

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

Determinación de la presencia de Fusarium raza 4 Tropical (*Fusarium oxysporum* f.sp. cubense) en *Musa sp.* en la Provincia de Chanchamayo

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Autor:

Bach. Jhonatan GUERRA SOTOMAYOR

Asesor:

Mg. Iván SOTOMAYOR CORDOVA

La Merced – Perú – 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

Determinación de la presencia de Fusarium raza 4 Tropical (*Fusarium oxysporum* f.sp. cubense) en *Musa sp.* en la Provincia de Chanchamayo

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Carlos Adolfo DE LA CRUZ MERA
PRESIDENTE

Mg. Carlos RODRIGUEZ HERRERA
MIEMBRO

Mg. José Hernán RODRIGUEZ HUATAY
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 010-2026/UIFCCAA/V

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por
GUERRA SOTOMAYOR, Jhonatan

Escuela de Formación Profesional
Agronomía - La Merced

Tipo de trabajo

Tesis

Determinación de la presencia de Fusarium raza 4 Tropical (*Fusarium oxysporum f.sp. cubense*) en Musa sp. en la Provincia de Chanchamayo

Asesor

Mg. SOTOMAYOR CORDOVA, Iván

Índice de similitud

19 %

Calificativo

APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti-plagio.

Cerro de Pasco, 08 de abril de 2026



Firmado digitalmente por HUANES
TOVAR Luis Antonio FAU
20154605046.pdf
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 08.04.2026 12:48:29 -05:00

Firma Digital
Director UIFCCAA

DEDICATORIA

Principalmente a Dios, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta.

A mis padres, por todo su amor y por motivarme a seguir adelante.

También a mis hermanos, por brindarme su apoyo moral en esas noches de insomnio académico.

De manera especial a

Todos mis seres queridos que se nos adelantaron a la presencia de nuestro señor y que desde el cielo son la luz que me daba fuerzas para continuar.

A mis hermanos y familiares menores, por todo su apoyo incondicional, espero les sirva de ejemplo de que todo se puede lograr.

AGRADECIMIENTO

A los docentes

“Sus palabras fueron sabias, sus conocimientos rigurosos y precisos, a ustedes mis maestros queridos, les debo mis conocimientos. Donde quiera que vaya, los llevaré conmigo en mi transitar profesional. Su semilla de conocimientos, germinó en el alma y el espíritu. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación perseverancia y tolerancia.

A mis padres:

“Ustedes han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis horas de estudio. Siempre han sido mis mejores guías de vida. Hoy cuando concluyo mis estudios, les dedico a ustedes este logro, amados padres, como una meta más conquistada. Gracias por ser quienes son y por creer en mí”

A mis compañeros:

“Mis amigos y compañeros de viaje, hoy culmina esta maravillosa aventura y no puedo dejar de recordar cuantas tardes y horas de trabajo nos juntamos a lo largo de nuestra formación. Hoy me toca cerrar un capítulo maravilloso en esta historia de vida y no puedo dejar de agradecerles por su apoyo y constancia, al estar en las horas más difíciles, por compartir horas de estudio. Gracias por estar siempre allí.”

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general determinar la presencia de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Raza 4 Tropical (Foc R4T) en *Musa* sp. en la Provincia de Chanchamayo durante la campaña agrícola 2024. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, utilizando técnicas de muestreo estratificado por distrito y análisis molecular (PCR) para la detección del patógeno en plantas de plátano y banano. El estudio abarcó los principales distritos productivos de la provincia: Chanchamayo, San Luis de Shuaro, Perene, Pichanaki, San Ramón y Vitoc. Los resultados obtenidos indicaron la ausencia de Foc R4T en todas las muestras analizadas, lo que confirma que la región se mantiene libre de esta amenaza fitosanitaria de alto impacto económico y social. Sin embargo, se detectó la presencia de *Fusarium oxysporum* Raza 1 en algunas localidades, lo que subraya la necesidad de mantener medidas de vigilancia y manejo integrado. La investigación demostró la eficacia de los métodos de diagnóstico empleados y resaltó la importancia de las campañas de prevención, la capacitación agrícola y la implementación de estrictos protocolos de bioseguridad para evitar el ingreso del patógeno. Se concluye que la articulación institucional y la educación continua son fundamentales para preservar la sanidad de los cultivos de musáceas en la provincia y responder oportunamente ante cualquier eventual brote futuro.

Palabras claves: bioseguridad, *Fusarium* R4T, *Musa* sp., vigilancia fitosanitaria, diagnóstico molecular.

ABSTRACT

This research aimed to determine the presence of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Tropical Race 4 (Foc R4T) in *Musa* sp. within the Province of Chanchamayo during the 2024 agricultural campaign. A quantitative approach was used, employing stratified sampling across all major districts and molecular diagnostics (PCR) for pathogen detection in banana and plantain plants. The methodology encompassed the primary productive districts: Chanchamayo, San Luis de Shuaro, Perene, Pichanaki, San Ramón, and Vitoc. The results revealed an absence of Foc R4T in all analyzed samples, confirming that the region remains free of this economically and socially high-impact phytosanitary threat. However, *Fusarium oxysporum* Race 1 was detected in some locations, highlighting the necessity of maintaining continuous surveillance and integrated management practices. The research validated the effectiveness of the diagnostic procedures used and underscored the importance of preventative campaigns, agricultural training, and rigorous biosecurity protocols to prevent pathogen entry. The findings demonstrate that institutional coordination and ongoing education are essential to preserve the health of local musaceae crops and to respond effectively to any potential future outbreaks.

Keywords: biosecurity, *Fusarium* R4T, *Musa* sp., phytosanitary surveillance, molecular diagnostics

INTRODUCCIÓN

La enfermedad devastadora que impacta las cosechas de *Musa* sp. se conoce como marchitez por *Fusarium*. Es provocada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense (Foc), entre ellos el plátano y el banano, y representa una amenaza significativa para la agricultura mundial (Ploetz, 2019). Particularmente, la emergencia de la Raza 4 Tropical (Foc R4T) ha generado alarma global debido a su capacidad para afectar una amplia gama de variedades de *Musa*, incluyendo aquellas variedades comerciales predominantes como la Cavendish (Dita et al., 2018). En este contexto, la identificación oportuna y precisa de Foc R4T es fundamental para prevenir su propagación y mitigar su impacto económico y social (Ordoñez et al., 2019).

En Perú, la provincia de Chanchamayo es una región clave para la producción de plátano, que constituye una fuente relevante de ingresos y sustento para numerosas familias (Perez et al., 2016). La posible introducción de Foc R4T en esta provincia podría tener consecuencias devastadoras tanto a nivel agrícola como social. Por lo tanto, la vigilancia fitosanitaria focalizada y el diagnóstico molecular son herramientas estratégicas esenciales para la detección temprana del patógeno y para la implementación de medidas de manejo integrado (Stover, 2019).

El diagnóstico efectivo de Foc R4T enfrenta varios retos, entre ellos la similitud de síntomas con otras enfermedades o estrés abiótico, lo que dificulta la identificación visual en campo (García-Bastidas et al., 2020). Por esta razón, la implementación de técnicas moleculares, sobre todo la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), ha mejorado significativamente la capacidad para detectar la presencia del patógeno con precisión (Martínez et al., 2023). La aplicación de estas técnicas en áreas potencialmente afectadas, como Chanchamayo, es indispensable para evitar falsos positivos y respuestas erróneas en las políticas de control.

El manejo integrado de la marchitez por *Fusarium* ha evolucionado hacia estrategias que combinan prácticas culturales, control biológico y desarrollo de variedades resistentes o tolerantes (Dita et al., 2018). Sin embargo, la disponibilidad de material genético resistente

todavía es limitada, y su adopción puede verse limitada por costos y tiempo de desarrollo (Thangavelu Mustafa, 2020). Por ello, la prevención mediante bioseguridad y control de movilización de material vegetal sigue siendo una medida prioritaria para contener la dispersión de Foc R4T.

Adicionalmente, factores ambientales y el cambio climático pueden influir en la epidemiología del patógeno, afectando su supervivencia y dispersión, por lo que es necesario estudiar cómo estas variables impactan en la dinámica de la enfermedad en Chanchamayo (Bebber, 2019). En ese sentido, fortalecer el conocimiento local y regional permitirá una mejor adaptación de las estrategias de manejo, basadas en evidencia contextualizada.

El estudio actual tiene como objetivo identificar la existencia de *Fusarium oxysporum* f.sp. cubense Raza 4 Tropical en *Musa* sp. en la provincia de Chanchamayo. La investigación, con diseño descriptivo y correlacional, se desarrolló con un muestreo estratificado y técnicas moleculares, para aportar evidencia científica que sustente la toma de decisiones y la formulación de políticas públicas orientadas a la protección y sostenibilidad de los cultivos de musáceas en la región.

Finalmente, esta investigación busca contribuir al cierre de la brecha informativa existente sobre la incidencia de Foc R4T en Chanchamayo, apoyando la articulación entre productores, investigadores y autoridades fitosanitarias para garantizar la seguridad y productividad agropecuaria regional (CABI, 2017). La necesidad de una gestión colaborativa y multidisciplinaria es clave para afrontar este desafío fitosanitario con eficacia y sostenibilidad.

