersión de <i>F. oxysporum</i> f. sp. cubense RT4 .....	17
1.6. Hipótesis .....	17
1.7. Metodología de la investigación .....	18
CAPITULO II .....	19
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
2.1. Desarrollo del caso .....	19
2.2. Situaciones detectadas .....	19
2.3. Soluciones planteadas .....	20
2.4. Conclusiones .....	20
2.5. Recomendaciones .....	21
BIBLIOGRAFÍA .....	22

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> La distribución geográfica de <i>F. oxysporum</i> f. sp. cubense raza 4 tropical.....	6
---	---

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Estructuras reproductivas de *F. oxysporum* f sp. cubense.....26
- Figura 2.** Plantas de banano con las jóvenes erizadas y el resto de las hojas suspendidas del pseudotallo en forma de falda.....26
- Figura 3.** Pseudotallo de banano con una coloración café en forma de anillo.....27
- Figura 4.** Corte transversal del rizoma infectado, con manchas y filamentos blancos amarillos.....27

## INTRODUCCIÓN

El banano se constituye en el cuarto cultivo de alimentación más importante del mundo, su comercialización a nivel mundial se produce en más de 1000 variedades de banano, reportándose en el 2019 una producción mundial de 115.70 millones de toneladas, en donde Ecuador desde hace 25 años es el líder en la exportación de banano, representando el 40 % de la exportación mundiales, al igual que otros países presentes en el mercado del banano: Filipinas, Guatemala, Costa Rica, Colombia, India, China y Brasil, convirtiendo a América Latina como el continente más importante de producción (FAO 2020).

Ecuador en el 2020 la superficie cosechada de banano fue de 160.6 miles de hectáreas, registrando un crecimiento de 2.8 % respecto al año 2019. El banano de exportación está localizado en la Región Costa, en la provincia de Los Ríos, El Oro y el Guayas, representando el 86% de la superficie nacional cosechada de banano; mientras en la Región Sierra existe una participación del 9.7 %. La producción anual fue de 6.0 millones de toneladas, en la cual Los Ríos es la provincia que mayor producción posee a nivel nacional, con una participación del 41.4 % (INEN 2021).

La producción mundial del banano se encuentran amenazada por la rápida dispersión del hongo fitopatógeno, *Fusarium oxysporum* R4T, el mismo que tiene la capacidad de ocasionar en clones de Cavendish, la enfermedad conocida como marchitez del banano o mal de panamá, capacidad que no poseen las razas 1 y 2, en donde los clones de Cavendish presentan resistencia a tales razas (García *et al.* 2020).

Existen países miembros de la Comunidad Andina tales como Perú, Colombia Ecuador y Bolivia, en donde el R4T tiene la categoría de plaga cuarentenaria, generando una gran preocupación para el sector bananero, teniendo en cuenta que se producen cerca de 10.6 millones de toneladas de banano (Salazar 2020).



El mal de panamá en el 2019 fue reportado en Colombia, de acuerdo a la notificación realizada por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), mediante sus sistemas de alertas, hecho que hace relucir su importancia de prevención de su llegada al Ecuador, debido a que Colombia es un país cercano a nuestro territorio nacional (López y Castaño 2019).

Es por ello que se han establecido medidas de prevención tales como acciones que incluyen la comunicación del riesgo y el diagnóstico confiable y oportuno. La disponibilidad de metodologías de diagnóstico del mal de panamá es un factor crítico para lograr una detección temprana de la enfermedad.

El presente trabajo se desarrolló para adquirir los conocimientos sobre las medidas de prevención de la enfermedad del mal de panamá (*F. oxysporum* R4T) en el cultivo de banano.

# CAPITULO I

## MARCO METODOLÓGICO

### 1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente documento trata sobre la temática correspondiente a las medidas de prevención de la enfermedad del mal de panamá (*F. oxysporum* R4T) en el cultivo de banano.

Actualmente la producción mundial de banano y plátano se encuentra amenazada por una nueva raza del hongo *F. oxysporum* R4T, agente causal del Mal de panamá, siendo considerada una enfermedad devastadora, debido a que ocasiona síntomas de marchitez y muerte de la planta, permaneciendo por décadas en el suelo, haciendo difícil su manejo.

### 1.2. Planteamiento del problema

El mal de panamá, es causada por el hongo *F. oxysporum* R4T, el mismo que es transmitido por medio del suelo. Es considerada una de las enfermedades más destructivas del banano en el mundo, afectando principalmente la variedad Cavendish. La enfermedad puede propagarse a través de materiales vegetales, esporas y partículas del suelo infestadas adheridas en herramientas agrícolas, zapatos y vehículos. Al igual que el riego y las inundaciones juegan un papel crítico en la propagación.

### 1.3. Justificación

El mal de panamá (*F. oxysporum* R4T) podría afectar a más del 70 % del comercio mundial del banano, limitando 12.3 millones de habitantes que viven directamente del cultivo de 1.3 millones de hectáreas que existen en Latinoamérica. Debido a la problemática que existe por la rápida dispersión del

hongo fitopatógeno de la enfermedad del mal de panamá (*F. oxysporum* R4T) en las zonas productoras de banano, es importante conocer las estrategias de prevención y control para el hongo *F. oxysporum* R4T.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Detallar información sobre las medidas de prevención en el manejo de la enfermedad del mal de panamá (*F. oxysporum* R4T) en el cultivo de banano.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Describir la sintomatología causada por el mal de panamá (*F. oxysporum* R4T) en el cultivo de banano.
- Determinar las estrategias de prevención para el hongo *F. oxysporum* R4T.

