



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**DETERMINACIÓN DE LOS AGENTES CAUSANTES DE LA FLOR DURA  
EN LOS FRUTOS DE BANANO**

**MOROCHO APONTE FORRETS JOFFRE  
INGENIERO AGRONOMO**

**BARREZUETA VANEGAS CRISTHIAN PIERO  
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**DETERMINACIÓN DE LOS AGENTES CAUSANTES DE LA  
FLOR DURA EN LOS FRUTOS DE BANANO**

**MOROCHO APONTE FORRETS JOFFRE  
INGENIERO AGRONOMO**

**BARREZUETA VANEGAS CRISTHIAN PIERO  
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TRABAJOS EXPERIMENTALES**

**DETERMINACIÓN DE LOS AGENTES CAUSANTES DE LA  
FLOR DURA EN LOS FRUTOS DE BANANO**

**MOROCHO APONTE FORRETS JOFFRE  
INGENIERO AGRONOMO**

**BARREZUETA VANEGAS CRISTHIAN PIERO  
INGENIERO AGRONOMO**

**QUEVEDO GUERRERO JOSE NICASIO**

**MACHALA  
2024**

# DETERMINACIÓN DE LOS AGENTES CAUSANTES DE LA FLOR DURA EN LOS FRUTOS DE BANANO



Nombre del documento: DETERMINACIÓN DE LOS AGENTES CAUSANTES DE LA FLOR DURA EN LOS FRUTOS DE BANANO.docx  
 ID del documento: b82f969c04610a6fecaa3c19d45596a894284c86  
 Tamaño del documento original: 9,04 MB  
 Autores: []

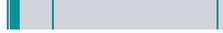
Depositante: JOSE NICASIO QUEVEDO GUERRERO  
 Fecha de depósito: 20/2/2025  
 Tipo de carga: interface  
 fecha de fin de análisis: 20/2/2025

Número de palabras: 5250  
 Número de caracteres: 35.111

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a data-bbox="207 801 877 869" href="https://mail.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/download/8932/pdf#:~:text=La%20">mail.polodelconocimiento.com</a> 3 fuentes similares	53%		Palabras idénticas: 53% (2722 palabras)
2	<a data-bbox="207 884 877 952" href="https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/8932#:~:text=La%20identificaci%C3%B3n%20de...">polodelconocimiento.com   Determinación de los agentes causantes de la Flor dura...</a> 1 fuente similar	6%		Palabras idénticas: 6% (289 palabras)

## Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a data-bbox="207 1093 877 1137" href="https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=52218-36202021000200141">scielo.sld.cu   Secuestro de carbono por el suelo y sus fracciones en agroecosistema...</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)
2	Documento de otro usuario #843457 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)

**Fuentes ignoradas** Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a data-bbox="207 1355 742 1400" href="https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/download/8932/pdf">polodelconocimiento.com</a>	53%		Palabras idénticas: 53% (2722 palabras)
2	<a data-bbox="207 1422 877 1467" href="https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/8932/html_1">polodelconocimiento.com   Determinación de los agentes causantes de la Flor dura...</a>	38%		Palabras idénticas: 38% (1972 palabras)

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Los que suscriben, MOROCHO APONTE FORRETS JOFFRE y BARREZUETA VANEGAS CRISTHIAN PIERO, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado DETERMINACIÓN DE LOS AGENTES CAUSANTES DE LA FLOR DURA EN LOS FRUTOS DE BANANO, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



---

MOROCHO APONTE FORRETS JOFFRE

0705448611



---

BARREZUETA VANEGAS CRISTHIAN PIERO

0706163227

## **DEDICATORIA**

A Dios, luz divina que guía mis pasos y me brinda la fortaleza necesaria para alcanzar cada meta propuesta.

A mi madre, ejemplo de perseverancia y amor incondicional, quien con sus sacrificios y enseñanzas ha forjado en mí los valores que hoy me definen. Cada logro en mi vida lleva tu huella, cada victoria es un tributo a tu incansable dedicación.

A mi enamorada, por ser ese apoyo inquebrantable que me impulsa a ser mejor cada día. Tu amor, paciencia y comprensión durante este camino académico han sido el aliento que necesitaba en los momentos más desafiantes. Gracias por creer en mí y por compartir este sueño.

## **FORRETS JOFFRE MOROCHO APONTE**

A Dios, fuente infinita de sabiduría y fortaleza, por iluminar mi camino y permitirme alcanzar esta meta.

A ti, madre, mi más grande inspiración y ejemplo de vida. Cada página de este trabajo está impregnada de tus enseñanzas, de tu amor incondicional y de los valores que con tanto esmero sembraste en mí. Tus sacrificios, tu apoyo constante y tu fe inquebrantable en mis capacidades han sido el motor que me ha impulsado a perseguir mis sueños. Este logro es tan tuyo como mío, pues representa el fruto de tu dedicación y el reflejo de tu incansable labor como madre. Gracias por ser mi primera maestra, mi mejor amiga y mi más firme apoyo. Tu ejemplo de perseverancia y fortaleza será siempre mi mayor inspiración.

## **CRISTHIAN PIERO BARREZUETA VANEGAS**

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi infinita gratitud a la Universidad Técnica de Machala, especialmente a la Facultad de Agronomía, por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de formarme como profesional. Durante estos años, esta noble institución se ha convertido en mi segundo hogar, donde cada día he podido crecer tanto académica como personalmente.

A mis maestros de la Facultad de Agronomía, quienes más allá de impartir conocimientos, han sido mentores y guías en este camino. Su pasión por la enseñanza y su dedicación han dejado una huella imborrable en mi formación profesional. Cada clase, cada práctica de campo y cada consejo han sido piedras fundamentales en la construcción de mi futuro.

Mi especial reconocimiento al director de tesis, quien con paciencia y sabiduría ha sabido orientar esta investigación. Sus valiosos aportes y su constante disposición para resolver dudas han sido cruciales para alcanzar los objetivos planteados en este trabajo.

### **FORRETS JOFFRE MOROCHO APONTE**

Agradezco profundamente a la Universidad Técnica de Machala y a su Facultad de Agronomía por ser el centro de mi formación profesional. Esta institución no solo me ha proporcionado conocimientos técnicos, sino que también me ha enseñado el valor de la perseverancia y la excelencia académica.

Mi sincero reconocimiento al cuerpo docente de la Facultad, profesionales de alto nivel que han compartido generosamente sus experiencias y conocimientos. Su compromiso con la formación de nuevos profesionales es admirable y su ejemplo nos impulsa a buscar la excelencia en cada aspecto de nuestra vida profesional.

Al tribunal evaluador y a mi tutor de tesis, gracias por su tiempo y dedicación en la revisión de este trabajo. Sus observaciones precisas y su guía experta han sido fundamentales para elevar la calidad de esta investigación y llevarla a buen término. Su rigor académico y profesionalismo son un ejemplo a seguir en mi futura vida profesional.