INDICE

Página

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación	3
1.3. Formulación del problema.....	3
1.3.1. Problema general	3
1.3.2. Problemas específicos.....	3
1.4. Formulación de objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Justificación de la investigación	4
1.6. Limitaciones de la investigación.....	6

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	8
2.2. Bases teóricas - científicas	10
2.2.1. El cultivo del plátano.....	10
2.2.2. Fusarium	25

2.3. Definición de términos básicos.....	27
2.4. Formulación de la hipótesis	29
2.4.1. Hipótesis general.....	29
2.4.2. Hipótesis específicas.....	29
2.5. Identificación de variables.....	29
2.4.3. Variable independiente.....	29
2.4.4. Variable dependiente.....	29
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.....	30

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación	31
3.2. Nivel de investigación	31
3.3. Método de investigación	31
3.4. Diseño de la investigación	31
3.5. Población y muestra	32
3.5.1. Población	32
3.5.2. Muestra	32
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	32
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	33
3.8. Tratamiento estadístico.....	33
3.9. Orientación ética, filosófica y epistémica.....	33

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	35
4.1.1. Lugar de ejecución	35
4.1.2. Materiales y equipos.....	36

4.1.3. Procedimiento y conducción del experimento.....	37
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	42
4.2.1. Presencia de Fusarium según el origen del material vegetal	42
4.3. Prueba de Hipótesis.....	45
4.4. Discusión de resultados.....	45
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Presencia de Fusarium según el origen del material vegetal	42
Tabla 2. Presencia de Fusarium en banano y plátano	43
Tabla 3. Presencia de Fusarium según cultivar	44

INDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1. Presencia de Fusarium según el origen del material vegetal	42
Gráfico 2. Presencia de Fusarium en Banano y Plátano	43
Gráfico 3. Presencia de Fusarium según cultivar	44

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

La enfermedad conocida como marchitez por Fusarium, que se origina a partir de la especie *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, es una de las más devastadoras para los cultivos de plátano y banano, y la emergencia de la raza 4 tropical (Foc R4T) ha generado una alarma global debido a su capacidad para afectar a una amplia gama de variedades de *Musa*, incluyendo las Cavendish que dominan el comercio internacional (Ploetz, 2019).

En la Provincia de Chanchamayo, la producción de plátano es una actividad económica significativa, y la posible introducción de Foc R4T podría tener consecuencias devastadoras. La detección temprana y precisa es fundamental para la implementación de estrategias de manejo integrado (Ordoñez et al., 2019).

Sin embargo, la identificación de Foc R4T es compleja, ya que los síntomas pueden confundirse con otras enfermedades o con el estrés abiótico (García-Bastidas et al., 2020).

La vigilancia fitosanitaria en Chanchamayo es esencial para prevenir la entrada y dispersión de Foc R4T. Los estudios han demostrado que la aplicación de prácticas de bioseguridad y la utilización de material de siembra certificado son medidas efectivas para limitar la propagación del patógeno (Butler, 2019).

La resistencia genética ofrece una solución a largo plazo para el manejo de la marchitez por *Fusarium*. Sin embargo, el desarrollo y la adopción de variedades resistentes son procesos lentos y costosos, y actualmente no hay variedades comerciales de plátano que sean completamente resistentes a Foc R4T (Thangavelu & Mustafa, 2020).

El manejo integrado de enfermedades, que combina prácticas culturales, control biológico y resistencia genética, se presenta como la estrategia más prometedora para el manejo de Foc R4T. La rotación de cultivos y el uso de antagonistas microbianos son ejemplos de prácticas que pueden reducir la incidencia de la enfermedad (Dita et al., 2018).

La educación y la capacitación de los agricultores en Chanchamayo son fundamentales para optimizar la asimilación de prácticas de manejo integrado del cultivo. La falta de conocimiento sobre la enfermedad y las medidas de control puede conducir a la adopción de prácticas inadecuadas que favorecen la dispersión del patógeno (Ghag et al., 2020).

El cambio climático puede influir en la epidemiología de la marcha por *Fusarium*, ya que las condiciones ambientales afectan la supervivencia y la dispersión del patógeno. Es necesario investigar cómo los cambios en el clima pueden afectar la dinámica de la enfermedad en Chanchamayo (Bebber, 2019).

La cooperación global y el intercambio de datos son fundamentales para la gestión de Foc R4T. La enfermedad no conoce fronteras, y la cooperación entre países es esencial para desarrollar estrategias de manejo efectivas y para la investigación de variedades resistentes (Fernandez & Jeffries, 2020).

En suma, se establece la existencia de *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense raza 4 en *Musa* sp. En la Provincia de Chanchamayo la situación es un asunto complicado que necesita una estrategia multidisciplinaria y la cooperación entre agricultores, científicos y autoridades fitosanitarias. La investigación continua, la

vigilancia y la implementación de prácticas de manejo integrado son esenciales para resguardar la industria del plátano en la región.

1.2. Delimitación de la investigación

- Delimitación espacial: La investigación se realizó en la Provincia de Chanchamayo. Sus límites son: Por el norte se encuentra el departamento de Pasco, por el este se encuentra la provincia de Satipo, por el sur se encuentra la provincia de Jauja y por el oeste la provincia de Tarma. La Merced es su capital.
- Delimitación temporal: La información que se tomó en cuenta para llevar a cabo este estudio se recolectó durante la campaña agrícola 2024.
- Delimitación temática: La investigación se construyó en base al conocimiento de la producción de *Musa sp.* y el efecto que produce en este cultivo *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense raza 4.
- Delimitación académica: Este proyecto de investigación propuesto satisface las exigencias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión respecto al nivel y método de investigación para proyectos de tesis de pre grado, contemplados en el reglamento de grados y títulos. Con base en libros, textos y análisis que proporcionen ideas y sobre la producción de *Musa sp.* y el impacto que ejerce sobre este cultivo *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense raza 4.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la incidencia de *Fusarium* raza 4 Tropical (*Fusarium oxysporum* f.sp. cubense) en *Musa sp.* en la Provincia de Chanchamayo?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la incidencia sintomática de Foc TR4 en variedades Cavendish y otras *Musa spp.* en la provincia?
- ¿Cuál es la incidencia de *Fusarium* raza 4 Tropical en *Musa sp.* a nivel de distritos en la provincia de Chanchamayo?

- ¿Cuáles son los factores edafoclimáticos locales en Chanchamayo que favorecen la propagación de Foc TR4 en suelos *Musa spp.*?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la incidencia de *Fusarium* raza 4 Tropical (*Fusarium oxysporum* f.sp. cubense) en *Musa sp.* en la Provincia de Chanchamayo.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Determinar la incidencia sintomática de Foc TR4 en variedades Cavendish y otras *Musa spp.* en la provincia.
- b. Determinar la incidencia de *Fusarium* raza 4 Tropical en *Musa sp.* a nivel de distritos en la provincia de Chanchamayo.
- c. Determinar los factores edafoclimáticos locales en Chanchamayo que favorecen la propagación de Foc TR4 en suelos *Musa spp.*

1.5. Justificación de la investigación

La investigación sobre la presencia de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 4 (Foc R4) en la Provincia de Chanchamayo es de suma importancia debido al papel crítico que desempeña el cultivo de plátano en la economía local y nacional. Este patógeno ha demostrado ser devastador en otras regiones, y su introducción en áreas productivas podría resultar en pérdidas significativas tanto para los agricultores como para la seguridad alimentaria (Ploetz, 2019).

Chanchamayo es una de las regiones más relevantes para el cultivo de plátano en Perú, donde la producción contribuye a la subsistencia de numerosas familias. El establecimiento de Foc R4 en esta área no solo comprometería la viabilidad económica de los cultivos, sino que también impactaría la estructura social de las comunidades que dependen de este cultivo (Pérez et al., 2016). Por lo tanto, es esencial identificar la presencia de este patógeno para mitigar sus efectos.

La identificación temprana de Foc R4 es de suma importancia para establecer estrategias de manejo integrado de plagas y enfermedades, lo que podría ayudar a

prevenir la propagación del hongo. Métodos de diagnóstico modernos, como la biología molecular, permiten detectar la presencia de Foc R4 de manera más rápida y precisa, facilitando la toma de decisiones adecuadas para el manejo (Staver, 2019).

A pesar de la creciente preocupación por el Foc R4 en otras regiones de América Latina, en Chanchamayo existen pocas investigaciones que aborden específicamente este problema. La falta de datos sobre la presencia de este patógeno en la zona dificulta el diseño de estrategias de manejo y control adecuadas (Bai et al., 2018). Por lo tanto, esta investigación busca llenar ese vacío informativo.

Asimismo, el cambio climático y prácticas agrícolas inadecuadas han sido factores que favorecen la propagación de enfermedades como la causada por Foc R4 (Zhang et al., 2016). Comprender cómo estos factores interactúan en el contexto de Chanchamayo es fundamental para desarrollar un enfoque de manejo sostenible que garantice la producción a largo plazo.

El desarrollo de prácticas agrícolas resilientes y el uso de variedades de plátano resistentes a enfermedades son componentes críticos en el manejo de Foc R4. Investigaciones previas han demostrado que la implementación de estas prácticas puede ser efectiva en otras regiones, lo que sugiere que su adaptación en Chanchamayo podría ser igualmente beneficiosa (Dita et al., 2018).

Finalmente, realizar un estudio sobre la presencia de Foc R4 no solo permitirá a los productores de plátano tomar decisiones informadas, sino que también contribuirá al fortalecimiento de políticas públicas que fomenten la sanidad vegetal en la región. Un enfoque colaborativo que involucre a investigadores, productores y autoridades es esencial para enfrentar este desafío (CABI, 2017).

Por lo tanto, la investigación sobre la presencia de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 4 en *Musa* sp. en Chanchamayo es un paso crucial hacia el desarrollo de un manejo efectivo y sostenible que asegure la producción y la rentabilidad del cultivo de plátano en esta importante región.

1.6. Limitaciones de la investigación

Desde el ámbito financiero la ejecución de la investigación no presentó limitaciones porque fue realizada con recursos propios (autofinanciada), asimismo, los recursos humanos serán adoptados por el tesista y de ser necesario se cuenta con personal para ser contratado.

La investigación se realizó en la provincia de Chanchamayo, se contó con acceso viable a las zonas productoras de *Musa sp.*; así que se contó con todos los materiales que requirió el desarrollo del trabajo.