#### **1.5. Fundamentación teórica**

##### **1.5.1. Importancia del mal de panamá *F. oxysporum* f. sp. cubense raza 4 tropical**

*F. oxysporum* f. sp. cubense, es considerado el patógeno más destructivos del cultivo de musáceas en todo el mundo. Reportado por primera vez en Panamá en el año 1940, afectando a más de 50.000 ha de cultivo y ocasionando pérdidas de \$2'300,000.00 dólares (SENASICA 2016).

El patógeno *F. oxysporum* f.sp. cubense raza1 (FocR1T) genero una gran epidemia que impactó de forma negativa en la industria bananera de exportación de la variedad Gros Michel, provocando la desaparición de la mayoría de las plantaciones comerciales en la década de los años 50's a los 60's (OIRSA 2017).

Se realizaron muchos esfuerzos para mantener la variedad de exportación de Gros Michel, en donde no fue posible encontrar un método de control para la enfermedad, debido a su alta agresividad y persistencia del hongo en el suelo,

motivo por la cual las variedades susceptibles tuvieron que ser sustituidas por variedades resistentes del subgrupo Cavendish (AAA) (OIRSA 2017).

Como antecedente de lo sucedido, surgió la aparición de la raza 4 tropical (R4T) en el sudeste asiático a principios de los 90, la cual ataca severamente a las variedades del subgrupo Cavendish en condiciones de los trópicos y subtropicos, representando una seria amenaza para la industria bananera de América Latina y el Caribe. FOC R4T se torna extremadamente severa, debido a que además de afectar de las variedades del grupo Cavendish, afecta variedades importantes para la seguridad alimentaria y generación de ingresos, entre las cuales están los plátanos, bananos de cocción tipo Bluggoe (ABB), Gros Michel (AAA), Prata (AAB) y Manzano (AAB) (INIAP 2018).

El patógeno *F. oxysporum* f. sp. cubense raza 4 tropical es considerada una plaga clasificada como cuarentenaria por la European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO), Caribbean Plant Protection Commission (CPPC), Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO), y el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), debido a su alto riesgo de establecimiento en áreas donde esta enfermedad no está presente. Es importante conocer las medidas de cuarentena, mismas que son esenciales para prevenir su asentamiento donde no existe esta plaga (OIRSA 2017).

### **1.5.2. *F. oxysporum* f. sp. cubense raza 4 tropical**

El RT4 incluye aquellas cepas capaces de infectar las variedades del grupo Cavendish, que es resistente a las cepas asociadas inicialmente con el Mal de Panamá en los años 1950s y que decimaron cultivos de Gros Michel alrededor del mundo. Más recientemente se ha avanzado en el conocimiento de la diversidad del hongo y las cepas se han venido clasificando también de acuerdo con grupos de compatibilidad vegetativa (VCG), que poseen habilidad para fusionar hifas y formar una célula somática que contiene dos o más núcleos de procedencia genética distinta). Cada VCG posee características de agresividad y de los cultivares que afecta más fácilmente. El VCG que se asocia con RT4 es el VCG01213/16 y que es considerado como la mayor amenaza a la producción de

banano a nivel mundial, debido su amplio rango de hospederos, letalidad y persistencia en el suelo. Los VCGs comparten los mismos alelos de los genes que controlan la formación del heterocarión, en donde cada VCG se le asignan códigos de cuatro a cinco dígitos. Los primeros tres dígitos identifican la forma especial de la especie, como 012 para la *f.sp. cubense* específica de banano (Rodríguez 2020).

### 1.5.3. Distribución geográfica de *F. oxysporum f. sp. cubense* raza 4 tropical

La raza 4 tropical (R4T), clasificada recientemente como *F. odoratis-simum*, surgió en el sudeste asiático, amenazando los cultivares de bananos del grupo Cavendish y muchas otras variedades de importancia económica. Actualmente, esta especie es la principal amenaza para la producción global de banano, ya que se ha extendido a otras regiones fuera del sudeste asiático, incluso a países en el medio este, el subcontinente de la India, África en donde es un alimento de la dieta básica, al igual que en Colombia en donde ha sido recientemente reportado y la cual es una región de primordial importancia para la industria mundial de exportaciones (Ordóñez *et al.* 2015).

La distribución geográfica de *F. oxysporum f. sp. cubense* raza 4 tropical se detalla en la siguiente tabla 1., según CABI (2018):

**Tabla 1.** La distribución geográfica de *F. oxysporum f. sp. cubense* raza 4 tropical.

<b>África</b>	<b>América</b>	<b>Asia</b>	<b>Oceanía</b>	<b>Europa</b>
Mozambique Sudáfrica	Colombia	Taiwán, Malasia, Indonesia, China, Filipinas, Jordania, Vietnam, Laos, Pakistán, Jordania, Birmania	Papúa Nueva Guinea, Australia (Queensland y Tully)	España (Islas Canarias)

En el año 2013 se detectó *F. oxysporum f. sp. cubense* raza 4 tropical en el país Mozambique, en la antigua hacienda Matanuska y posteriormente en las haciendas de Jacaranda a lo largo del río Lurio en la provincia de Nampula en el

año 2014. El gobierno de Mozambique cuenta con escasos recursos económicos e infraestructura para hacerle frente a la enfermedad, sin embargo, ha recibido apoyo logístico y económico de organizaciones internacionales como FAO y USDA para la capacitación de sus técnicos, difusión de información e implementación de señaléticas en zonas vulnerables, así como la implementación de medidas de contención que son ejecutadas por los dueños de las haciendas bajo supervisión del gobierno (Tazan 2019).