**CRISTHIAN PIERO BARREZUETA VANEGAS**

# DETERMINACIÓN DE LOS AGENTES CAUSANTES DE LA FLOR DURA EN LOS FRUTOS DE BANANO

## **Autores:**

Forrets Joffre Morocho Aponte

Cristhian Piero Barrezueta Vanegas

## **Tutor:**

José Nicasio Quevedo Guerrero

## **Resumen**

El banano, con una producción mundial anual de 119,8 millones de toneladas, tiene su origen en el Sudeste Asiático y se cultiva en 130 países de regiones tropicales y subtropicales, incluido Ecuador. A pesar de su importancia económica, este cultivo es susceptible a enfermedades causadas por bacterias y hongos que afectan la calidad de la fruta. Específicamente en la provincia de El Oro, existen desafíos de productividad atribuibles principalmente a problemas fitosanitarios de etiología no identificada, lo que obstaculiza el desarrollo de medidas de control efectivas. Por esta razón, el objetivo de este trabajo fue evaluar la carga microbiológica en frutos de banano que presentan síntomas de "flor dura" o pudrición. Con la finalidad de identificar los patógenos causales y establecer las bases para el desarrollo de estrategias de manejo específicas que contribuyan a mitigar el impacto de esta enfermedad en la producción bananera. Se obtuvieron 30 aislamientos, incluyendo 20 bacterias y 10 hongos, en medio PDA. La caracterización morfológica de las bacterias mediante tinción de Gram reveló que todas eran Gram positivas. Entre los hongos aislados, se identificaron los géneros *Fusarium* spp. y *Lasiodiplodia* spp., siendo las especies específicas: *F. oxysporum*, *F. equiseti*, *F. circinatum*, *F. proliferatum* y *Lasiodiplodia theobromae*. Las pruebas de patogenicidad realizadas con *F. oxysporum*, el aislado más frecuente (5%), reprodujeron exitosamente los síntomas característicos de la enfermedad, incluyendo la persistencia y lignificación de estructuras florales, deformación del fruto y necrosis progresiva. La identificación de *F. oxysporum* como principal agente causal ofrece un punto de partida sólido para diseñar intervenciones

fitosanitarias innovadoras y personalizadas que optimicen el control y la prevención de esta importante enfermedad en las zonas bananeras de El Oro, Ecuador.

**Palabras claves:** Banano, flor dura, *Fusarium oxysporum*, patogenicidad.

## **DETERMINATION OF THE CAUSATIVE AGENTS OF THE HARD FLOWER IN BANANA FRUITS**

**Autores:**

Forrets Joffre Morocho Aponte

Cristhian Piero Barrezueta Vanegas

**Tutor:**

José Nicasio Quevedo Guerrero

### **Abstract**

Bananas, with an annual global production of 119.8 million tons, originate from Southeast Asia and are cultivated in 130 countries across tropical and subtropical regions, including Ecuador. Despite its economic importance, this crop is susceptible to diseases caused by bacteria and fungi that affect fruit quality. Specifically, in El Oro province, there are productivity challenges primarily attributable to phytosanitary problems of unidentified etiology, which hinders the development of effective control measures. Therefore, the objective of this study was to evaluate the microbiological load in banana fruits showing symptoms of "hard flower" or rot. The aim was to identify the causal pathogens and establish the foundation for developing specific management strategies that help mitigate the impact of this disease on banana production. Thirty isolates were obtained, including 20 bacteria and 10 fungi, on PDA medium. Morphological characterization of bacteria through Gram staining revealed that all were Gram-positive. Among the isolated fungi, the genera *Fusarium* spp. and *Lasiodiplodia* spp. were identified, with the specific species being: *F. oxysporum*, *F. equiseti*, *F. circinatum*, *F. proliferatum*, and *Lasiodiplodia theobromae*. Pathogenicity tests conducted with *F. oxysporum*, the most frequent isolate (5%), successfully reproduced the characteristic disease symptoms, including persistence and lignification of floral structures, fruit deformation, and progressive necrosis. The identification of *F. oxysporum* as the main causal agent provides a solid starting point for designing innovative and customized phytosanitary interventions that

optimize the control and prevention of this important disease in the banana-growing areas of El Oro, Ecuador.

**Keywords:** Banana, hard flower, *Fusarium oxysporum*, pathogenicity.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Objetivos .....	11
1.1.1. Objetivo general.....	11
1.1.2. Objetivos específicos .....	11
2. REVISION DE LA LITERATURA .....	12
2.1. Origen del banano .....	12
2.3. Fenología del cultivo .....	13
2.3.1. Fase infantil .....	13
2.3.2. Fase juvenil.....	13
2.3.3. Fase reproductiva .....	13
2.4. Morfología de la planta .....	14
2.4.1. Sistema radicular.....	14
2.4.2. Ceba o cormo.....	14
2.4.3. Hojas .....	14
2.4.4. Inflorescencia.....	14
2.4.5. Fruto .....	15
2.5. Condiciones edafoclimáticas .....	15
2.5.1. Localización geográfica .....	15

2.5.2.	Altitud .....	15
2.5.3.	Precipitación y requerimiento hídrico .....	15
2.5.4.	Temperatura.....	16
2.5.5.	Humedad relativa.....	16
2.5.6.	Luminosidad .....	16
2.5.7.	Suelos .....	16
2.6.	Enfermedades causantes de pudrición en dedos de banano.....	16
2.6.1.	Podredumbre de los dedos.....	17
2.6.2.	Podredumbre por Botryodiplodia .....	17
2.6.3.	Pudrición interna del fruto.....	17
2.7.	Identificación de bacterias .....	18
2.8.	Postulados de Koch y pruebas de patogenicidad .....	19
3.	MATERIALES Y METODOS .....	20
3.1.	Ubicación del área de estudio .....	20
3.2.	Clima y ecología .....	20
3.3.	Materiales, reactivos y equipos utilizados .....	20
3.3.1.	Materiales .....	20
3.3.2.	Reactivos .....	21
3.3.3.	Equipos.....	21
3.4.	Metodología.....	22
3.4.1.	Recolección de la muestra.....	22
3.4.2.	Aislamiento y purificación .....	23

3.4.3.	Caracterización morfológica .....	23
3.4.4.	Prueba de patogenicidad.....	24
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1.	Sintomatología de la enfermedad.....	25
4.2.	Aislamiento y purificación del crecimiento microbiano .....	26
4.3.	Identificación del agente causal .....	28
4.4.	Prueba de patogenicidad.....	29
5.	CONCLUSIONES.....	31
6.	RECOMENDACIONES .....	31
7.	REFERENCIAS .....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Recolección de muestras en campo.....	22
<b>Figura 2.</b>	Aislamiento de agentes fitopatógenos.....	23
<b>Figura 3.</b>	Tinción de Gram en bacterias. ....	24
<b>Figura 4.</b>	Sintomatología de la flor dura en el cultivo de banano: a) Necrosis interna en corte transversal del fruto, b) Lignificación de estructuras florales en la punta del fruto, c) Deformación anormal del fruto, d) Necrosis severa en la inflorescencia, en corte transversal. .....	25
<b>Figura 5.</b>	Tinción de Gram de un aislado PID-1 (Lote 3): a) Morfología de la colonia frontal y posterior en PDA, b) Color azul púrpura muestra una tinción Gram positiva. ....	27
<b>Figura 6.</b>	Características morfológicas de aislamientos fúngicos: a) Colonia en PDA, b) Imagen microscópica.....	28

**Figura 7.** Prueba de patogenicidad, con inoculación de *F. oxysporum*: a) Proceso de inoculación del patógeno en campo, b) Lignificación de estructuras florales en la punta del fruto, c) Corte longitudinal mostrando necrosis interna y deformación del fruto, d) Avance de la necrosis interna observado en el corte longitudinal del fruto. .... 30

### ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica. .... 12

**Tabla 2.** Caracterización bioquímica de los aislamientos bacterianos obtenidos del síntoma de la flor dura en banano. .... 26

## 1. INTRODUCCIÓN

El banano es uno de los cultivos comerciales más importantes a nivel mundial, con una producción anual de 119,8 millones de toneladas. Se cultiva predominantemente en Asia, África y América Latina, que contribuyen con aproximadamente el 51%, 14% y 33% de la producción global, respectivamente (Alzate et al., 2021). En 2020, las exportaciones experimentaron un crecimiento significativo, alcanzando los 20,2 millones de toneladas, impulsadas por el incremento en la producción bananera en Ecuador y Filipinas. Se prevé que esta tendencia continúe hasta 2028, cuando se espera que la producción mundial alcance los 135 millones de toneladas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020).