Las limitaciones de la investigación se pudieron presentar por las siguientes razones:

- Dificultades en la Detección Temprana: Hasta 2023, una de las principales limitaciones en la detección de Foc R4T era la falta de síntomas visibles en las etapas tempranas de la infección, lo que dificultaba la identificación rápida y la contención del patógeno (Ploetz, 2019).
- Diagnóstico Preciso: Los métodos de diagnóstico para Foc R4T, como el cultivo en medios selectivos y la PCR, requerían laboratorios bien equipados y personal capacitado, recursos que podrían ser limitados en regiones como Chanchamayo (Dita et al., 2018).
- Variabilidad Genética del Patógeno: La alta variabilidad genética de Foc R4T complicaba la creación de estrategias de manejo, ya que las pruebas de detección debían ser capaces de identificar múltiples variantes del patógeno (Ordoñez et al., 2019).
- Manejo de la Enfermedad: La falta de opciones de manejo efectivas y sostenibles para Foc R4T limitaba la capacidad de respuesta ante su detección. Las prácticas culturales y el uso de fungicidas no siempre eran efectivas y podían ser económicamente inviables para los agricultores locales (Staver et al., 2020).
- Resistencia Genética: Hasta 2023, el desarrollo de variedades de *Musa* resistentes a Foc R4T era limitado y no estaba ampliamente disponible para los

productores de Chanchamayo. La introducción de material genético resistente era un proceso lento y costoso (Thangavelu & Mustafa, 2020).

- Bioseguridad y Prácticas Agrícolas: Implementar medidas de bioseguridad efectivas para prevenir la introducción y dispersión de Foc R4T era un desafío, especialmente en áreas con prácticas agrícolas tradicionales y conciencia limitada sobre la sanidad vegetal (Butler, 2019).
- Cambio Climático: El cambio climático podía alterar los patrones de enfermedades y la distribución de Foc R4T, lo que requería modelos predictivos y estrategias de adaptación que aún estaban en desarrollo (Bebber, 2019).
- Educación y Capacitación: La ausencia de programas apropiados de formación y educación para los agricultores en Chanchamayo restringe la puesta en marcha de prácticas de gestión integrada y la adopción y adaptación de variedades resistentes (Ghag et al., 2020).
- Infraestructura de Investigación: La investigación sobre Foc R4T en Chanchamayo podía estar limitada por la falta de infraestructura y financiamiento para estudios a largo plazo que eran necesarios para monitorear la presencia y evolución del patógeno (Fernandez & Jeffries, 2020).
- Cooperación Internacional: Es esencial una cooperación internacional eficaz para la gestión de Foc R4T, pero las barreras políticas y económicas a menudo limitan el intercambio de información y recursos entre países y regiones afectadas (García-Bastidas et. al., 2020).

Finalmente, la limitación pudo darse de haberse presentado problemas de convulsión social, como huelgas y paros, que pudieron atentar con la integridad del personal y materiales de investigación.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

La amenaza de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* raza 4 (Foc R4) ha crecido de manera preocupante en los últimos años, afectando el cultivo de plátano y banano a nivel mundial. Este patógeno, responsable de la enfermedad conocida como marchitez por Fusarium, ha mostrado una capacidad devastadora para desplazar a las razas previas de la enfermedad, lo que ha generado preocupación entre los productores y científicos (Ploetz, 2019).

En Perú, la producción de plátano tiene una gran relevancia a nivel social y económico, especialmente en regiones como Chanchamayo, donde se cultivan diversas variedades de *Musa* sp. (Pérez et al., 2016). La presencia de Foc R4 en esta zona no solo podría comprometer la producción local, sino también tener repercusiones en la seguridad alimentaria y en la economía regional.

Los informes sobre la detección de Foc R4 en América Latina han comenzado a surgir desde el año 2014, con datos que sugieren su dispersión en áreas productoras de banano y plátano (Bai et al., 2018). A pesar de estos hallazgos, la falta de estudios específicos en la Provincia de Chanchamayo ha dificultado la comprensión del impacto potencial de este patógeno en la región.

Investigaciones previas en otras partes de Perú, como la región de Piura, han mostrado la presencia de Foc R4 en cultivos de banano, lo que ha conducido a la puesta en marcha de medidas de manejo para controlar su difusión (Valenzuela et al., 2017). Sin embargo, se requiere un enfoque más regionalizado para abordar el problema en Chanchamayo, donde las condiciones agroecológicas pueden variar significativamente.

La identificación temprana de Foc R4 es de suma importancia para implementar estrategias de MIPrado de plagas y enfermedades. Según Staver (2019), los métodos de diagnóstico molecular han demostrado ser efectivos para la detección de este patógeno, lo que permite un manejo más oportuno y efectivo de las infecciones en los cultivos. Esto subraya la necesidad de llevar a cabo estudios en campo para evaluar la prevalencia del hongo en la zona.

La sanidad vegetal es fundamental en la producción agrícola, y el manejo de Foc R4 requiere la colaboración de productores, investigadores y autoridades locales. En este contexto, la investigación debe centrarse en la implementación de prácticas sostenibles y el uso de variedades resistentes, como se ha sugerido en otros estudios (Dita et al., 2018).

El efecto del cambio climático por otra parte, y las prácticas agrícolas inadecuadas han sido identificados como factores que pueden favorecer la propagación de Foc R4 (Zhang et al., 2016). Esto resalta la importancia de entender las dinámicas ambientales en Chanchamayo para evaluar la susceptibilidad de los cultivos a este patógeno.

Finalmente, la creación de un plan de monitoreo a tiempo real podría ser beneficioso para identificar la presencia de Foc R4 en las áreas de cultivo de Chanchamayo, así como para educar a los agricultores sobre prácticas de manejo que reduzcan el riesgo de infección (CABI, 2017). La combinación de investigación, educación y práctica agrícola podría ser la clave para mitigar el impacto de este hongo en la región.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. El cultivo del plátano

A. Origen

El plátano tiene su origen en Malasia, donde los humanos lo domesticaron hace miles de años. Desde allí, su cultivo se extendió por Indonesia hacia el sur y el oeste, alcanzando lugares como Hawái y las islas de la Polinesia. Los mercaderes europeos lo llevaron a su continente alrededor del siglo III a. C., y más tarde, en el siglo XVI, llegó a Sudamérica, específicamente a Santo Domingo (Figuroa y Wilson, 1992).

B. El cultivo de plátano en el Perú

Considerada como una importante fuente de nutrición tanto para los consumidores como para los productores y sus familias. Asimismo, proporciona ingresos económicos a las familias dedicadas a esta cultura, permitiéndoles financiar otras actividades agrícolas. Los plátanos se cocinan principalmente, se fríen y se comen maduros o crudos. Las más comerciales son las variedades: Bellaco e Inguiri principalmente; y las más consumidas en casa como frutas son: Seda (Cavendish, Gros Michel), Isla, Moquicho o Biscochito y Capirona. Al rededor del 90% de la producción de plátano se orienta al autoconsumo familiar, mientras que apenas el 10% restante se destina a la comercialización, ya sea a nivel regional, nacional o incluso para exportación (Herrera & Colonia, 2011).

C. Valor nutricional del plátano

El plátano destaca por su alto valor energético, que alcanza aproximadamente 1 caloría por gramo de fruto fresco, junto con un contenido significativo de azúcares que oscila entre el 15% y el 22%, y un mínimo de 18 grados Brix. Además, presenta al menos un 30-40% de sólidos solubles, entre 1,1% y 2,7% de proteínas, vitamina C, así como

0,4-0,65% de ácido cítrico y un pH en el rango de 4,2 a 4,6. Contiene vitaminas del complejo B (B1, B2 y B6), vitamina A, y es bajo en grasas; se distingue por su escasa fibra cruda y lípidos, con un 70-74% de humedad, cerca del 1% de proteínas, 0,3-0,5% de lípidos, 20-30% de carbohidratos totales, 0,5% de fibra y 1% de cenizas. Igualmente, aporta cantidades modestas de hierro (0,1 mg) y potasio (400 mg) por porción (Solis, 2007).

D. Taxonomía

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Monocotiledónea
Orden	: Zingiberales
Familia	: Musacea
Género	: Musa
Especie	: Musa paradisiaca L. (Belalcazar, 1991).

E. Morfología

a. Planta

La planta se clasifica como una hierba perenne de gran tamaño, con un rizoma corto y un pseudotallo visible que surge de la unión de las vainas foliares; este tiene forma cónica, mide entre 3,5 y 7,5 metros de altura, y culmina en una corona frondosa de hojas (Belalcazar, 1991).

b. Rizoma o bulbo

El rizoma actúa como tallo subterráneo y alberga numerosos meristemos o puntos de crecimiento, los cuales generan nuevos pseudotallos, raíces y yemas vegetativas (Belalcazar, 1991).

c. Sistema radicular

Desarrolla un sistema de raíces superficiales que se extiende en una capa de 30-40 cm de profundidad, aunque la mayor densidad se concentra en los primeros 15-20 cm del suelo (Belalcazar, 1991).

d. Raíz

Son blancos y se ablandan a medida que emergen. Luego amarillento y duro. Su diámetro es de 5 - 8 mm. Estas raíces pueden extenderse lateralmente hasta 2,5-3 metros y descender hasta 1,5 metros de profundidad. Sin embargo, su capacidad de penetración resulta limitada, de modo que la distribución del sistema radicular depende en gran medida de la textura y la estructura del suelo (Belalcazar, 1991).

e. Tallo

Los tallos reales corresponden a rizomas grandes y ricos en almidón, provistos de yemas que brotan una vez que la planta ha florecido y producido frutos. Conforme cada chupón del rizoma madura, su yema apical se transforma en una inflorescencia; esta se impulsa hacia arriba desde el interior del suelo mediante el alargamiento del tallo, hasta que finalmente emerge por encima del pseudotallo (Belalcazar, 1991).

f. Hojas

Surgen del centro del meristema terminal, en la parte superior del rizoma. Inicialmente, se observan formaciones de pecíolo y nervio central, que terminan en filamentos que luego se convierten en el pecíolo total. Se alarga una parte de la vena, el borde izquierdo empieza a cubrir el borde derecho, y se eleva, creando un semimargen. Las hojas brotan desde el interior del pseudotallo y emergen enrolladas en forma de cigarro. Las hojas son grandes de

color verde, agrupadas en forma espiral, con un largo de 2 a 3 metros y de 0,5 a 0,75 m de ancho como máximo, con pecíolos de 0,5 m de largo en promedio y elípticos, ligeramente alargada hacia la lámina de la hoja y el pecíolo (Ministerio de Agricultura de Cuba, 2018).