#### **1.5.4. Identidad del mal de panamá RT4**

Nombre científico: ***F. oxysporum* f. sp. cubense raza 4 tropical**

**Nombre común: Español:** Fusariosis de la musáceas.

**Ingles:** Banana Wilt; Fusarium wilt of banana; vascular wilt of banana and abarca.

**Frances:** Fusariose du bananier.

#### **1.5.5. Clasificación taxonómica de *F. oxysporum* f. sp. cubense raza 4 tropical**

El hongo *F. oxysporum* f. sp. cubense raza 4 tropical presenta la siguiente clasificación taxonómica, según (Pen et al. 2014):

**Phylum:** Ascomycota

**Subphylum:** Pezizomycotina

**Clase:** Sordariomycetes

**Orden:** Hypocreales

**Familia:** Nectriaceae

**Género:** Fusarium

**Especie:** *F. oxysporum* f. sp. cubense raza 4 tropical.

### 1.5.6. Descripción morfológica

De acuerdo a su patogenicidad sobre cultivares de banano Awak el hongo *F. oxysporum* f. sp. cubense (Foc) se divide en cuatro razas de acuerdo, la raza 2 infectan a plantas Bluggoe (ABB) y especies relacionadas a bananos de cocción. La raza 3 afecta a *Heliconia* spp. y la raza 4 afecta principalmente al banano en cultivares de banano del grupo Cavendish, al igual que especies susceptibles a la raza 1 y 2. Esta raza es subdividida en Tropical (R4T) y Subtropical (R4S), la misma que afecta a cultivares de banano del grupo Cavendish en regiones subtropicales como Taiwán, Islas Canarias, Sudáfrica y Australia. Mientras que Foc R4T afecta a cultivares de banano del grupo Cavendish en Australia y las regiones tropicales del sur y este de Asia: China, Indonesia, Malasia, y Filipinas (López y Castaño 2019).

*F. oxysporum* es un hongo de carácter anamorfo, su fase sexual (teolomorfo) desconocida, sus cepas no pueden identificarse morfológicamente, generan macroconidios, microconidios y clamidosporas, constituyéndose como mecanismos de dispersión y reproducción dentro de su proceso de infección. Los microconidios tienen una forma ovalada, constituidos por una sola célula, los macroconidios, son ligeramente curvados y delgados, con 4 a 8 células. Micro y macroconidios se producen sobre cortas monofiales ramificadas o no ramificadas. Las clamidosporas son globosas, se forman individualmente o en pares, son estructuras de resistencia del hongo (Anexo, Figura 1), poseen paredes celulares gruesas, en donde su producción es abundante sobre los tejidos infectados en estados avanzados de la enfermedad (Magdama 2019).

### 1.5.7. Síntomas y daños

Los síntomas externos en banano debido a la infección del hongo *F. oxysporum* f. sp. cubense se caracterizan por un amarillamiento uniforme de las

hojas adultas a lo largo del margen foliar, extendiéndose hacia la nervadura central de la hoja, quedando completamente seca y color café, puede manifestarse un agrietamiento en la base del pseudotallo. En la fase inicial los síntomas pueden confundirse con los producidos por deficiencia de potasio, bajo condiciones de sequía y frío. Las hojas se marchitan, quedan suspendidas de la planta y unidas al pseudotallo (Anexos, Figura 2). En algunos cultivares las hojas permanecen verdes hasta que el peciolo se curva y colapsa (Pérez *et al.* 2014).

Los síntomas internos se presentan con un cambio de color de los haces vasculares al cortar las raíces, el cormo o el pseudotallo. Esta decoloración amarilla o café oscura del tejido vascular avanza hacia los haces vasculares del pseudotallo y al raquis. La primera decoloración vascular ocurre en las vainas de las hojas externas del pseudotallo y las más internas cambian de color al final. Al realizar un corte vertical del pseudotallo de una planta infectada por el mal de panamá se observan líneas color café, rojo o amarillo; mientras que en un corte transversal se observan en forma de anillos (Anexos, Figura 3). Al realizar un corte al rizoma proveniente de una planta infectada por *F. oxysporum* f. sp. cubense R4T se observan manchas y filamentos de color amarillo (Anexo, Figura 4) (Gondon 2017).

#### **1.5.8. Epidemiología**

Respecto a la biología, ecología y epidemiología del patógeno, existen pocos estudios realizados, en la cual la relación patógeno - sistema banano Cavendish-Foc R4T aún es desconocido. La raza tropical R4T se distingue de la raza sub-tropical R4S, por su genética distinta y por su rango de hospedantes. La raza tropical R4T infecta plátanos Cavendish en las regiones tropicales tales como sureste de Asia y Australia, mientras que la variante subtropical raza 4 infecta plátanos Cavendish en el sur de África, Australia, Haiwán e Islas Canarias (Maryani *et al.* 2018).