Particularmente en Ecuador, la producción y exportación de banano representa al país después del petróleo con un área sembrada de 196.673 ha y un promedio de 2.900 cajas. Las principales provincias productoras son Los Ríos, Guayas y El Oro (Vásquez et al., 2019). Esta última provincia posee condiciones edafoclimáticas aptas para el cultivo, destacándose las zonas de Machala, Pasaje, Arenillas, Santa Rosa y El Guabo con el 24 % de fruta producida (Zhiminaicela et al., 2020).

Sin embargo, la productividad de banano en El Oro y a nivel nacional, es baja en comparación con otros competidores como Colombia, Costa Rica y Guatemala, a pesar de las mejoras logísticas en el transporte y la implementación de técnicas avanzadas de maduración, así como la existencia de acuerdos de comercio justo entre productores y exportadores. Por lo tanto, las causas subyacentes se relacionan con otros factores, como los problemas fitosanitarios que afectan al cultivo. En muchos casos, los agentes causales son desconocidos, lo que complica la

aplicación adecuada de prácticas de manejo adaptadas a la problemática enfrentada (León et al., 2023).

La "flor dura" es una patología que genera pudrición en los frutos de banano, representando un desafío significativo para los productores, ya que afecta la calidad y el desarrollo de la fruta, la reputación del producto, el impacto ambiental y el cumplimiento de las normativas. Este problema puede ser causado por hongos, bacterias y otros patógenos que prosperan en condiciones ambientales favorables, como alta humedad, exceso de agua y temperaturas cálidas (Ploetz et al., 2003). Además, los daños mecánicos durante la manipulación, las heridas en la planta y la falta de prácticas adecuadas exponen la inflorescencia a infecciones, provocando oscurecimiento, ablandamiento y descomposición de los tejidos, así como un olor desagradable debido a la degradación de los mismos. En situaciones extremas, estas infecciones pueden incluso causar deformaciones en la fruta (Viljoen et al., 2017).

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

Determinar los agentes causantes de la enfermedad "flor dura" o pudrición en frutos de banano, para establecer las bases en el desarrollo de estrategias de manejo específicas que contribuyan a mitigar el impacto de esta enfermedad en la producción bananera.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar la sintomatología de la flor dura en diferentes órganos reproductivos del banano mediante observación y documentación sistemática de los síntomas en campo.
- Aislar e identificar los microorganismos asociados a la flor dura a través de técnicas microbiológicas y caracterización morfológica de bacterias y hongos presentes en tejidos sintomáticos.

- Evaluar la patogenicidad de los principales microorganismos aislados mediante pruebas de inoculación controlada para confirmar su rol como agentes causales de la enfermedad.

## 2. REVISION DE LA LITERATURA

### 2.1. Origen del banano

El banano tiene su centro de diversidad genética en el Sudeste Asiático, región que comprende Malasia, Indonesia y China Meridional. Particularmente, esta especie fue introducida en las Islas Canarias alrededor de 1450 y, posteriormente, trasladada a América en 1516. En la actualidad, se cultiva en 130 países de regiones tropicales y subtropicales, siendo los principales productores India, Filipinas, Brasil, Ecuador, Costa Rica, Tailandia, México, Colombia y China (León, 2000).

### 2.2. Clasificación taxonómica

De acuerdo con Tuz et al. (2018), el banano pertenece al orden Zingiberales, familia Musaceae y al género *Musa*. Son dos las especies salvajes que dieron lugar a su hibridación: *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*, lo que establece la siguiente clasificación taxonómica:

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica.

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Liliopsida
<b>Orden</b>	Zingiberales
<b>Familia</b>	Musaceae
<b>Género</b>	<i>Musa</i>
<b>Especie</b>	<i>M. x paradisiaca</i>

**Fuente:** Tuz et al. (2018).

### **2.3. Fenología del cultivo**

El cultivo de banano presenta tres fases claramente definidas a lo largo de su ciclo fenológico, las cuales se detallan a continuación:

#### **2.3.1. Fase infantil**

Esta fase empieza con la germinación del cormo, evidenciada por la aparición de retoños. El desarrollo de los hijuelos está estrechamente vinculado a la planta madre; así, alrededor de los tres meses de edad, deben alcanzar una altura promedio de 50 cm y presentar un número de hojas escuamiformes que oscila entre 7,5 y 12,5. Además, a los 104 días se observa la aparición de la primera hoja con lámina foliar de 10 cm de ancho, conocida también como F10, lo que marca el fin de esta fase (Dominguez, 2021).

#### **2.3.2. Fase juvenil**

Comienza después de la aparición de la F10, la cual sirve como indicador del crecimiento de la planta. Durante este período se generan nuevas hojas de manera variable, concluyendo con la aparición de la hoja Fm, que marca el principio de la fase autónoma de la planta. La hoja Fm puede presentarse en la posición 13 o 20, según el desarrollo, y aparece entre 10 y 50 días antes de la cosecha de la planta madre. La duración total de esta etapa es de 91 días (Tene, 2021).

#### **2.3.3. Fase reproductiva**

Esta fase comprende desde la aparición de la hoja Fm, la cual señala el inicio de la diferenciación floral, hasta la cosecha del fruto. Es común que la planta deje de emitir hojas al comenzar la floración; por ello, es fundamental conservar el número de hojas para garantizar un desarrollo y llenado adecuados de los frutos (Dominguez, 2021).

## **2.4. Morfología de la planta**

### **2.4.1. Sistema radicular**

El sistema radicular adventicio está compuesto por un gran número de raíces primarias, secundarias y terciarias, de color blanquecino y consistencia suculenta, lo que les permite absorber agua, almacenar nutrientes y brindar anclaje a la planta. Su diámetro varía entre 5 y 8 mm, pudiendo alcanzar hasta 10 mm, mientras que su crecimiento puede extenderse verticalmente hasta 1,5 m y horizontalmente hasta 3 m. Estas raíces son muy frágiles, por lo que su capacidad de penetración depende en gran medida de la textura y estructura del suelo (Tuz et al., 2018).

### **2.4.2. Cepa o cormo**

Posee una estructura cilíndrica cuya función es almacenar sustancias nutritivas y agua. En su zona central se generan raíces fibrosas y yemas que darán lugar a los nuevos hijos. Cada planta surge como brote y yema en la base de la planta madre, de la cual depende para su nutrición hasta alcanzar la fase juvenil, cuando desarrolla hojas completas y se vuelve autosuficiente (Ajila, 2021).

### **2.4.3. Hojas**

Las hojas se forman en el meristemo ubicado en la parte superior del cormo, desde donde emerge la hoja en forma de cigarro, principal órgano fotosintético de la planta. La hoja adulta cuenta con dos superficies, adaxial (haz) y abaxial (envés), y se compone de vaina, pecíolo, nervadura y limbo. Según el clon, su tamaño aproximado es de 0,7 a 1 m de ancho y 3 a 4 m de largo (Azuelo, 2020).

### **2.4.4. Inflorescencia**

Se origina en el interior del cormo y asciende progresivamente por el centro del pseudotallo hasta emerger entre las hojas. Tiene forma de espiga, y sus flores se resguardan bajo una bráctea

que, con el tiempo, se desprende y cae al suelo. Se distinguen dos tipos de flores: las femeninas, dispuestas en dos filas superpuestas y denominadas "mano", y las masculinas, organizadas en la cucula, ubicada en la parte terminal del racimo (Tene, 2021).

#### **2.4.5. Fruto**

El fruto crece en los ovarios de las flores femeninas a medida que aumenta el volumen de las células opuestas al eje central. Los ovarios eventualmente abortan y los tejidos se engrosan. La parte comestible del fruto proviene del engrosamiento de las paredes del ovario, impulsado por el aumento de azúcares y almidones. Su calidad depende del tamaño (largo y grosor), la maduración uniforme, la ausencia de manchas o defectos, y la disposición de los racimos (Tuz et al., 2018).

### **2.5. Condiciones edafoclimáticas**

#### **2.5.1. Localización geográfica**

Las condiciones óptimas para la producción de banano se localizan en áreas comprendidas entre una latitud de 30° N y 30° S, abarcando la región ecuatorial (Tene, 2021).