A medida que envejecen, se rompen fácilmente con las ráfagas laterales. Durante la floración, se desarrollan tallos peludos de 5 a 6 cm de diámetro del dosel de la hoja, que terminan en racimos colgantes de 1 a 1,5 m de largo, que contienen alrededor de 20 brácteas ovales, puntiagudas, de color rojo púrpura recubierta de una capa pulverulenta blanquecina en la punta. Las flores brotan de las axilas de estas brácteas (MINAGRI, 2014).

g. Flores (bellota)

De colores amarillentas, con ovario ínfero, de formas irregulares, conformado de seis estambres y tres pistilos en el gineceo. La totalidad de la inflorescencia conforma el “régimen” del platanero. La agrupación de flores en cada bráctea y que después se convierte en una agrupación de frutos, viene a conformar lo que se llama “mano”, y racimo se compone de 3 a 20 frutos en total. Un racimo típico no suele superar las 4 manos, salvo en variedades de alta fructificación que llegan a registrar entre 12 y 14 (MINAGRI, 2014).

h. Fruto

En forma de baya ovalada, en el transcurso del desarrollo del fruto, de acuerdo al tamaño y peso, éstos se inclinan de forma geotrópica. Los plátanos son polimórficos y tienen entre cinco y veinte manos, cada una con entre dos y veinte frutos. Su color puede ser amarillo, amarillento o rojo (MINAGRI, 2014).

i. Propagación

a. Por división de brotes

En este tipo de propagación es preferible escoger cormos de plataneros jóvenes y recientemente cosechados. Es fundamental dividir el cormo en cuatro a ocho pedazos, para luego llevar a cabo la siembra como si fuera un cormo original, a partir de esta nacerán nuevos retoños. En ocasiones los brotes divididos dan lugar a nacimiento de meristemas múltiples las cuales son capaces de ser aisladas y sembradas. En este proceso, un único cormo puede producir hasta 500 retoños nuevos en un lapso de ocho meses (MINAGRI, 2014).

b. Por ruptura y eliminación de la yema central

En esta forma de propagación, se suprime la yema apical con el propósito de "quebrar" la dominancia apical y como consecuencia lograr inducir que las yemas laterales se activen para aumentar el número de hijos, ya sea en plataneros cosechados o en plataneros jóvenes. El número de hijos producidos se verá afectado por varios factores, incluyendo el tipo de clon, las condiciones climáticas y las condiciones fisiológicas de la planta (MINAGRI, 2014).

c. A través del uso de hijuelo

En esta metodología de propagación, los hijuelos no deben pesar menos de 0.250 kg. Asimismo, es recomendable y se recomienda descortezarlos (pelarlos) previa a la siembra, esta actividad se debe realizar con el máximo cuidado posible, se quitan la capa superficial de la corteza y las raíces únicamente con la finalidad de conservar la estructura original del hijuelo. La

existencia de 4 hojas verdaderas, será la señal para que los hijuelos sean llevados a campo definitivo (MINAGRI, 2014).

d. Propagación tradicional

Tradicional sistema de propagación, el más antiguo, recurre a los hijos o retoños de la planta madre. Se distingue por la mínima o ausente implementación de prácticas culturales esenciales, lo que deja a las plantas en libre desarrollo y genera una intensa competencia entre ellas. El material vegetal empleado suele provenir de la propia plantación, con baja eficiencia propagativa y un riesgo elevado de propagar enfermedades (MINAGRI, 2014).

F. Fenología del cultivo

ARISTIZABAL y JARAMILLO (2010), manifiestan que La fenología de la planta de banano se divide en dos fases: la reproductiva y la vegetativa. A su vez, estas fases se subdividen en diferentes etapas como sigue:

a. Fase vegetativa

- Brotación o emergencia (V0)

Dos sucesos relevantes suceden en esta fase. El primer acontecimiento y comienzo del crecimiento es que a partir de los nudos del cormo se da la creación de raíces, las cuales son fibrosas y se encuentran colmadas de numerosas raíces de tipo secundarias. La cantidad de raíces después de la siembra fluctúa entre 5, 15 y 24 a los 5, 10 y 15 días posteriores. El evento siguiente de gran relevancia es la creación de hojas funcionales. Las hojas tienen una forma lanceolada y laminado. Esta etapa se finaliza en un promedio de 15 - 21 días.

- **Plántula (V1)**

Fase vegetativa que se inicia con la aparición de la primera hoja funcional. Marca un período de crecimiento vigoroso en la planta, que alcanza su máximo cuando emergen los primeros hijuelos; esta etapa se prolonga por unos 98 días y produce en total 14 hojas, con una superficie foliar acumulada de 2,80 m².

- **Formación de hijuelos (V2)**

Al principio, el cormo presenta una silueta cilíndrica, pero alrededor de los tres meses después de la siembra, evoluciona hacia una forma de cono truncado, lo que da origen a un segundo cormo cuya base se ubica a 20-25 cm de profundidad bajo la superficie del suelo. Durante esta etapa se forman raíces nodales y adventicias. Asimismo, brotan hijuelos espaciados con contorno cónico, que destacan por su vigoroso desarrollo y vitalidad, hojas lanceoladas, y se seleccionan comúnmente como material de siembra.

- **Alargamiento de entrenudos (V3)**

Etapas marcadas por el inicio de la formación del tallo floral, impulsado por el alargamiento de los entrenudos a partir de los nudos noveno o décimo, lo que genera un eje que culmina en el primer brote foliar en su ápice.

- b. Fase reproductiva**

- **Iniciación floral (R4)**

El primordio floral emerge en el ápice del tallo inflorescente, evolucionando luego hacia el racimo y, por último, hacia la diferenciación de las flores. Este proceso ocurre cuando ya se han desplegado unas 28 hojas en promedio; al mismo tiempo, la

primera hoja funcional aparece en el hijuelo principal, lo que indica su independencia fisiológica de la planta madre.

- **Desarrollo de la bellota (R5)**

Cuando el primordio inflorescente se hace visible a simple vista, señala que ya tuvo lugar la iniciación floral —es decir, el origen de la futura inflorescencia—, la cual se eleva entre las vainas de las hojas ya emitidas. Conforme avanzan los alargamientos de los entrenudos, el tamaño de la bellota crece de manera apreciable, siempre protegida por las hojas que aún no han emergido; al concluir este proceso, justo antes de la antesis, los entrenudos se concentran en los extremos del tallo floral.

- **Floración (R6)**

La bellota, en esta fase, se presenta en forma vertical con las brácteas de color verde; luego, alrededor de los siete días, la bellota alcanza una posición horizontal con las brácteas que adquieren un tono morado o púrpura; para después adquirir una forma suspendida, para que luego se produzca el comienzo de la primera bráctea basal y de esta manera concluya esta fase.

- **Iniciación del racimo (R7)**

Al separar las brácteas, se revela el racimo floral, formado por un raquis que alberga grupos de flores alineados en dos filas y dispuestos en espiral a lo largo de su eje. Las flores femeninas ocupan la porción basal, las masculinas la apical, y las neutras se sitúan en la zona intermedia.

Las flores de sexo femenino se desarrollan de manera partenocárpica y producen los frutos, mientras que en la parte final se constituyen las flores de sexo masculino sin que sus

brácteas se abran, en tanto que las flores neutras no crecen y simbolizan los dedos falsos

Este proceso se desencadena tras la emergencia de la bellota, que ocurre en promedio a los 15 días. Al finalizar la etapa, ya se distinguen entre siete y nueve manos que conforman el racimo.

- **Llenado del racimo (R8)**

En esta etapa, los carbohidratos se concentran en las manos del racimo, especialmente cuando las manos inferiores crecen más rápido que las superiores. Este desequilibrio genera una configuración triangular en el racimo. De igual modo, los dedos disminuyen en tamaño siguiendo el mismo patrón que las manos, alcanzando un promedio de 120 días.

Entre los 20 y 60 días después de la floración, la cáscara acumula más materia seca que la pulpa, pero esta relación se invierte una vez superados los 80 días. En las fases tempranas, el fruto prioriza el desarrollo de su envoltura externa, lo que eleva los niveles de materia seca y proteína bruta en la cáscara.

- **Maduración (R9)**

Normalmente, la cosecha del racimo, se realiza cuando aún los frutos están verdes y se anticipa la maduración tras su cosecha. El primer escenario de maduración implica la presencia de un dedo conocido como guía de tonalidad amarillenta, en la primera o segunda mano; en el segundo escenario, se observan variaciones en la pigmentación de la cáscara, obteniendo una tonalidad amarilla de manera homogénea.

G. Condiciones ecológicas

El cultivo de banano en zonas tropicales, caracterizadas por su calor intenso y alta humedad, prospera mejor a altitudes que van desde el nivel del mar hasta unos 2.000 m. Cada 100 m de elevación por encima del mar prolonga la fase de crecimiento en unos 10 días. Para un desarrollo óptimo y rendimientos elevados, se requiere una temperatura promedio de 26 °C, precipitaciones mensuales de 120-150 mm (o 1.800 mm al año), junto con un consumo semanal aproximado de 150 m³ de agua por hectárea.

Para el óptimo desarrollo del banano, los suelos ideales destacan por texturas como franco arenoso, franco arcilloso, franco limo o franco arcillo-limosos, siempre permeables y con profundidad de 1,20 a 1,50 m. Deben ser ricos en nitrógeno, con excelente drenaje, tolerancia a suelos ácidos (pH de 5,00) y pendientes no superiores al 1%. (HERRERA y COLONIA, 2011).

H. Producción del banano

a. Establecimiento del cultivo

- Época de siembra

Las lluvias intensas generan encharcamientos y drenaje deficiente, lo que favorece la pudrición de los bulbos y hace inviable el establecimiento del cultivo. Por ello, los momentos ideales para sembrar coinciden con la estación seca o periodos de precipitaciones moderadas y bien distribuidas. Los productores buscan sincronizar la cosecha con ventanas de mercado favorables para maximizar ganancias, y una siembra escalonada resulta clave para sostener la producción durante todo el año. (ZVALETA, 2006).