Dentro del proceso de Infección el hongo tiene la habilidad para establecerse de forma sistémica en los vasos del xilema de las plantas de banano, causando una decoloración vascular, amarillamiento y marchitez. En relación a su patogénesis este fitopatógeno infecta los tejidos de la planta hospedante, provocando una secreción de un gel y la formación de tilosas en los haces vasculares, obstruyendo el movimiento del agua hacia el follaje de la planta, lo que origina el amarillamiento, marchitez, muerte y volcamiento de la planta (Ozarlandan y Akgul 2019).

El patógeno sobrevive en el suelo, penetrando a las raíces, desplazándose lentamente hacia el cormo de la planta de banano. La raza tropical R4T produce clamidosporas que son esporas de resistencia que permiten al hongo persistir en el suelo en ausencia de su hospedante, teniendo en cuenta que una vez que el suelo es infestado por este patógeno los cultivares susceptibles no pueden ser replantados de manera exitosa por más de 30 años (Ozarlandan y Akgul 2019).

#### **1.5.9. Diseminación**

El hongo *F. oxysporum* f. sp. cubense R4T, se disemina principalmente a través del movimiento de material de propagación y residuos de banano infectados. Se propaga a través del suelo, en contacto a los implementos de siembra y los vehículos. Los materiales infectados junto con las esporas del patógeno son transportados hacia los canales de drenaje por el agua de lluvia y por medio del agua de riego estas esporas infectan nuevas áreas de interés agrícola. El patógeno puede alojarse en malezas hospedantes sin provocar síntomas visibles de forma enmascarada, permaneciendo en ellas en ausencia de plantas de banano. Al igual que el exceso de humedad en suelos arcillosos pesados con mal drenaje, favorecen el desarrollo y dispersión del patógeno, en cuanto a suelos ácidos y escasos en calcio poseen las condiciones adecuadas para el desarrollo del fitopatógeno (Vásquez y Castaño 2017).

## **1.5.10. Medidas fitosanitarias**

### **1.5.10.1. Monitoreo o muestro**

Se deben establecer rutas de vigilancia en zonas de riesgo, como traspatios, zonas turísticas, centros de acopio, viveros y almacenamiento; en la cual en cada uno de los puntos de vigilancia se deben revisar 5 plantas en su totalidad, con un periodo de revisión quincenal. Se debe realizar un establecimiento de parcelas centinelas en predios definidos de una hectárea, en sitios de riesgo, ejecutando la misma una revisión mensual para buscar síntomas sospechosos o daños ocasionados por *F. oxysporum* f. sp. cubense, al igual que patógenos del banano. La revisión de las plantas debe ser al 100 %, en donde la identificación de las parcelas centinela debe ser de acuerdo al Plan de Contingencia para la prevención, detección y control de *F. oxysporum* f. sp. cubense R4T de cada país donde no existe la enfermedad (Pérez 2018).

En áreas de producción de banano de exportación, para identificar síntomas a causa *F. oxysporum* f. sp. cubense, se debe realizar una revisión visual eficaz en áreas no mayores a 5 ha. La metodología de muestreo debe ser aplicando el método “T” de 20 plantas, considerando el efecto epidémico en el borde y al interior de una plantación bananera, en la cual se deben seleccionar 10 plantas de la primera fila y en la planta 5 y 6 se seleccionan 5 plantas hacia el interior de la plantación seleccionada. Las 20 plantas seleccionadas deben ser evaluadas en forma sistemática 2x2 o 3x3, según el tamaño de la finca (Pérez 2018).

### **1.5.10.2. Control cultural**

El control cultural se lo puede realizar por medio del uso de vitroplantas, debido a que este patógeno se propaga mediante el uso de cormos enfermos. Teniendo en cuenta que la producción de banano debe sustentarse en el uso de

plántulas provenientes de cultivo de tejidos *in vitro*, para mitigar el ingreso de esta plaga cuarentenaria, estableciendo nuevas áreas de cultivo (Dita *et al.* 2018).

La rotación de cultivos es una alternativa de manejo que permite reducir la cantidad de inóculo, en la cual es importante que el cultivo de banano Cavendish debe ser rotado cada 6 años con cultivos de arroz, piña y papaya. Establecer drenes profundos es importante para que faciliten el drenaje de los suelos, mitigando las condiciones que favorezcan el desarrollo de *F. oxysporum* f. sp. cubense R4T (Dita *et al.* 2018).

#### **1.5.10.3. Control genético**

Se han realizados varios estudios de mejoramiento genético con la finalidad de generar clones resistentes a *F. oxysporum* f. sp. cubense R4T, en la cual se ha logrado seleccionar un clon de banano conocido como El Somaclon GCTCV-218 (Formosana), el mismo que representa una alternativa para reemplazar al Cavendish tradicional que conocemos y puede producir hasta un 95% del cultivar William bajo condiciones de buen manejo, tomando en consideración que es más sensible al frío, calor, sequía y exceso de agua (Tazan 2019).

#### **1.5.10.4. Control químico**

Mediante la realización de varios ensayos en condiciones *in vitro*, se han aplicado fungicidas como procloraz y propiconazol, en donde se ha comprobado que inhiben el crecimiento micelial de Foc RT4, a 1 y 5  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ . Al realizar aplicaciones a las raíces de benomil y fungicidas del grupo DMI's como imidazoles (procloraz) y los triazoles (propiconazol y cyproconazol), se ha reportado que reduce de manera significativa la severidad de la enfermedad (Ploetz 2015).