#### **2.5.2. Altitud**

El rango de altitud idóneo se sitúa entre 0 a 300 msnm; si se excede este límite, es posible que el ciclo vegetativo se prolongue (Azüero, 2020).

#### **2.5.3. Precipitación y requerimiento hídrico**

Una precipitación mensual de entre 150 y 180 mm resulta adecuada para cubrir las necesidades hídricas de la planta, alcanzando aproximadamente 2286 mm anuales. No obstante, se ha establecido un rango óptimo de precipitación anual que oscila entre 1.800 y 2.800 mm, distribuidos de manera uniforme a lo largo del año (Quiñonez, 2020).

#### **2.5.4. Temperatura**

La temperatura idónea para el cultivo oscila entre 25 y 30 °C. Sin embargo, cuando las temperaturas descienden por debajo de 15 °C, se presentan dificultades en el crecimiento y la producción tiende a disminuir (Dominguez, 2021).

#### **2.5.5. Humedad relativa**

Se estima lo óptimo en alrededor de un 50% (Azuelo, 2020).

#### **2.5.6. Luminosidad**

El llenado del fruto se beneficia de un mayor número de horas de luz solar. Se requieren entre 3 y 5 horas diarias de sol brillante, alcanzando un total aproximado de 1.200 horas al año para un desarrollo adecuado (Ajila, 2021).

#### **2.5.7. Suelos**

Los suelos para el cultivo de banano deben tener una textura adecuada, un contenido de materia orgánica de al menos 5% y un perfil con una profundidad superior a 1,20 m. Las clases texturales más favorables incluyen franco arenoso, franco arcilloso o franco limoso, con un contenido de arcilla inferior al 40%. Además, es fundamental que el suelo se mantenga a capacidad de campo para garantizar un óptimo desarrollo de la planta (Quiñonez, 2020).

### **2.6. Enfermedades causantes de pudrición en dedos de banano**

El banano es un cultivo susceptible a diversas enfermedades que varían según la variedad, siendo las más comunes aquellas causadas por hongos y bacterias, las cuales afectan la calidad del fruto. Entre los principales problemas fitosanitarios de origen fúngico se encuentran la antracnosis (*Colletotrichum musae*), la podredumbre por Botryodiplodia (*Botryosphaeria rhodina*), la podredumbre de la punta del cigarro (*Verticillium theobromae*) y la podredumbre de los dedos (*Fusarium* spp.). Asimismo, entre las enfermedades bacterianas destacan la pudrición interna del fruto (*Pseudomonas* sp.) y la pudrición suave del fruto (*Erwinia* sp.).

### **2.6.1. Podredumbre de los dedos**

La podredumbre de los dedos provoca daños estéticos significativos en el banano y es causada por un complejo de hongos, entre los que destacan géneros como *Diplodia* sp., *Fusarium* spp. y otros. Estos hongos son colonizadores comunes de hojas, flores, brácteas y hojas de transición, que esporulan en restos en descomposición y se diseminan a través del viento y las salpicaduras de agua. La infección ocurre a través de heridas en el fruto, donde las esporas germinan y desencadenan la pudrición. La incidencia y severidad de la enfermedad dependen de los organismos que logran ingresar y de las condiciones climáticas presentes (Ploetz et al., 2003).

### **2.6.2. Podredumbre por Botryodiplodia**

Esta enfermedad inicia con síntomas en el extremo floral del dedo o en una zona afectada por una herida y es causada por *Botryosphaeria rhodina*, anamorfo de *Diplodia theobromae*. Su propagación es uniforme, generando una decoloración marrón negruzca en la cáscara y un progresivo ablandamiento de la pulpa, que eventualmente se convierte en una masa blanda y podrida, mientras que un moho gris cubre la superficie en condiciones de alta humedad. Este hongo es un habitante común de los restos en descomposición del banano, y sus conidios se dispersan con el viento y el agua, infectando el fruto a través de los tejidos del extremo floral de los dedos. Su crecimiento y la progresión de la pudrición alcanzan niveles óptimos entre los 25 y 30 °C (Jones, 2009).

### **2.6.3. Pudrición interna del fruto**

Esta enfermedad bacteriana es causada por *Pseudomonas* sp. y se caracteriza por la deformación de la punta de los dedos, adoptando una apariencia de "cuello de botella", además de un tamaño menor en comparación con los de una mano normal. Al realizar un corte

longitudinal en los dedos afectados, se observa una coloración oscura que comienza en la punta y se extiende a lo largo de la parte central de la pulpa (Céspedes, 2004).

#### **2.6.4. Pudrición suave del fruto**

Esta enfermedad puede provocar graves pérdidas en la producción y es causada por *E. carotovora* y *E. chrysanthemi*, bacterias anaeróbicas facultativas con forma de bastón. Estas bacterias son residentes oportunistas en los suelos bananeros y su diseminación se ve favorecida por prácticas agrícolas generalizadas como desflore y la renovación de plantaciones. Su incidencia es mayor en zonas con alta humedad y condiciones ambientales favorables para su propagación (Loor, 2020).

### **2.7. Identificación de bacterias**

#### **2.7.1. Tinción de Gram**

La tinción de Gram constituye uno de los protocolos microbiológicos fundamentales que optimiza la visualización de microorganismos. Esta técnica, desarrollada en 1884 por Hans Christian Gram, permite clasificar las bacterias en dos grandes grupos: Gram positivas y Gram negativas. La diferenciación en la respuesta a la tinción se fundamenta en las características estructurales de la pared celular bacteriana (Li et al., 2020).

Esta técnica emplea cristal violeta (metano triaminotrifetil) como colorante principal para la visualización de microorganismos. Este compuesto, un colorante básico, presenta una elevada afinidad por la cromatina nuclear y otros grupos aniónicos fuertes. En el procedimiento, se utiliza alcohol como agente decolorante para eliminar el cristal violeta de aquellas bacterias que no pueden retenerlo; no obstante, una exposición prolongada al alcohol puede provocar una decoloración excesiva de la muestra (Jiménez & Vélez, 2012).

## **2.8. Postulados de Koch y pruebas de patogenicidad**

Apolinario (2018) menciona que, la metodología desarrollada por Heinrich Hermann Robert Koch (1843-1910) es ampliamente utilizada en fitopatología cuando se carece de respaldo bibliográfico que confirme la relación causal entre un patógeno específico y una enfermedad. Koch demostró que un patógeno aislado de un organismo enfermo y cultivado en laboratorio, manteniendo su capacidad patogénica, debe reproducir la enfermedad original al ser inoculado en un nuevo hospedante. Para ello, estableció los siguientes postulados:

1. El agente patógeno debe estar consistentemente asociado con la enfermedad en condiciones apropiadas y ausente en los organismos sanos.
2. El presunto agente causal debe ser aislado y cultivado en un medio nutritivo para obtener cultivos puros, permitiendo el estudio de sus características morfológicas, bioquímicas y moleculares.
3. La inoculación del patógeno aislado en un hospedante sano de la misma especie o variedad debe reproducir los síntomas de la enfermedad original.
4. El patógeno debe aislarse una vez más de la planta inoculada, obteniendo un cultivo puro cuyas características coincidan con las identificadas en el segundo postulado.

### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. Ubicación del área de estudio**

La investigación se ejecutó en dos localidades del cantón El Guabo, provincia de El Oro: el laboratorio AGRISUM y el área experimental de la Hacienda "Jorge Javier" situada en la parroquia Barbones con las coordenadas:

**Latitud:** 3°10'51"S.

**Longitud:** 79°52'23"W.

**Altitud:** 18 msnm

#### **3.2. Clima y ecología**

El sitio experimental presenta características climáticas propias de un bosque húmedo Pre-Montano según la clasificación de Holdridge, con una temperatura media anual entre 25 y 26 °C y una precipitación promedio anual que oscila entre 1.250 y 1.500 mm. Los suelos predominantes corresponden al orden Alfisol, caracterizados por una textura franco-arenosa (Barrezuela, 2017).