- **Preparación del terreno**

Tras elegir el sitio de siembra, evalúa su estado actual: si presenta malezas abundantes, elimínalas primero y limpia el área a fondo. El manejo de malezas puede realizarse de modo manual o con herbicidas químicos. La preparación del suelo implica arar a 0,40 m de profundidad; ocho días después, realiza un rastrillado para romper los terrones, incorporar restos vegetales y formar camas de siembra (RODRÍGUEZ y GUERRERO, 2002).

- **Estaquillado y ahoyado**

Con la densidad de siembra definida, usa cordeles y estacas para marcar el terreno y las posiciones exactas de los rizomas. En suelos francos, los hoyos de plantación miden 0,40 × 0,40 × 0,40 m; en aquellos más arcillosos, se amplían a 0,60 × 0,60 × 0,60 m (Rodríguez y Guerrero, 2002). La separación entre plantas depende del tipo de cultivo, el número de hijuelos por matriz y la fertilidad del suelo, con distancias óptimas de 3,00 a 3,50 m en patrones de tresbolillo o cuadrícula (Zavaleta, 2006).

- **Profundidad de instalación**

La textura y estructura del suelo, junto con la profundidad de plantación, afectan de forma notable la germinación, el brote y el desarrollo inicial de la planta. Sin embargo, esta profundidad varía según si el rizoma incluye un trozo de pseudotallo o no. Si se conserva, se planta a 30-40 cm; de lo contrario, se ajusta al tamaño del rizoma, cubriéndolo con una capa de suelo de 5-10 cm. (BELALCAZAR, 2001).

b. Plantación

- Selección de semilla

La selección de semillas prioriza material libre de plagas, patógenos, nematodos u otros impedimentos al desarrollo, preferentemente extraído de plantas recolectoras con alto rendimiento. Los hijuelos ideales adoptan una forma de espada, lo que asegura plantas futuras sanas y productivas: miden cerca de 1 m de altura, con base amplia y robusta, peso entre 1,80 y 2,30 kg, y dos o tres yemas bien formadas (RODRÍGUEZ y GUERRERO, 2002).

- Limpieza y desinfección de los cormos

Limpia los cormos con machete para retirar raíces y tierra adherida. Desinfecta estos materiales recolectados aplicando el mismo protocolo recomendado para la siembra, lo que favorece el enraizamiento y el crecimiento inicial del brote (COTO, 2009).

- Procedimiento de siembra

Antes de plantar en suelos arcillosos, incorpora 14 kg de materia orgánica por hoyo. Distribuye los rizomas de forma uniforme para lograr un banco de semillas homogéneo. Si usas fertilizantes por hoyo, colócalos en el fondo y cúbrelos con al menos 0,02-0,05 m de tierra; luego, entierra el rizoma bajo 0,05-0,10 m de suelo, apisonando los bordes para crear un montículo. Los primeros brotes emergen entre 15 y 20 días; a los 30-45 días, revisa el área y resiembra donde no haya germinado (RODRÍGUEZ y GUERRERO, 2002).

c. Labores de mantenimiento

- **Deshoje**

Las hojas secas; deben ser removidas, ya que de esta manera promovemos una mayor curación posible para la planta; por ello, este trabajo se conoce como deshoje. Esta tarea se realiza con machete, recortando la planta de abajo hacia arriba para mantener la máxima salud de la planta y proporcionar más luminosidad a los descendientes. El deshoje en las plantas pequeñas, debe hacerse con machete bien afilado y desinfectado (ZAVALETA, 2006).

- **Deshije**

Esta práctica cultural optimiza la densidad por área, garantiza uniformidad en los espacios entre plantas, regula el número de hijuelos por unidad productiva y selecciona los más vigorosos. Un manejo continuo y efectivo de deshije eleva los rendimientos y asegura una oferta constante a lo largo del año (HERRERA y COLONIA, 2011).

- **Drenaje**

Es necesario construir drenes para eliminar los excesos de agua en la parcela de cultivo. Se emplean drenes superficiales para evitar encharcamientos o profundos para mejorar la percolación deficiente, adaptados siempre a las características del suelo. En esencia, el diseño responde a las necesidades específicas del terreno. Para elevar la productividad y minimizar enfermedades junto con plagas, un sistema de drenaje eficiente a 40-60 cm de profundidad resulta esencial (COTO, 2009).

- **Fertilización del cultivo**

La extracción total de nutrientes por planta de banano sigue este orden: $K > Ca > N > Mg > P$, mientras que en los frutos predomina $K > N > Ca \geq P \geq Mg$ (Castillo et al., 2011). El ciclo del cultivo se sincroniza con la aplicación y fraccionamiento de fertilizantes; en suelos de selva, una fórmula adecuada es 20-30-60-30 ($N-P_2O_5-K_2O-MgO$) kg/ha, equivalente a 196 g de urea, 94 g de superfosfato triple de calcio y 100 g de cloruro de potasio por planta al año. Aplícalos al final de lluvias (abril-mayo), inicio de precipitaciones (agosto-septiembre) y su reanudación (diciembre-enero). En áreas planas, cava un círculo de 5 cm alrededor de la planta, incorpora el fertilizante y cúbrelo con tierra (ZAVALETA, 2006).

- **Control de plagas**

Para proteger el crecimiento y desarrollo del banano contra plagas dañinas, aplica controles preventivos con fumigaciones de carbofurán (Furadán 4F) a dosis de 30 ml por mochila de 15 L. Esta medida eficaz combate el gorgojo negro (*Cosmopolites sordidus*), el gorgojo rayado (*Metamasius hemipterus*) y nemátodos (*Radopholus similis*) (ZAVALETA, 2006).

- **Control de malezas**

El banano demanda suelos libres de malezas, pues estas compiten por agua, nutrientes y luz, además de servir de refugio a patógenos e insectos perjudiciales. Mantén el cultivo impecable durante el primer año, especialmente en los meses iniciales cuando las plantas aún están dispersas y la rivalidad con malezas es intensa; las gramíneas resultan las más agresivas (ZAVALETA, 2006).

d. Cosecha

La cosecha se ejecuta al alcanzar el racimo su madurez fisiológica, típicamente 70-100 días tras la aparición de la inflorescencia, cuando el desarrollo ya está completo. Se corta en verde, pero en pleno llenado de frutos redondeados. Realiza el corte a media altura del pseudotallo para que la planta se incline poco a poco y evite contacto con el suelo; luego, desprende el racimo y transferirlo al sitio de empaque. Allí aplica tratamientos poscosecha que mejoran su aspecto, retrasan la maduración, eliminan manchas antiestéticas y previenen infecciones fúngicas (PALENCIA et al. 2006).

I. Variedades de banano

a. Diferencia entre banano y plátano

En 1753, Carl Nilsson Linnaeus clasificó bananos y plátanos como *Musa paradisiaca*, refiriéndose a híbridos y cultivares derivados de *Musa balbisiana* y *M. acuminata*, según el Código Internacional de Nomenclatura Botánica. Este nombre genérico perdura hoy para designar híbridos. La distinción surge de la composición genética: predominio de *M. balbisiana* define al plátano, rico en almidón y apto para cocinar (asado, hervido o frito); mientras que mayor aporte de *M. acuminata* caracteriza a la banana, ideal para consumo fresco (MINAGRI, 2014).

Tal como se mencionó antes, el plátano se prepara frito o cocido, en estado verde o maduro, con variedades destacadas como Bellaco e Inguiri. En cambio, el banano se come fresco como fruta de mesa, con cultivares populares como Seda (Cavendish y Gros Michel), Isla o Moquicho (Herrera y Colonia, 2011). La clave diferencial radica en el contenido de humedad: el banano promedia 83%, frente al 65% del

plátano. Esta variación acelera la hidrólisis de almidones a azúcares en frutos más húmedos, en comparación con aquellos de menor humedad (CÁRDENAS, 2009).

Hoy destacan comercialmente dos especies clave: *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* (Palencia et al., 2006). En Perú, predominan triploides de *M. acuminata* (AAA) o híbridos como *M. acuminata* × *M. balbisiana* (AAB y ABB; Reynoso, 2019). Los plátanos comestibles derivan de triploides y cruzas, con énfasis en *M. acuminata* (AAA) y *M. balbisiana* (BBB) (INGA, 2003) y se agrupan así:

- a) Grupo 1: Seda, Cavendish y Lacatan (De mesa o bananos, triploides AAA).
- b) Grupo 2: Inguiri, Bellaco y Guayabo (De cocina o plátanos triploides BBB).
- c) Grupo 3: Variedad Isla (De mesa y cocina, conocidos como plátanos triploides ABB).

2.2.2. Fusarium

Fusarium oxysporum f. sp. cubense raza 4 (Foc R4) causa la marchitez y se ha transformado en una de las amenazas más significativas para la producción mundial de plátano y banana. Esta enfermedad, causada por un hongo fitopatógeno, ha ocasionado pérdidas significativas en los cultivos, lo que ha llevado a la necesidad urgente de investigar su biología, epidemiología y manejo.

A. Biología del patógeno

a. Características del hongo

Fusarium oxysporum es un hongo de suelo que se reproduce principalmente por esporas asexuales, las cuales pueden sobrevivir en el suelo durante largos períodos. La forma específica *cubense* se caracteriza por su capacidad para infectar a las plantas del género *Musa*, causando

marchitez y debilitando significativamente a las plantas afectadas (Ploetz, 2019).

b. Ciclo de vida

El ciclo de vida de Foc R4 incluye varias etapas, desde la germinación de las esporas hasta la colonización del sistema vascular de la planta. Una vez que el hongo invade la planta, provoca una obstrucción en los vasos conductores, el transporte de agua y de nutrientes es interferido, provocando la marchitez y posterior muerte de la planta (Dita et al., 2018).

B. Epidemiología

a. Distribución global

Desde su identificación en los Países Bajos en 1990, Foc R4 se ha propagado a diferentes partes del mundo, incluyendo regiones de Asia, África y América Latina. Su capacidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales ha facilitado su dispersión, convirtiéndolo en un problema crítico para la agricultura (Bai et al., 2018).

b. Factores de riesgo

La temperatura y la humedad, juegan un papel crucial como factores ambientales, en la propagación de Foc R4. Las condiciones cálidas y húmedas favorecen la germinación de las esporas y su posterior infección en las plantas. Además, las prácticas agrícolas inadecuadas, como el uso de materiales infectados o la falta de rotación de cultivos, también incrementan el riesgo de infección (Zhang et al., 2016).