Los fungicidas eficientes, deben ser aplicados bajo un sistema de protección temprana, debido a que el mayor número de casos de la enfermedad ocurren durante los primeros seis meses. Se puede realizar la inmersión de las raíces en fungicidas adecuados en etapa de vivero de las plántulas. Para el

manejo de superficies y sitios de acceso, las sales cuaternarias de amonio, son efectivas a bajas concentraciones y de rápida acción contra conidios de *F. oxysporum* f. sp. cubense R4T, al igual que pueden ser utilizadas para desinfectar equipos, maquinaria, herramientas y alfombras fitosanitarias (Ploetz 2015).

#### **1.5.10.5. Control preventivo**

##### **1.5.10.5.1. Construcción de pediluvios**

El pediluvio una barrera sanitaria importante para prevenir el ingreso de *F. oxysporum* f. sp. cubense R4T a la finca o predio, al igual que permite eliminar otros patógenos como Moko (*Ralstonia solanacearum*), pudriciones de cormo y pseudotallo (*Erwinia*) y nematodos. La construcción de los pediluvios debe establecerse en sitios estratégicos tales como: en la entrada principal de la finca y planta empacadora, entre la planta empacadora y el campo, y en otros lugares específicos que así lo requiera, según la conformación de la finca. Los pediluvios deben tener las siguientes dimensiones de 1.00 m de largo por 0.50 m de ancho y 0.08 m de alto (40 L de capacidad) con una supervisión constante, que permita contener una espuma de 5.10 cm de alto y al menos 30 L de solución desinfectante (Cedeño 2020).

##### **1.5.10.6. Exclusión**

Las medidas fitosanitarias que permitan mantener ausente a *F. oxysporum* f. sp. cubense R4T en un país donde no se encuentre presente, requiere que en un área reglamentada la Agencia de Vigilancia Fitosanitaria de cada país, aplique ciertas medidas de control a las plantas, productos vegetales y otros artículos reglamentados que constituyen vías de ingreso del patógeno, mismo que han sido determinado a través del Análisis de Riesgo de Plagas (ARP) de Foc R4T. Estas medidas establecidas mediante una aplicación técnica pueden ser las siguientes, según AGROCALIDAD (2020):

1. Reglamentación de la plaga en la lista de plagas cuarentenarias. Especificación de requisitos fitosanitarios de importación al material propagativo. Desinfección de contenedores, maquinaria agrícola y caminera usada, implementos agrícolas, vehículos y calzado de pasajeros.
2. Control de equipaje de pasajeros internacionales en puntos de entrada.
3. Implementación de estructuras físicas de desinfección y procedimientos en puntos de entrada y puntos de control internos (pediluvios, arcos de desinfección y rodiluvios).
4. Implementación de medidas fitosanitarias de bioseguridad en los lugares de producción.
5. Capacitación y divulgación de la importancia de la plaga y de las medidas fitosanitaria de exclusión.
6. Aplicación de tratamientos fitosanitarios.
7. Vigilancia Fitosanitaria específica.
8. Otras determinadas por la Agencia previa justificación técnica de cada país.

#### **1.5.10.6.1. Medidas fitosanitarias para material vegetal de propagación**

Actualmente la importación de material vegetal propagativo in vitro de musáceas está condicionada por la elaboración y resultados del estudio de Análisis de Riesgo de Plagas, que establece requisitos específicos que mitiguen el riesgo del ingreso de *F. oxysporum* f. sp. cubense R4T (AGROCALIDAD 2020).

#### **1.5.10.6.2. Desinfección de maquinaria agrícola y caminera usada**

Cuando se requiere el ingreso de maquinaria usada, agrícola, caminera, industrial, entre otros, se debe ejecutar un tratamiento fitosanitario de desinfección, con el producto y la dosis establecida por la Agencia de cada país, en donde se aplicará un lavado que permita la eliminación de suelo adherido (AGROCALIDAD 2020).

#### **1.5.10.6.3. Medidas fitosanitarias en puntos de entrada**

Dentro de establecimiento de medidas fitosanitarias que mitiguen el riesgo de ingreso *F. oxysporum* f. sp. cubense R4T, a través de actividades que no son consideradas comerciales, pero son consideradas un riesgo al estar asociadas a las vías determinadas en el ARP de Foc R4T tales como, según (AGROCALIDAD 2020):

1. Ingreso de plantas de musáceas, plantas ornamentales de musáceas, partes vegetales de musáceas (hijuelos o vástagos, rizomas, pseudotallos, rizomas y cormos) en equipaje de acompañamiento.
2. Suelo contaminado adherido al calzado u otro artículo de personas que ingresan al país.
3. Suelo como muestras para investigación.
4. Herramientas y/o equipos contaminados con restos o residuos vegetales.
5. Ingreso de vehículos de transporte con medios de embalaje o contenedores que estuvieron en contacto con suelo infestado.

#### **1.5.10.6.4. Tratamiento de calzado**

En cada país existen puntos de ingreso (terrestre, aéreo, fluvial y marítimo) cada Agencia establece normativa para la implementación y mantenimiento de sistemas de desinfección de calzado (mantas de desinfección, pediluvios, etc.) con la finalidad de mitigar el ingreso de estructuras del hongo *F. oxysporum* f. sp. cubense, que podrían venir adheridas al suelo en el calzado de las personas; el proceso de desinfección en cuanto a productos y dosis se realiza según lo establecido por la Agencia de cada país (AGROCALIDAD 2020).