#### **3.3. Materiales, reactivos y equipos utilizados**

##### **3.3.1. Materiales**

- Fundas ziploc
- Fundas de papel
- Algodón
- Cajas Petri

- Hemocitómetro
- Bisturí o escalpelo estéril
- Agua destilada
- Portaobjetos y cubreobjetos
- Guantes, mascarilla y bata de laboratorio
- Tubos de ensayo
- Pipetas
- Vaso de precipitación
- Probeta
- Gradilla
- Mechero Bunsen
- Espátula
- Pinzas

### **3.3.2. Reactivos**

- Agar
- Colorantes para tinciones (cristal violeta, safranina)
- Alcohol
- Lugol

### **3.3.3. Equipos**

- Microscopio óptico
- Incubadora
- Balanza
- Cámara de flujo laminar

### 3.4. Metodología

#### 3.4.1. Recolección de la muestra

La obtención de material biológico se realizó mediante un muestreo dirigido, seleccionando tejidos que manifestaban la sintomatología típica de flor dura en órganos reproductivos, específicamente en dedos, raquis y estructuras florales de la Hacienda "Jorge Javier". Las muestras fueron inicialmente conservadas en bolsas de papel para reducir el exceso de humedad relativa y, subsecuentemente, se transfirieron a fundas ziploc, debidamente identificadas para su traslado inmediato al laboratorio de AGRISUM.



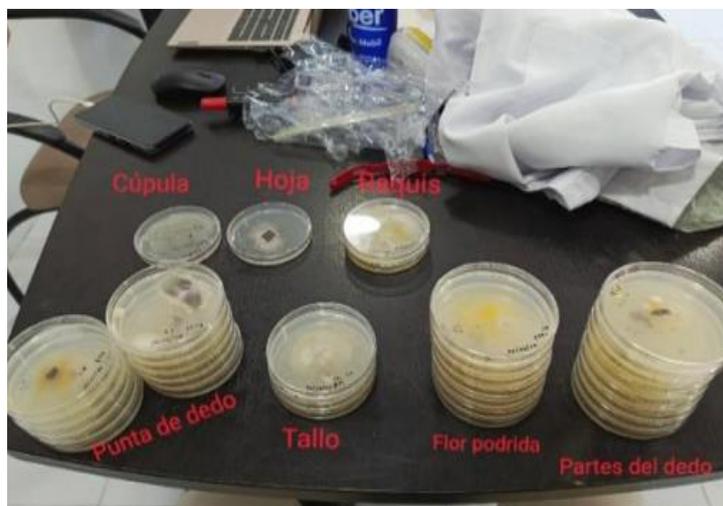
**Figura 1.** Recolección de muestras en campo.

**Fuente:** Autor

Adicionalmente, transcurridas 96 horas desde la colecta inicial, se realizó un segundo muestreo para la obtención de material vegetal destinado a la implementación del protocolo de cámara húmeda. En este caso, las muestras se depositaron en fundas ziploc junto con un sustrato de algodón hidrófilo humedecido con agua destilada estéril, a fin de establecer las condiciones microambientales propicias para el desarrollo del patógeno.

### 3.4.2. Aislamiento y purificación

Las muestras recolectadas se sometieron a un lavado con agua destilada y, mediante el uso de bisturí estéril, se realizaron pequeños cortes en las zonas sintomáticas de los tres órganos vegetales muestreados. Se procesaron 30 submuestras, cada una de las cuales fue cultivada en cajas de Petri con medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (PDA), e incubadas durante tres días a 24 °C para el aislamiento de los agentes fitopatógenos. En paralelo, los propágulos fúngicos obtenidos de las muestras destinadas al método de cámara húmeda se sembraron en cajas de Petri con medio PDA.



**Figura 2.** Aislamiento de agentes fitopatógenos.

**Fuente:** Autor

La purificación de las bacterias se realizó mediante diluciones seriadas ( $10^{-4}$ ) en agua destilada estéril, sembrando alícuotas del inóculo en placas con agar nutritivo. Para los hongos, se tomó una porción del cultivo primario y se transfirió a cajas de Petri con medio PDA.

### 3.4.3. Caracterización morfológica

El análisis de las características morfológicas para la identificación de bacterias, se realizó mediante la tinción Gram, se tomó una pequeña cantidad del microorganismo aislado y se realizó un extendido en un portaobjetos. Una vez seco y fijado el frotis, se aplicó cristal violeta

y se dejó actuar durante un minuto. Posteriormente, se añadió Lugol y se mantuvo en contacto por otro minuto. Luego, se enjuagó con alcohol, se aplicó safranina y se lavó con agua. Finalmente, la observación microscópica permitió determinar tanto la morfología bacteriana como sus características tintoriales, donde la retención del cristal violeta indica la presencia de bacterias Gram positivas, mientras que la tinción con safranina revela bacterias Gram negativas.



**Figura 3.** Tinción de Gram en bacterias.

**Fuente:** Autor

#### **3.4.4. Prueba de patogenicidad**

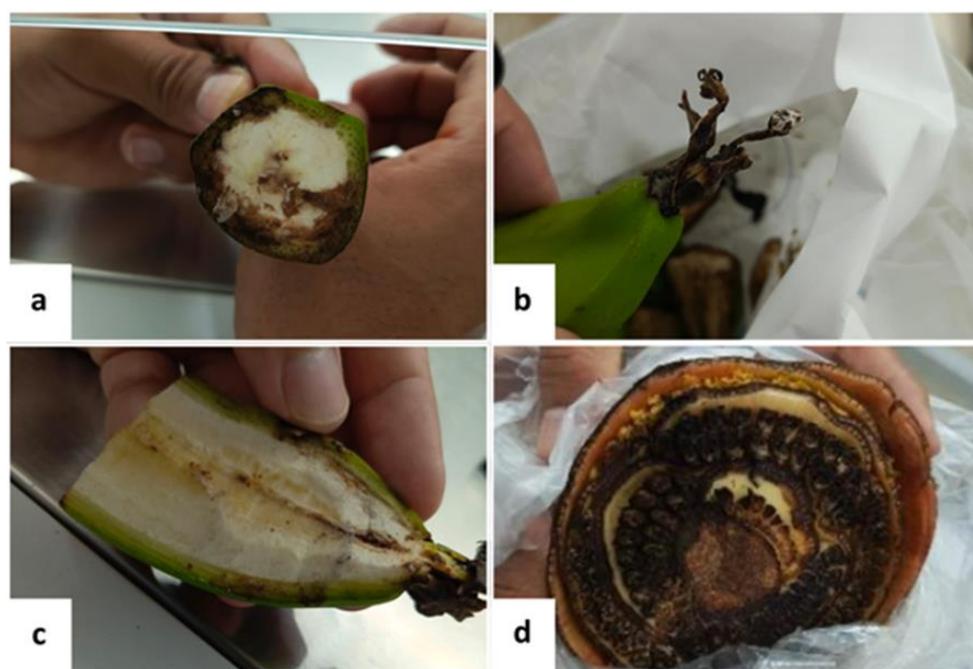
El ensayo de inoculación se realizó en 10 manos de racimos con siete semanas de edad. En cada mano se aplicaron 3 ml de suspensión conidial con una concentración de  $3,9 \times 10^6$  UFC/mL (Figura 7a), seguido de un período de incubación de dos días. La concentración de la suspensión de esporas se determinó mediante conteo previo utilizando un hemocitómetro (cámara de Neubauer).