C. Manejo de la enfermedad

a. Estrategias de control

El MIP (Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades) es esencial para abordar la amenaza de Foc R4. Esto incluye la combinación de métodos culturales, biológicos y químicos. Los cultivos en rotación, el cultivo de

variedades resistentes y el manejo adecuado del riego son prácticas que pueden ayudar a reducir la incidencia de la enfermedad (Staver, 2019).

b. Investigación de Variedades Resistentes

El desarrollo y la utilización de variedades de plátano resistentes a Foc R4 son fundamentales para el manejo sostenible de esta enfermedad. Investigaciones recientes han identificado algunas variedades con mayor tolerancia, lo que ofrece esperanza para los productores afectados (Dita et al., 2018).

D. Impacto Económico

La marchitez por Foc R4 no solo repercute en la producción agrícola, sino que también conlleva consecuencias económicas significativas. En muchas regiones productoras, la pérdida de cultivos puede resultar en una disminución de ingresos para los agricultores y afectar la seguridad alimentaria (Pérez et al., 2016). Asimismo, los gastos relacionados con el control de la enfermedad pueden ser excesivos para los pequeños productores.

2.3. Definición de términos básicos

- **Marchitez:** La marchitez por Foc R4 no solo repercute en la producción agrícola, es un escenario extremo en el que las células de una planta pierden su turgencia, lo que se evidencia en la aparición de hojas, flores y tallos jóvenes flácidos o doblados.
- **Plátano:** Es una especie herbácea que forma parte de la familia musácea, y suele tener una altura de entre 3 y 4 metros. Su tallo está envuelto por las vainas de las hojas y el fruto que se obtiene de él, una baya que posee la característica de desarrollarse en racimos, es muy valorado y comido en todo el mundo como comida. Se le denomina comúnmente como banana o banana.
- **Cormo:** Es un tallo subterráneo de corta longitud, que genera en su extremo superior el pseudotallo y en la parte inferior las raíces adventicias (Bonner, 1984).

- **Hijuelo:** El vocablo, que proviene del término latino filiöulus, se utiliza para referirse al retoño de una especie vegetal. Estas son plantas laterales del tallo principal que, tras ser separadas, y ser plantadas generan un nuevo ejemplar, éstas se convierten genéticamente en réplicas idénticas. Así, forman un mecanismo de reproducción (Pérez & Gardey, 2020).
- **Pseudotallo:** Tallo visible compuesto por las vainas foliares que se superponen de manera densa. Además, se le conoce como seudocaulé. Se caracteriza por el género Musa. (Informer, 2016)
- **Hongo:** En el campo de la biología, los hongos representan un taxón o conjunto de seres eucariotas, incluyendo los mohos, las levaduras y los seres generadores de setas. Están agrupados en un reino diferente al que pertenece a las plantas, animales, protozoos y cromistas.
- **Fusarium:** Se trata de una extensa gama de hongos filamentosos que suelen encontrarse en el suelo y en asociación con las plantas. La mayor parte de las especies son saprófitas y forman una proporción bastante significativa del microbioma del suelo. Las esporas del hongo son fáciles de identificar con un microscopio porque tienen forma de canoa o de media luna.
- **Raza:** En biología, la raza se refiere a las divisiones de algunas especies en grupos basados en rasgos fenotípicos, que son características transmitidas por herencia genética. La palabra raza se empezó a emplear en el siglo XVI y alcanzó su punto más alto en el XIX, llegando incluso a ser considerada una categoría taxonómica similar a la subespecie. En el año 1905, el Congreso Internacional de Botánica abolió la categoría taxonómica de raza en las plantas. Su empleo se mantiene en el lenguaje cotidiano y es muy común cuando se refiere a animales de la casa.
- **Trópico:** Respecto a los dos paralelos terrestres ubicados a una distancia de 23° Norte y 23° Sur del Ecuador, respectivamente; se les conoce como Trópico de Cáncer y Trópico de Capricornio. El territorio peruano, está situado en la región

ecuatorial, abarcando tanto el norte de latitud 10° S (entre 0°2' S y 10° S), como el sur de latitud 10° S, hasta el límite con Chile (18°21'3' S) y entre los meridianos 68°39'7" y los 81°20'13" de longitud.

2.4. Formulación de la hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La determinación de la incidencia de Fusarium raza 4 Tropical (*Fusarium oxysporum* f.sp. cubense) en *Musa* sp. en la Provincia de Chanchamayo, permitirá adoptar medidas de control preventivo para su diseminación.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a. La incidencia sintomática de Foc TR4 en variedades Cavendish y otras *Musa* spp. en la provincia, es alta.
- b. La incidencia de Fusarium raza 4 Tropical en *Musa* sp. a nivel de distritos en la provincia de Chanchamayo, es alta.
- c. Los factores edafoclimáticos locales en Chanchamayo que favorecen la propagación de Foc TR4 en suelos *Musa* spp., son los más óptimos.

2.5. Identificación de variables

2.4.3. Variable independiente

Fusarium raza 4 Tropical (*Fusarium oxysporum* f.sp. cubense) (Foc R4)

2.4.4. Variable dependiente

Incidencia de Foc TR4 en *Musa* sp.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Variable	Dimensión	Indicador
<p>Independiente:</p> <p>Fusarium raza 4 Tropical (Fusarium oxysporum f.sp. cubense) (Foc R4)</p>	<p>Variedades de Musa sp.</p>	<p>- Detección molecular</p>
<p>Dependiente:</p> <p>Incidencia de Foc TR4 en Musa sp.</p>	<p>Presencia de fusarium</p>	<p>- Síntomas foliares. - Daños vasculares.</p>

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación

El estudio desarrollado, es del tipo de investigación descriptiva.

3.2. Nivel de investigación

Básica

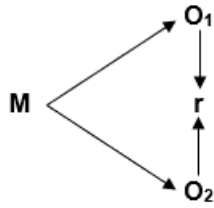
3.3. Método de investigación

El método de investigación del estudio desarrollado es el método de investigación correlacional.

3.4. Diseño de la investigación

Este estudio es de carácter descriptivo y correlacional de naturaleza transversal. Ya que no se creará ninguna circunstancia, ni se alterarán de manera deliberada las variables, sino que se examinarán situaciones ya existentes.

Además, La recolección de datos se realizará en un instante único de los sujetos estudiados o de los eventos (datos primarios) en la realidad, con el objetivo de caracterizar las variables y establecer su impacto temporal basándose en la información recabada.



Donde:

M = Muestra

O₁ = Observación de la V.1.

O₂ = Observación de la V.2.

r = Correlación entre dichas variables

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Para el desarrollo de la investigación estará conformada por todas las áreas de producción de *Musa sp.* dentro del ámbito de la Provincia de Chanchamayo.

3.5.2. Muestra

Para la realización de la investigación, se utilizó el muestreo deliberado, crítico o por juicio, que se elige fundamentándose en el entendimiento de una población o del objetivo del estudio. La muestra estuvo conformada por todas las plantas que mostraban señales de la presencia de fusarium.

$$n_{opt} = \frac{Z^2 \times p \times q}{d^2}$$

Donde:

Z = nivel de confianza,

p = probabilidad de éxito, o proporción esperada

q = probabilidad de fracaso

d² = precisión (error máximo admisible en términos de proporción)

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas que se utilizaron fueron:

- **Observación:** Entre otras cosas, podemos obtener datos de realidades objetivas como: Características superficiales de la producción de *Musa sp.* variedades, modos de producción y técnicas de riego utilizadas. Recogidos mediante notas de campo, grabaciones en video o audio que son susceptibles de ser evaluadas con instrumentos de análisis cualitativo. Si las observaciones se codifican con el fin de presentar datos numéricos exactos, es posible analizarlas por medio de métodos cuantitativos.
- **Entrevista:** Esto nos permitirá conocer la opinión del agricultor y comprender la situación actual de los problemas de producción, cantidad y calidad.
- **Análisis documental:** Esto nos permitirá obtener datos sobre la producción de *Musa sp.* en la provincia de Chanchamayo a partir de documentos físicos. Los principales instrumentos que utilizarán serán:
 - Guía de observación de campo.
 - Ficha de registro de datos.
 - Ficha de colecta de muestras.
 - Ficha de envío de muestras.
 - Ficha de resultados del análisis de laboratorio.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El procesamiento de los datos fue realizado aplicando el software estadístico SPSS ver 26 y el software Excel que nos permitieron organizar y ordenar los datos para su procesamiento estadístico y análisis posterior.

3.8. Tratamiento estadístico

Se utilizó la estadística descriptiva para el análisis de los datos recopilados durante el desarrollo de la investigación

3.9. Orientación ética, filosófica y epistémica

Por su naturaleza, el proyecto no tiene como objetivo perjudicar a los seres humanos, a los animales, al entorno ni a la propiedad; además, se fundamenta en su

originalidad. lo que quiere decir que no es una réplica ni un calco de ninguna otra investigación o tesis.

De acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, se citarán varias obras desde una perspectiva ética y metodológica, respetando los derechos de autor o autores.

El progreso de la investigación servirá como referencia para otros estudios similares y ayudará a conocer si *Fusarium* raza 4 Tropical (*Fusarium oxysporum* f.sp. cubense) está presente en *Musa* sp. en la provincia de Chanchamayo.