#### **1.5.10.6.5. Control de medios de transporte**

En los medios de transporte viene adherido suelo que ingresa a un país, constituyéndose en una vía de entrada y dispersión de patógeno; en donde la Agencia de cada país, a través de su normativa técnica controla la desinfección de

los medios de transporte que ingresan, implementando las siguientes medidas según (AGROCALIDAD 2020):

1. Sistemas de desinfección de vehículos livianos y de carga en los puntos de control terrestres.
2. Implementación de arcos de desinfección y rodiluvios para la desinfección del 100% de contenedores que ingresen al territorio nacional, a través de los puertos marítimos, puertos alternos y terminales portuarios.
3. Inspección del medio de transporte para verificar que no ingresen plantas, productos vegetales y otros artículos reglamentados que constituyan una vía para de la plaga.

#### **1.5.10.6.6. Tratamiento Fitosanitario**

Dentro del tratamiento fitosanitario se recomienda la utilización de Amonio Cuaternario de cuarta o quinta generación, para la ejecución de las medidas fitosanitarias de desinfección de calzado, vehículos, herramientas, contenedores y otros artículos reglamentados de acuerdo a la dosis y tiempo establecidos. La Agencia de cada país, por medio de comunicados oficiales y campañas de difusión y basada en investigación a nivel nacional o internacional, tendrá que actualizar los productos y dosis recomendados para la desinfección que permita una rotación en su uso a fin de evitar una resistencia adquirida (AGROCALIDAD 2020)

#### **1.5.10.6.7. Medidas Fitosanitarias en lugares de producción**

Los productores de banano y plátano deben de implementar las medidas fitosanitarias establecidas en la normativa técnica vigente de cada país con riego a la presencia de *F. oxysporum* f. sp. cubense RT4. Deben de zonificar su lugar de producción, estableciendo tres zonas según (AGROCALIDAD 2020):

1. **Exclusión:** limita el ingreso de personal ajeno al lugar de producción

2. **Separación:** registro del ingreso de visitas al lugar de producción, establece sistemas de desinfección de calzado y de vehículos propios del cultivo.
3. **Cultivo:** áreas de desinfección de herramientas, calzado y maquinaria, área para manejo de desechos.

#### **1.5.10.7. Medidas preventivas para disminuir el riesgo de introducción y dispersión de *F. oxysporum* f. sp. cubense RT4**

Se deben de tomar en cuenta las siguientes medidas preventivas para impedir la introducción y dispersión de *F. oxysporum* f. sp. cubense RT4, en plantaciones de banano, según Magdama (2019):

1. Se debe usar material vegetal certificado para siembra.
2. Realizar un cercado a la finca y delimitar sus áreas en zonas de riesgo.
3. Desinfectar el calzado de personas y vehículos que ingresan y salen de la finca.
4. Desinfectar el calzado y herramientas del personal al moverse de un lugar a otro dentro de la finca.
5. Impedir el ingreso de animales domésticos a la finca.
6. Efectuar un control habitual de malezas.
7. Fomentar procesos de capacitaciones al personal de la finca para el reconocimiento de plantas enfermas.
8. Realizar monitoreos continuos en la finca para detección de plantas sospechosas con síntomas de mal de panamá.
9. Si se evidencia plantas enfermas, no se debe mover el material vegetal o suelo a otras áreas; se debe delimitar la zona y contactar a la agencia Nacional de Sanidad Vegetal de su país de origen.

#### **1.6. Hipótesis**



Ho= No es de vital importancia conocer sobre las medidas de prevención en el manejo de la enfermedad del mal de panamá (*F. oxysporum* R4T) en el cultivo de banano.

Ha= Es de vital importancia conocer sobre las medidas de prevención en el manejo de la enfermedad del mal de panamá (*F. oxysporum* R4T) en el cultivo de banano.

### **1.7. Metodología de la investigación**

Para el desarrollo del presente documento se recolectó información bibliográfica de libros, revistas, periódicos, artículos científicos, páginas web, ponencia, congresos, tesis de grado y manuales técnicos.

La información obtenida fue efectuada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con la finalidad de que el lector conozca sobre la importancia de las medidas de prevención en el manejo de la enfermedad del mal de panamá (*F. oxysporum* R4T) en el cultivo de banano.

## **CAPITULO II**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1. Desarrollo del caso**

La finalidad de este documento fue recolectar información referente a la importancia de las medidas de prevención en el manejo de la enfermedad del mal de panamá (*F. oxysporum* R4T) en el cultivo de banano.

El patógeno *F. oxysporum* f. sp. cubense, es una plaga cuarentenaria de importancia económica en muchos países productores de banano de exportación que ya la tienen presente, el mismo que puede sobrevivir en residuos vegetales, en hospedantes alternos, en donde las esporas pueden germinar cuando las condiciones son favorables, afectando grandes extensiones de plantaciones de banano y generando enormes pérdidas económicas.

#### **2.2. Situaciones detectadas**

El patógeno *F. oxysporum* f. sp. cubense es un hongo que se encuentra en el suelo, que penetra las raíces, desplazándose lentamente hacia el cormo de la planta de banano, para luego realizar su proceso de infección, afectando a las variedades de banano de exportación del grupo Cavendish. La raza tropical R4T produce clamidosporas que son esporas de resistencia que permiten al hongo persistir en el suelo en ausencia de su hospedante ideal, teniendo en cuenta que suelos contaminados por este patógeno no pueden ser replantados de manera

exitosa por más de 30 años.