Se emplearon dos métodos de inoculación en los frutos: en el primero, la suspensión conidial se aplicó directamente sobre la cáscara del fruto; en el segundo, se produjo una herida donde fue aplicado con pincel, manteniendo la misma concentración de conidios.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Sintomatología de la enfermedad

Los síntomas característicos de la enfermedad de la flor dura en banano, ilustrados en la figura 4 (a-d), inician con una necrosis interna que avanza desde la región apical del fruto, acompañada por la persistencia y lignificación de las estructuras florales. Este proceso se manifiesta con una coloración marrón oscura a negra en el tejido interno del fruto, que progresa del ápice hacia la base.



**Figura 4.** Sintomatología de la flor dura en el cultivo de banano: a) Necrosis interna en corte transversal del fruto, b) Lignificación de estructuras florales en la punta del fruto, c) Deformación anormal del fruto, d) Necrosis severa en la inflorescencia, en corte transversal.

**Fuente:** Autor

Los frutos afectados presentan una deformación morfológica distintiva, caracterizada por una notable reducción en su desarrollo, lo cual compromete significativamente su calidad. En un corte transversal, se evidencia la extensión de la necrosis interna, donde el proceso de maduración se ve severamente alterado. La severidad de estos síntomas guarda una correlación directa con condiciones ambientales de alta humedad relativa y temperaturas moderadas, siendo más prevalente en plantaciones con manejo agronómico deficiente, como lo describen (Ploetz et al., 2003).

#### **4.2. Aislamiento y purificación del crecimiento microbiano**

A partir de tres órganos diferentes que presentaban la enfermedad en la etapa de aislamiento, se obtuvieron con alta pureza 20 aislados bacterianos y 10 fúngicos. De los hongos aislados, se identificaron preliminarmente los géneros *Fusarium* spp. (9 aislamientos) y *Lasiodiplodia* spp. (1 aislamiento) como posibles agentes causales de la flor dura. Para las pruebas de patogenicidad, se seleccionó la especie que mostró mayor predominancia en los aislamientos.

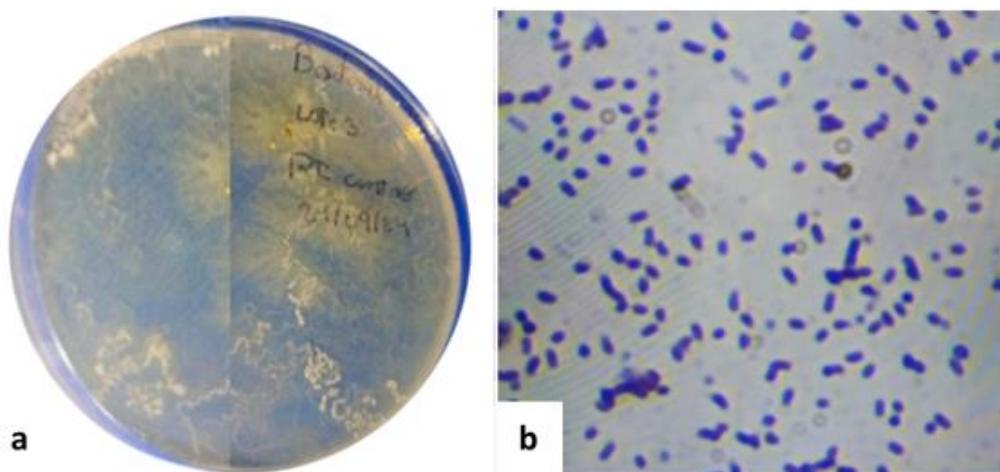
Las bacterias aisladas exhibieron un crecimiento exponencial, evidenciado por una abundante formación de colonias tras siete días de incubación. La caracterización morfológica mediante tinción de Gram reveló la presencia de diversos morfotipos bacterianos, incluyendo *estafilococos*, *cocos*, *bacilos* y *diplococos*. Estos microorganismos presentaron una coloración azul púrpura característica, confirmando su clasificación como bacterias Gram positivas (Figura 5 y Tabla 2).

**Tabla 2.** Caracterización bioquímica de los aislamientos bacterianos obtenidos del síntoma de la flor dura en banano.

Lote	Cepas bacterianas	Tinción Gram
3	PID-1 (4)	+
	FPE-2	
	PD-3 (2)	
4	PD-1(2)	+
10	FP-1 (2)	+
	FPE-2 (3)	
	PID-3	
11	FP-1	+
	FPE-2	
	PID-3	
	PDH-4 (2)	

FP= Flor podrida; FPE= Flor podrida esporas; PID= Parte izquierda del dedo; PDH = Punta de dedo huevecillos; PD= Punta de dedo.

**Fuente:** Autor



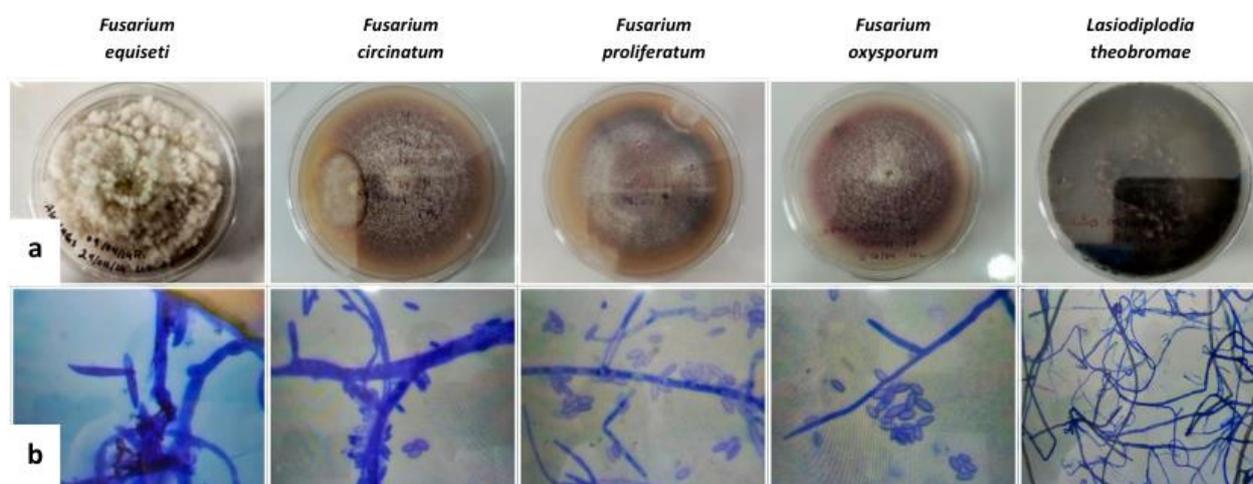
**Figura 5.** Tinción de Gram de un aislado PID-1 (Lote 3): a) Morfología de la colonia frontal y posterior en PDA, b) Color azul púrpura muestra una tinción Gram positiva.

**Fuente:** Autor

Francis et al. (2010) señalan que estas bacterias establecen importantes interacciones beneficiosas con las plantas, mejorando la absorción y disponibilidad de minerales y nutrientes, reduciendo la toxicidad del suelo, secretando fitohormonas promotoras del crecimiento y optimizando los procesos de fijación de nitrógeno y fósforo. Su característica distintiva radica en la estructura de su pared celular, compuesta principalmente por una gruesa capa de peptidoglicano que rodea la membrana plasmática, a diferencia de la pared celular más delgada presente en las bacterias Gram negativas.