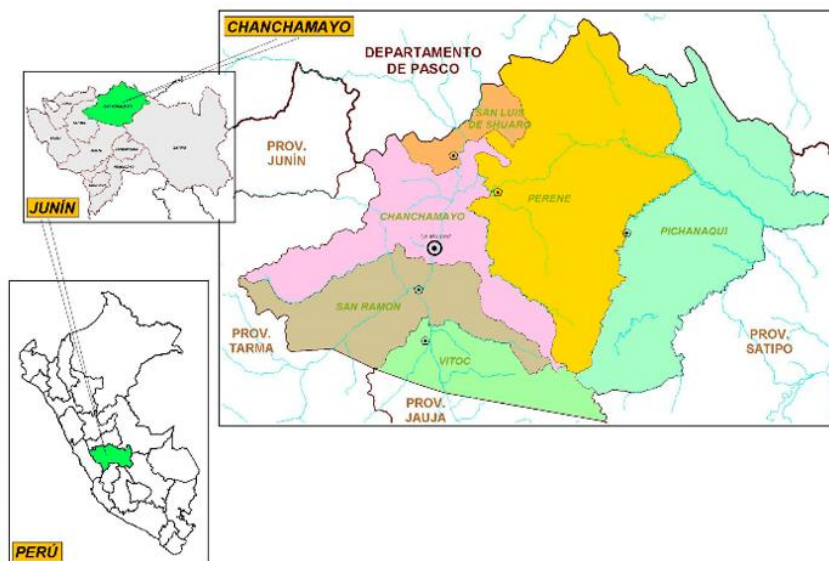
CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Lugar de ejecución

En la provincia de Chanchamayo se desarrolló el trabajo de investigación.



A. Ubicación política

- Región : Junín
- Provincia : Chanchamayo
- Distritos : Vitoc, San Ramón,
Chanchamayo,

Perené,
San Luis de Shuaro,
Pichanaqui.

B. Ubicación geográfica

- Latitud sur : 11°03'00"
- Longitud oeste : 75°18'15"
- Altitud : 500 - 2000 m.s.n.m.
- Clima : Tropical seco

4.1.2. Materiales y equipos

A. Materiales de campo

- Tablero
- Fichas de datos
- Chafle o machete
- Bandejas
- Manta
- Bolsas
- Tapers

B. Materiales de escritorio

- Libreta de campo
- Lápices
- Lapiceros
- Papel bond 75 gr.
- Resaltador
- USB
- Plumón indeleble

C. Equipos

- Computadora

- Impresora
- Cámara digital

4.1.3. Procedimiento y conducción del experimento

La metodología para la recolección de muestras de tejidos de plantas de bananos y plátanos que padecen marchitez por fusarium fue el procedimiento seguido para desarrollar la investigación. El propósito de esta metodología es suministrar al laboratorio muestras de tejido de plantas que se sospechen infectadas por Foc, con el fin de asegurar un diagnóstico adecuado de un posible brote del Foc raza 4 tropical y prevenir la propagación del patógeno

A. Toma de muestras de plantas enfermas

Procedimiento:

- a) Revise el listado de utensilios y materiales requeridos para la recolección de muestras. Utilice la lista a seguir y haga una lista de verificación antes de ir al lugar donde se toman las muestras.

Material:

- Bolsas autoclavables
- Bolsas de plástico para la recolección y descarte de material
- Bolsas tipo Ziploc para la colecta de muestras
- Botas de hule
- Cubre-zapatos (impermeables) desechables
- Cámara fotográfica
- Cinta adhesiva resistente al agua
- Cinta amarilla para delimitar el radio (5 m) de la planta sospechosa
- Desinfectantes [Alcohol (70-95%); Productos a base de amonio cuaternario (hasta 10.000 ppm); hipoclorito de sodio (≥ 3.000 ppm)]
- Encendedor o cerillos
- Equipo de georeferenciación (GPS)
- Escalpelos (Bisturíes)

- Etiquetas adhesivas
 - Formulario para toma de datos en campo
 - Guantes quirúrgicos (látex)
 - Hielera o Geles refrigerantes (en caso de optar por enviar muestras refrigeradas)
 - Insecticida de amplio espectro
 - Láminas o bolsas de plástico para colocar las muestras en el campo
 - Lupa
 - Machetes, Cuchillo, Cuchillas, Tijeras
 - Marcadores (spray/aerosol fluorescente)
 - Marcadores indelebles
 - Overol o ropa desechable (opcional)
 - Pediluvio (Tapete, Badene) portátil
 - Pinzas
 - Recipiente con agua para preparar desinfectantes del pediluvio (badene, tapete) y/o el insecticida
 - Sacabocados ("Cork-borer)
 - Sobres de papel con protección interna impermeable
 - Toallas de papel absorbente estériles
 - Tubos de ensayo con sus respectivas tapas
- b) Encuentre la planta sospechosa, compruebe los síntomas y anótelos en el formulario para la recolección de datos de campo. Fotodocumentar la planta sospechosa y las plantas a su alrededor. Realice una georeferenciación del punto
- c) Ubique el pediluvio portátil (badene, tapete) con el desinfectante correspondiente a una distancia de 1 a 1.5 m de la base de la planta sospechosa y verifique que toda persona que ingrese o salga del área desinfecte correctamente su calzado (utilice botas de hule).

- d) Con guantes quirúrgicos puestos, efectúe un corte longitudinal en el pseudotallo, empleando una herramienta que haya sido desinfectada con anterioridad, a una altura de entre 50 y 100 cm desde la base de la planta. Tome un trozo de pseudotallo que mida alrededor de 15 cm de alto, 10 cm de ancho y 3 a 5 cm de profundidad (ver Figuras 1A, 1B y 1C en los anexos). No recoja muestras de zonas en las que los tejidos estén muy deteriorados. Fotografíe el interior del corte que se hizo para confirmar los síntomas internos.
- e) Ponga el fragmento de pseudotallo cortado (Fig. 1C) en una bolsa o bandeja plástica limpia, sin que toque el suelo. Con pinzas, tome de la parte del pseudotallo 5 a 10 haces vasculares (de entre 3 y 10 centímetros de largo) que exhiban los signos característicos de la enfermedad (coloración marrón-rojiza) y ponerlos sobre una toalla de papel absorbente estéril (ver Anexos Fig. 1G, 1H y 1I). Plegar la toalla de modo que cubra los haces extraídos y posteriormente introducirla en un sobre doble hecho de papel impermeable o, si es posible, en viales estériles con tapa (Anexos Fig. 1j, 1K, 1L).
- f) Después de recolectar la muestra, coloque el trozo de pseudotallo que se retiró al principio en su ubicación original. Aplique el insecticida y cubra la zona con cinta adhesiva que resista la humedad (Anexos Fig. 1D, 1E y 1F). El objetivo de esta operación es prevenir o disminuir la diseminación y la esporulación del patógeno a través de insectos, otros animales, lluvia o viento, evitando que los tejidos de las plantas muestreadas queden expuestos.

Nota. Si se trata de plantaciones de plátano (también conocido como banano) Cavendish o Plátano macho, Curaré, Dominico, Hartón (AAB), use un spray fluorescente para marcar la planta sospechosa y rodee el área con cinta amarilla que marque la prohibición de acceso a esa zona.

Tome notas precisas de cada muestra tales como:

- Número o código de la muestra (si se toman varias muestras de la misma planta éstas deben ser bien identificadas).
- Fecha de recolección.
- Nombre de la variedad de la planta hospedante, incluyendo los nombres locales y de ser posible la constitución genómica del hospedante (ej. AA, AAB, ABB).
- Especifique si la planta muestreada está en un jardín, patio, plantación comercial, o en condición silvestre.
- Localidad (ej. nombre de la provincia o estado, distancia aproximada a la ciudad más cercana, nombre de la carretera, nombre de la propiedad si es de una plantación comercial, etc.).
- Nombre del recolector.
- Otras observaciones útiles como la fuente del material de plantación, si es de suelos inundados, cuántas plantas hay afectadas, qué otras variedades crecen en los alrededores y si están enfermas o sanas también deben ser registradas. Analice y caracterice la gestión agronómica (buena, regular, mala o descuidada) de la granja o huerta (plantación) en la que se llevó a cabo el muestreo.

Observaciones:

- Si los signos externos sugieren marchitez por Fusarium pero el corte del pseudotallo no revela daños internos, inspecciona el corno en busca de síntomas característicos. Al confirmarlos, extrae una muestra de tejido (5 × 5 cm), envuélvela en papel toalla esterilizado y guárdala en una bolsa plástica con cierre hermético (tipo Ziploc). Minimiza cortes extensos o el derribo de la planta sospechosa; cubre las zonas expuestas, recolecta

restos de tejido o desechos en bolsas plásticas separadas (de desecho) y opta por bolsas autoclavables para esterilización posterior.

- La toma de muestras de corno no se recomiendan si el mismo presenta algún tipo de pudrición.
- Reemplace los guantes siempre que lo considere necesario y deséchelos en bolsas de descarte. Si lo considera necesario a lo largo del proceso de muestreo, desinfecte la superficie de los utensilios empleados (con hipoclorito de sodio, amonio cuaternario o con el uso de fuego y alcohol). Utilizar materiales desechables puede ser una alternativa. Al finalizar el muestreo, almacene todo el material empleado en bolsas adecuadas para su posterior desinfección o esterilización.
- Evite que las muestras recogidas se calienten a temperaturas excesivas (por ejemplo, bajo la luz del sol o en el maletero de un coche), ya que esto puede afectar la calidad de la muestra y poner en riesgo el éxito en el aislamiento del agente causal. Después de entrar al laboratorio, procese las muestras sin demora. Si esto no es posible, guárdelas en refrigeración (4-8 °C) durante un tiempo que no supere los cinco días. En ese caso, verifique y controle que no se produzca un exceso de humedad en la muestra que cause su deterioro.
- Si se necesita remitir muestras por correo para el diagnóstico dentro del país, estas deben ser haces vasculares y estar guardadas en sobres de papel impermeable y duraderos a la manipulación, con una identificación nítida. Coloque una etiqueta que indique "material frágil".
- Si alguna muestra da positivo para Foc R4T, se debe hacer la verificación cruzada con laboratorios de referencia nacionales y extranjeros. El Plant Research International, de la Universidad de Wageningen en los Países Bajos, tiene el potencial para brindar este servicio.

- En caso de que el diagnóstico positivo para Foc R4T sea confirmado, se debe seguir con el plan de emergencia, creado y avalado expresamente para ese fin por la Organización Nacional de Protección Fitosanitaria.

NOTA: Si existe alguna probabilidad de que las muestras se hubieran mezclado o de que se confundan los detalles de algunas de ellas o si no hay certeza de que están correctas, deben eliminarse por incineración, autoclavado u otro método que asegure la eliminación completa de las estructuras del patógeno.