Este patógeno se logra diseminar fácilmente a través del movimiento de material de propagación y residuos de banano infectados. Se propaga a través del suelo, en contacto a los implementos de siembra y los vehículos. Los materiales infectados junto con las esporas del patógeno son transportados hacia los canales de drenaje por el agua de lluvia y por medio del agua de riego estas esporas infectan nuevas áreas de interés agrícola.

Los productores bananeros están expuestos a una infección por el patógeno *F. oxysporum* f. sp. cubense, lo que implica un alto riesgo para la producción bananera y mermas en los beneficios económicos.

### **2.3. Soluciones planteadas**

Es necesario concientizar a los productores bananeros los beneficios de aplicar las medidas de prevención en el manejo de la enfermedad del mal de panamá (*F. oxysporum* R4T) en el cultivo de banano, debido a que representa un alto riesgo fitosanitario para los sitios donde no existe esta enfermedad, teniendo en cuenta los antecedentes de los países que la poseen, en donde las plantaciones bananeras han sido afectadas totalmente.

Las medidas de control fitosanitarias están establecidas por la Agencia de Vigilancia Fitosanitaria de cada país, para prevenir el ingreso de cualquier plaga cuarentenaria, es el caso de *F. oxysporum* f. sp. cubense, las mismas que deben ser aplicadas de forma estratégica para mitigar una afectación significativa en la producción de banano de exportación.

### **2.4. Conclusiones**

Por lo anteriormente detallado se concluye:

Los países que poseen el *F. oxysporum* f. sp. cubense en plantaciones de

banano, han logrado establecer medidas fitosanitarias de prevención y dispersión para mitigar las afectaciones ocasionadas por este patógeno, que representa un alto riesgo fitosanitario a nivel mundial.

La importación de material vegetal propagativo in vitro de musáceas representa un medio de introducción y dispersión de *F. oxysporum* f. sp. cubense RT4, en cual se deben establecer requisitos específicos que mitiguen el riesgo del ingreso de *F. oxysporum* f. sp. cubense.

El suelo contaminado, herramientas y equipos contaminados, el ingreso de vehículos de transporte con medios de embalaje o contenedores con suelo infestado, son considerados medios de introducción y dispersión de *F. oxysporum* f. sp. cubense en una región o país.

Las medidas preventivas para disminuir la introducción y dispersión de *F. oxysporum* f. sp. cubense, son importantes para los descartar un riesgo fitosanitario en la producción bananera.

## **2.5. Recomendaciones**

Por lo anteriormente detallado se recomienda:

Concientizar a los productores de banano a implementar medidas fitosanitarias de prevención para impedir el ingreso, infestación y propagación del hongo *F. oxysporum* f. sp. cubense.

En las fincas bananeras deben establecerse áreas de desinfección de herramientas, calzado, maquinaria y área para manejo de desechos, para impedir el ingreso, infestación y propagación del hongo *F. oxysporum* f. sp. cubense.

Se debe dar énfasis a la utilización de amonio cuaternario de cuarta generación, para la ejecución de las medidas fitosanitarias de desinfección de

calzado, vehículos, herramientas, contenedores y otros artículos reglamentados de acuerdo a la dosis y tiempo establecidos.

## BIBLIOGRAFÍA

AGROCALIDAD (Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario). 2020. Plan nacional de contingencia para la prevención, detección y control de *Fusarium oxysporum* f.sp. cubense Raza 4 Tropical (Foc R4T). Ecuador. 78p. (Manual Técnico no. 1).

Cedeño, A. 2020. Medidas de prevención y contingencia de *F. oxysporum* f. sp. cubense RT4 en el cultivo de banano, en la hacienda Elba (Tesis de grado). Ecuador, Universidad Técnica de Babahoyo. 30 p.

CABI. 2018. La distribución geográfica de *F. oxysporum* f. sp. cubense raza 4 tropical (En línea). Consultado 10 sept. 2021. Disponible en <https://www.cabi.org/cpc/restricted/?target=%2fcpc%2fdatasheet%2f24621>

Dita, M., Echegoyen, P. & Pérez, L. 2018. Plan de contingencia ante un brote de la raza 4 tropical de *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense. OIRSA. Salvador. 169 p. (Manual Técnico).

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2020. Análisis del mercado del banano 2019 (en línea). Roma. Consultado 30 agos. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/3/ca7567es/CA7567ES.pdf>

Gondon, T. 2017. *Fusarium oxysporum* and the fusarium wilt syndrome. Annual Review of Phytopathology 55(2): 23-29.

García, FA., Pachacama, SF., Jarrin, DA., Iza, ML., Ayala, M., Ortiz, HE., Dix, OJ., Echagaray, J., Farfán, D., Bartolini, I., Beltrán, C. & Zeballos, G. 2020. Guía andina para el diagnóstico de Fusarium Raza 4 Tropical (R4T) *Fusarium oxysporum* f.sp. cubense (syn. *Fusarium odoratissimum*) agente causal de la marchitez por Fusarium en musáceas (plátanos y bananos) (en línea). Perú. Consultado 30 agos. 2021. Disponible en <http://www.comunidadandina.org/StaticFiles/202072181721Guia%20Andina%20Final.pdf>

INEN (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2021. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2020. Unidad de Estadísticas Agropecuarias. 15 p. (Boletín Técnico no. 1).

INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 2018. Capacidad del INIAP frente a la enfermedad *Fusarium oxysporum* cubense Raza 4 Tropical en Musáceas. 15 p. (Informe Técnico).

López, S. & Castaño, A. 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): 1-13.

López, S. & Castaño, 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 Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales Actualidad & Divulgación Científica 22(2): 1-13.

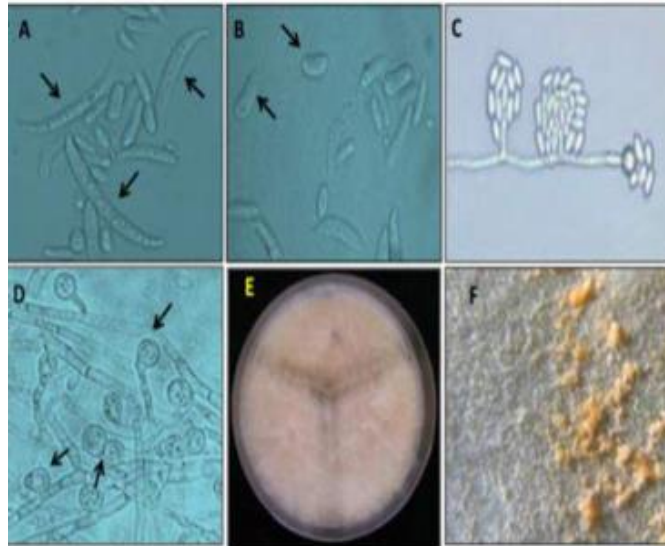
- Magdama, F. 2019. *Fusarium oxysporum* – El hongo más temido en la Industria del Banano. Revista Científica Ecuatoriana 6(2): 1-19.
- Maryani, N., Lombard, L., Poerba, Y., Subandiyah., Crous, P. & Kema, G. 2018. Phylogeny and genetic diversity of the banana *Fusarium* wilt pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* in the Indonesian centre of origin. Studies in Mycology 92(17): 155-194.
- OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Vegetal). 2017. Plan de contingencia ante un brote de la raza tropical de *F. oxysporum* f. sp. *cubense*. El Salvador. 24 p. (Boletín Técnico).
- Ordoñez, N., Garcia, F., Laghari, H., Akkary, E., Harfouche, B., Al Awar, B. & Kema, G. 2015. First Report of *Fusariumoxysporum* f. sp. *cubense* Tropical Race 4 Causing Panama Disease in Cavendish Bananas in Pakistan and Lebanon. Plant Disease 12(14): 1346.
- Ozarslandan, M & Akgul, D. 2019. First Report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Race 4 Causing Fusarium Wilt Disease of Banana in Turkey. Plant Disease 104(3): 1-12.
- Peng, J., Zhang, H., Chen, F., Zhang, X., Xie, Y., Hou, X., Li, G. & Pu, J. 2014. Rapid and quantitative detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* race 4 in soil by real-time fluorescence loop-mediated isothermal amplification. Journal of Applied Microbiology 117(2): 1740-1749.
- Pérez, L. 2018. Plan de contingencia para la raza 4 tropical de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*: Factores críticos para América Latina y Caribe. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Changuinola, Panamá: memorias. 72 p.

- Ploetz, R. 2015. Manejo de marchitamiento del banano por *Fusarium*: una revisión con referencia especial a la raza tropical 4. *Protección de cultivos* 73(9): 7-15.
- Pérez, V., Dita, M. & Martínez, E. 2014. Technical Manual Prevention and diagnostic of *Fusarium* Wilt (Panama disease) of banana caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense Tropical Race 4 (TR4). FAO. 74 p. (Manual Técnico).
- Rodriguez, M. 2020. El mayor enemigo de las musaceas parece haber llegado al continente americano, CROPLIFE (en línea). Consultado 10 sept. 2021. Disponible en <https://www.croplife.org/es/plagas/listado-de-plagas/el-mayor-enemigo-de-las-musaceas-parece-haber-llegado-al-continente-americano>
- Salazar, C. 2020. Análisis descriptivo del patógeno *Fusarium* raza 4 y alternativas de control en plantaciones bananeras. Tesis Ing. Agr. Naranjal, Ecuador. 67 p.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2016. Mal de panamá *F. oxysporum* f. sp. cubense raza 4 tropical, aviso público de riesgo y situación actual. México. 20 p. (Informe Técnico).
- Tazan, G. 2019. Intercambio de experiencias. Producción de banano en áreas con presencia de *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense Raza 4 Tropical en Mozambique (en línea). Consultado 20 sept. 2021. Disponible en file:///C:/Users/Dell/Downloads/3.%20GLADYS%20TAZANIA%20%20(2).pdf
- Vásquez, L. & Castaño, J. 2017. Manejo integrado de la marchitez vascular del tomate (*Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* (sacc.) w.c. snyder & h.n.



Hansen): una revisión. Revista Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales Actualidad & Divulgación Científica 20(2): 363-374.

## ANEXOS



**Figura 1.** Estructuras reproductivas de *F. oxysporum* f. sp. cubense.



**Figura 2.** Plantas de banano con las jóvenes erizadas y el resto de las hojas suspendidas del pseudotallo en forma de falda.



**Figura 3.** Pseudotallo de banano con una coloración café en forma de anillo.



**Figura 4.** Corte transversal del rizoma infectado, con manchas y filamentos blancos amarillos.