### 4.3. Identificación del agente causal

Las observaciones microscópicas y características coloniales de los aislamientos fúngicos permitieron identificar cinco especies (Figura 6), las cuales se describen a continuación:



**Figura 6.** Características morfológicas de aislamientos fúngicos: a) Colonia en PDA, b) Imagen microscópica.

**Fuente:** Autor

- ***Fusarium equiseti*:** Este aislamiento, obtenido de síntomas de la flor dura en la zona central de la inflorescencia, desarrolló colonias de crecimiento rápido con micelio aéreo de coloración blanca predominante y textura algodonosa. La caracterización microscópica reveló macroconidios levemente curvados con cinco septos, presentando una célula apical distintivamente papilada y una célula basal en forma de pie. Durante el periodo de evaluación no se observaron microconidios, característica diagnóstica significativa de esta especie. De acuerdo con Refai & Hassan (2015), las clamidosporas son abundantes entre las dos y seis semanas, formándose de manera individual, en pares, cadenas o agrupaciones, pudiendo ser aéreas o sumergidas, y en posición terminal o intercalar.
- ***Fusarium circinatum*:** Este patógeno se aisló de una pudrición seca de la punta del dedo. Las colonias presentaron un crecimiento rápido con textura algodonosa y coloración violeta

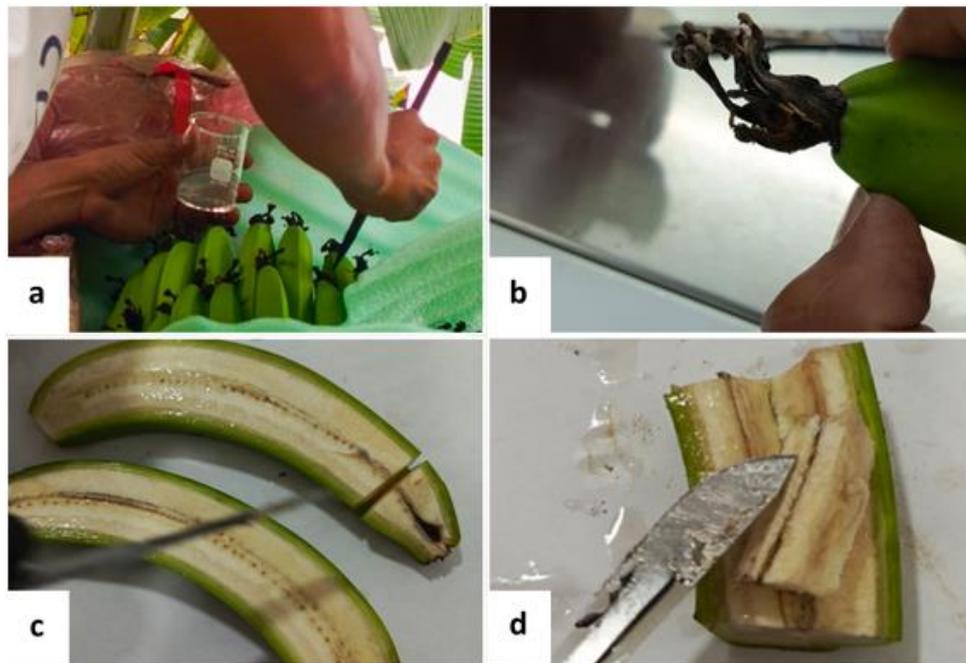
oscuro característica. Microscópicamente, se evidenció la producción de microconidios de forma ovalada sin septos, originados del micelio aéreo. No se observaron macroconidios durante el periodo de evaluación. Según EPPO (2019), esta especie se caracteriza por la ausencia de clamidosporas.

- ***Fusarium proliferatum***: Se aisló de la zona interna del dedo, mostró en medio PDA colonias algodonosas con pigmentación rojo violácea y centro naranja pálido. La caracterización microscópica reveló microconidios periformes sin septos, y macroconidios rectos con tres septos, célula apical papilada y célula basal poco desarrollada. Estas características coinciden con lo reportado por (Refai & Hassan, 2015).
- ***Fusarium oxysporum***: Este aislamiento, obtenido de síntomas de la flor dura en la zona de la punta del dedo, presentó colonias de rápido crecimiento con micelio aéreo inicialmente blanco que posteriormente desarrolló una coloración rojo violácea. Se observaron microconidios pequeños de forma ovalada. Leon & Mattos (2016) describen que esta especie se caracteriza por presentar macroconidios abundantes en esporodoquios con tres septos, célula apical corta, célula basal en forma de pie y abundantes clamidosporas.
- ***Lasiodiplodia theobromae***: Este patógeno aislado de la zona interna del dedo, desarrolló colonias irregulares con rápida extensión micelial, presentando hifas ramificadas, aseptadas y de coloración marrón oscuro. Zinnurine et al. (2024) señalan que esta especie produce picnidios oscuros que originan conidios inicialmente unicelulares, hialinos y aseptados, los cuales posteriormente se tornan bicelulares, marrones y con un septo.

#### **4.4. Prueba de patogenicidad**

A los 15 días de inoculación con *F. oxysporum*, se observó la persistencia anormal de estructuras florales en el ápice del fruto en desarrollo, presentando un proceso de lignificación atípico (Figura 7b). Tras 30 días, los frutos afectados exhiben una deformación característica y

reducción del diámetro, junto a una necrosis progresiva de coloración marrón oscura a negra (Figura 7c-d).



**Figura 7.** Prueba de patogenicidad, con inoculación de *F. oxysporum*: a) Proceso de inoculación del patógeno en campo, b) Lignificación de estructuras florales en la punta del fruto, c) Corte longitudinal mostrando necrosis interna y deformación del fruto, d) Avance de la necrosis interna observado en el corte longitudinal del fruto.

**Fuente:** Autor

La patogenicidad de *F. oxysporum* en el desarrollo de la flor dura se confirma mediante la reproducción exitosa de los síntomas característicos observados en campo. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Ploetz et al. (1994) , quienes describen la capacidad del patógeno para colonizar el sistema vascular y causar necrosis progresiva en los tejidos del fruto. La lignificación anormal de las estructuras florales y su persistencia se atribuyen a la alteración de los procesos fisiológicos normales del fruto por la acción del patógeno, como lo sugieren (Robinson & Galán, 2010). La progresión de los síntomas observada en este estudio corrobora los patrones de desarrollo de la enfermedad documentados por Jones (2009), quien establece una relación directa entre *F. oxysporum* y la manifestación de la flor dura en banano.

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación demuestran que *F. oxysporum* es el principal agente causal de la enfermedad de la flor dura en banano en la zona de estudio, conclusión sustentada por su mayor frecuencia en los aislamientos obtenidos de tejidos sintomáticos con el 5% y la reproducción exitosa de los síntomas característicos mediante pruebas de patogenicidad. El patógeno induce una secuencia característica de síntomas que incluye la persistencia anormal y lignificación de estructuras florales, seguida por deformación de los frutos y reducción del diámetro, además de una necrosis progresiva de coloración marrón oscura a negra.

Si bien se identificaron otras especies fúngicas como *F. equiseti*, *F. circinatum*, *F. proliferatum* y *Lasiodiplodia theobromae*, así como diversas bacterias Gram positivas, la identificación definitiva de *F. oxysporum* como agente causal ofrece un punto de partida sólido para diseñar intervenciones fitosanitarias innovadoras y personalizadas que optimicen el control y la prevención de esta importante enfermedad en las zonas bananeras de El Oro, Ecuador.

## 6. RECOMENDACIONES

- Sistema de monitoreo sistemático: Se deben realizar inspecciones semanales en las plantaciones para detectar tempranamente los síntomas, con especial atención a la persistencia anormal de estructuras florales y deformaciones en los frutos, además de documentar la incidencia y severidad de la enfermedad para establecer umbrales de acción.
- Medidas fitosanitarias preventivas: Se debe asegurar la desinfección de las herramientas utilizadas en las labores culturales, especialmente durante el desflore y deshoje, eliminar y destruir los tejidos infectados fuera de la plantación para reducir las fuentes de inóculo, e implementar barreras sanitarias en los puntos de ingreso a la plantación.
- Mejoramiento de condiciones edafoclimáticas: Se recomienda mantener un programa de fertilización balanceado que fortalezca la resistencia natural de las plantas, regular los niveles de humedad en el suelo mediante un manejo adecuado del riego, e incorporar

materia orgánica para mejorar la estructura del suelo y fomentar la actividad microbiana benéfica.

- Capacitación del personal: El personal técnico y operativo debe recibir entrenamiento en la identificación temprana de síntomas y en la implementación correcta de medidas de control, establecer protocolos claros para el manejo de tejidos infectados y la aplicación de productos fitosanitarios, y mantener registros actualizados de las intervenciones realizadas y su efectividad.

## 7. REFERENCIAS

- Ajila, L. (2021). *Evaluación de sustratos orgánicos en la propagación del Banano (musa x paradisiaca L.) clon williams en vivero* [UTMACH]. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16537/1/TTUACA-2021-IA-DE00003.pdf>
- Alzate Acevedo, S., Díaz Carrillo, Á. J., Flórez-López, E., & Grande-Tovar, C. D. (2021). Recovery of Banana Waste-Loss from Production and Processing: A Contribution to a Circular Economy. *Molecules*, 26(17). <https://doi.org/10.3390/molecules26175282>
- Apolinario, G. (2018). *Identificación bioquímica y molecular de bacterias patógenas aisladas de plantas de papa (Solanum tuberosum) cultivadas en Chirgua, Edo. Carabobo, Venezuela* [Universidad Central de Venezuela]. <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/19685/1/TEG%20Genesis%20Apolinario.pdf>
- Azuero, B. (2020). *Efecto del biocarbón y microorganismos en la producción y estado fitosanitario de banano orgánico en la parroquia La Victoria* [UTMACH]. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15530/1/TTUACA-2020-IA-DE00002.pdf>
- Céspedes, C. (2004). *Calidad de fruta en banano de exportación: algunas implicaciones de manejo*. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). <https://intranet.cedaf.org.do/digital/calidadbananoidiaf.pdf>
- Dominguez, C. (2021). *Comparación de tratamientos de biochar + óxido de silicio (sio2) aplicado a un suelo bananero en el cantón el guabo* [UTMACH]. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16552/1/TTUACA-2021-IA-DE00018.pdf>
- EPPO. (2019). PM 7/91 (2) *Fusarium circinatum* (formerly *Gibberella circinata*). *EPPO Bulletin*, 49(2), 228–247. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/epp.12587>
- Francis, I., Holsters, M., & Vereecke, D. (2010). The Gram-positive side of plant–microbe interactions. *Environmental Microbiology*, 12(1), 1–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2009.01989.x>
- Jiménez, G., & Vélez, A. (2012). Tinción de Gram de tejido: alcances y limitaciones. *Medicina & Laboratorio*, 18, 557–573. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=716479643004>
- Jones, D. R. (2009). Disease and pest constraints to banana production. *Acta Hort.*, 828, 21–36. <https://doi.org/https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.828.1>
- León Ajila, J. P., Espinosa Aguilar, M. A., Carvajal Romero, H. R., & Quezada Campoverde, J. (2023). Análisis de la producción y comercialización de banano en la provincia de El

- Oro en el periodo 2018-2022. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 7494–7507. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.4981](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4981)
- Leon, B., & Mattos, L. (2016). Hongos Fitopatógenos asociados a semillas de palto (*Persea Americana* mill.). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 18, 423–430. <https://doi.org/https://doi.org/10.18271/ria.2016.216>
- León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <http://repositorio.iica.int/handle/11324/7228> Colecciones
- Li, H., Li, L., Chi, Y., Tian, Q., Zhou, T., Han, C., Zhu, Y., & Zhou, Y. (2020). Development of a standardized Gram stain procedure for bacteria and inflammatory cells using an automated staining instrument. *MicrobiologyOpen*, 9(9), e1099. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/mbo3.1099>
- Loor, S. (2020). *Identificación y caracterización morfológica del agente patógeno que causa la enfermedad del “dedo pudre” en el cultivo de Banano*. [UTEQ]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6078>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *Análisis del mercado del banano: resultados preliminares 2019*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3f817670-4e77-4074-baee-56be1265f061/content>
- Ploetz, R. C., Thomas, J. E., & Slabaugh, W. R. (2003). Diseases of banana and plantain. *CABI*, 73–134. <https://doi.org/10.1079/9780851993904.0073>
- Ploetz, R. C., Zentmyer, G. A., Nishijima, W. T., Rohrbach, K. G., & Ohr, H. D. (1994). *Compendium of tropical fruit diseases*. (Vol. 8). American Phytopathological Society (APS). <https://doi.org/0-89054-162-0>
- Quiñonez, M. (2020). *Evaluación de mezcla física: fertilizante químico con enmiendas edáficas en el cultivo de banano (musa x paradisiaca l.)* [UTMACH]. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16143/1/TTUACA-2020-IA-DE00026.pdf>
- Refai, M., & Hassan, A. (2015). *Monograph on the Genus Fusarium*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3104.2728>
- Robinson, J. C., & Galán, V. (2010). *Bananas and plantains*. (Issue Ed.2). *CABI*. <https://doi.org/10.1079/9781845936587.0000>
- Tene, J. (2021). *Efecto de la fertilización edáfica nitrogenada y potásica en parámetros agronómicos del cultivo de banano (musa x paradisiaca.) clon williams* [UTMACH].

<https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16571/1/TTUACA-2021-IA-DE00037.pdf>

- Tuz, I., Quevedo Guerrero, J., García Batista, R., & Herrera, S. (2018). *Manejo integrado del cultivo de banano (musa x paradisiaca l.) clon Williams, usando biocarbón y microorganismos eficientes* [UTMACH]. [https://www.researchgate.net/publication/349642463\\_Manejo\\_integrado\\_del\\_cultivo\\_de\\_banano\\_musa\\_x\\_paradisiaca\\_l\\_clon\\_Williams\\_usando\\_biocarbon\\_y\\_microorganismos\\_eficientes](https://www.researchgate.net/publication/349642463_Manejo_integrado_del_cultivo_de_banano_musa_x_paradisiaca_l_clon_Williams_usando_biocarbon_y_microorganismos_eficientes)
- Vásquez-Castillo, W., Racines-Oliva, M., Moncayo, P., Viera, W., & Seraquive, M. (2019). Calidad del fruto y pérdidas poscosecha de banano orgánico *Musa acuminata* en el Ecuador. *Enfoque UTE*, 10, 57–66.
- Viljoen, A., Mahuku, G., Massawe, C., Ssali, R., Kimunye, J., Mostert, D., Ndayihanzamaso, P., & Coyne, D. (2017). *Banana Diseases and Pests Field Guide for Diagnostics and Data Collection Improvement of banana for smallholder farmers in the Great Lakes Region of Africa*. [https://www.researchgate.net/publication/316788019\\_Banana\\_Diseases\\_and\\_Pests\\_Field\\_Guide\\_for\\_Diagnostics\\_and\\_Data\\_Collection\\_Improvement\\_of\\_banana\\_for\\_smallholder\\_farmers\\_in\\_the\\_Great\\_Lakes\\_Region\\_of\\_Africa\\_Improvement\\_of\\_banana\\_for\\_smallholder\\_farmer](https://www.researchgate.net/publication/316788019_Banana_Diseases_and_Pests_Field_Guide_for_Diagnostics_and_Data_Collection_Improvement_of_banana_for_smallholder_farmers_in_the_Great_Lakes_Region_of_Africa_Improvement_of_banana_for_smallholder_farmer)
- Zhiminaicela Cabrera, J. B., Quevedo Guerrero, J. N., & García Batista, R. M. (2020). LA PRODUCCIÓN DE BANANO EN LA PROVINCIAL DE EL ORO Y SU IMPACTO EN LA AGROBIODIVERSIDAD. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3, 189–195. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=721778107024>
- Zinnurine, R., Sohrab, M., Afroz, F., Rony, S., Akhter, S., Begum, M., & Rana, M. (2024). Morphological and molecular identification of biologically active endophytic fungi isolated from *Dillenia indica* L. *Bangladesh Journal of Plant Taxonomy*, 31, 311–320. <https://doi.org/10.3329/bjpt.v31i2.78758>