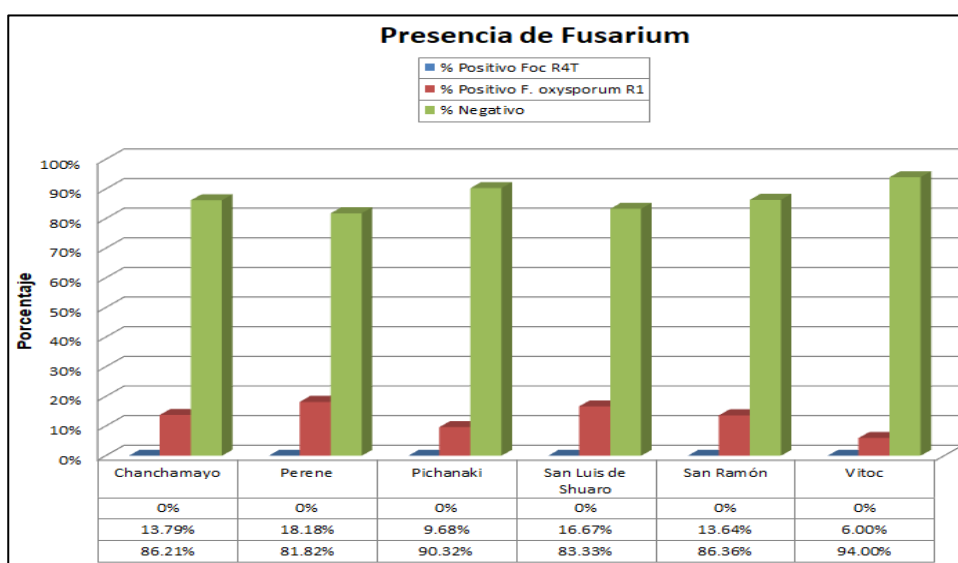
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Presencia de Fusarium según el origen del material vegetal

Tabla 1. Presencia de Fusarium según el origen del material vegetal

Origen Material Vegetal	% Positivo Foc R4T	%Positivo F. oxysporum R1	%Negativo
Chanchamayo	0%	13.79%	86.21%
Perene	0%	18.18%	81.82%
Pichanaki	0%	9.68%	90.32%
San Luis de Shuaro	0%	16.67%	83.33%
San Ramón	0%	13.64%	86.36%
Vitoc	0%	6.00%	94.00%

Gráfico 1. Presencia de Fusarium según el origen del material vegetal

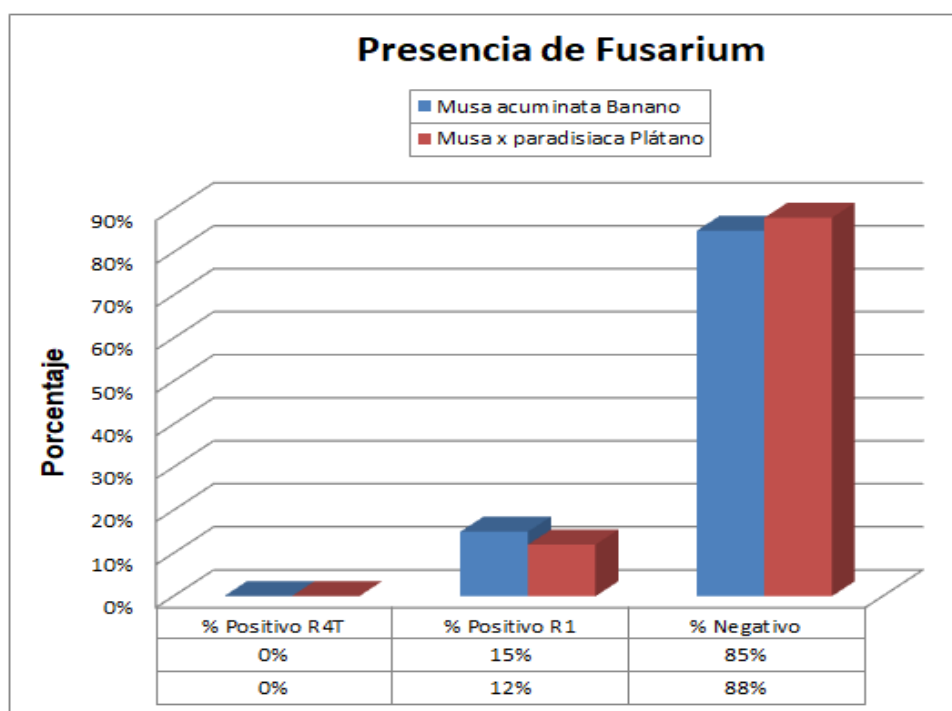


En la tabla 1. y Gráfico 1. Presencia de Fusarium según el origen del material vegetal, en ninguno de los orígenes se encontró Fusarium Raza 4 Tropical. La presencia de Fusarium oxysporum R1 fluctuó entre el 6% y el 18%, dependiendo del origen, alcanzando su máximo en San Luis de Shuaro y Perene. La mayor parte de las muestras resultaron negativas para el hongo.

Tabla 2. Presencia de Fusarium en banano y plátano

Nombre Científico	Nombre Común	% Positivo R4T	% Positivo R1	% Negativo
Musa acuminata	Banano	0%	15%	85%
Musa x paradisiaca	Plátano	0%	12%	88%

Gráfico 2. Presencia de Fusarium en Banano y Plátano

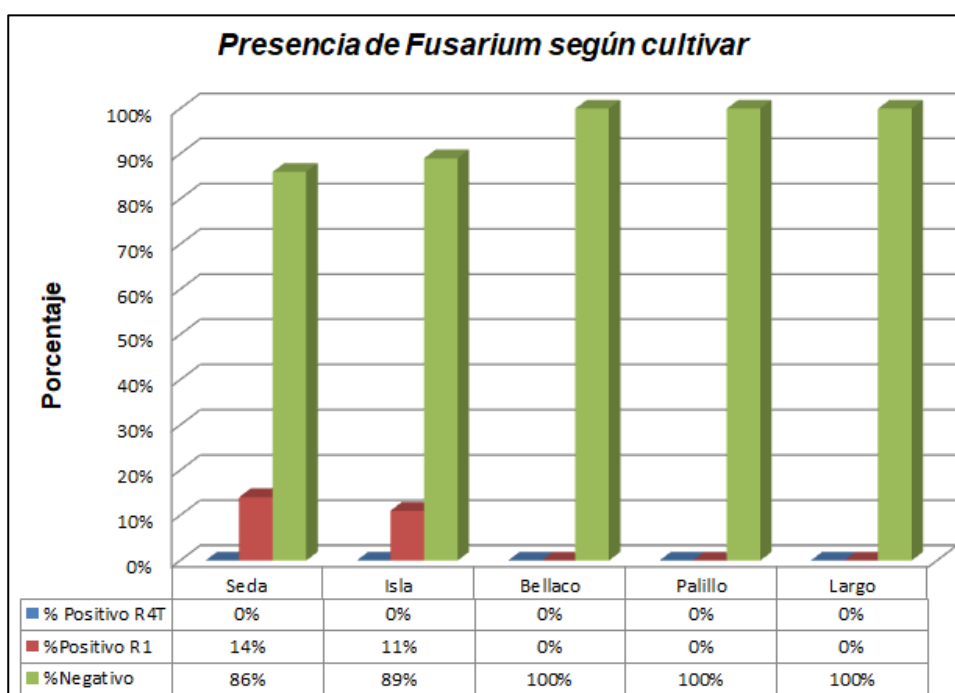


En la Tabla 2. y Gráfico 2. Presencia de Fusarium en Banano y Plátano, no se encontró evidencia de la presencia de Fusarium R4T en ninguna de las dos especies. La presencia de Fusarium R1 fue ligeramente mayor en banano que en plátano. Predominan los resultados negativos para ambos cultivos.

Tabla 3. Presencia de Fusarium según cultivar

Cultivar	% Positivo R4T	%Positivo R1	%Negativo
Seda	0%	14%	86%
Isla	0%	11%	89%
Bellaco	0%	0%	100%
Palillo	0%	0%	100%
Largo	0%	0%	100%

Gráfico 3. Presencia de Fusarium según cultivar



Ningún cultivar mostró muestras positivas a Fusarium Raza 4 Tropical. Los cultivares Seda e Isla tuvieron algunos casos positivos a Fusarium R1, mientras que Bellaco, Palillo y Largo presentaron solo resultados negativos. En los diferentes cultivares estudiados, ninguno mostró presencia de Fusarium R4T. Los cultivares Seda e Isla presentaron casos positivos a Fusarium R1 (14% y 11%, respectivamente), mientras que Bellaco, Palillo y Largo tuvieron exclusivamente resultados negativos.

4.3. Prueba de Hipótesis

Los resultados obtenidos evidenciaron la ausencia de *Fusarium oxysporum* f.sp. cubense Raza 4 Tropical (Foc R4T) en muestras de *Musa* sp. en la Provincia de Chanchamayo, aunque sí se detectó *Fusarium oxysporum* Raza 1 en ciertos distritos, en proporciones que oscilaron entre 6% y 18%. El resultado es concordante con reportes oficiales hasta 2023, que indican la aparición confirmada de Foc R4T en Perú solo en áreas puntuales de la costa norte (Piura), sometidas a control sanitario estricto y sin registros efectivos en otras regiones como Chanchamayo. Martínez et al. (2023) resaltan que la diseminación sudamericana de Foc R4T ha sido reciente y geográficamente limitada, lo que explica la baja incidencia en regiones interiores del país y la importancia de mantener estrictos protocolos de bioseguridad y diagnóstico temprano como los implementados en esta investigación.

El hallazgo de resultados negativos para Foc R4T en cada distrito y la detección de otros linajes del complejo *Fusarium* reflejan la especificidad geográfica en la emergencia de la cepa tropical. A nivel internacional, la FAO y estudios recientes han reportado que la variante R4T es altamente invasiva pero no obstante su distensión en el territorio peruano se mantiene en una condición de foco localizado bajo sistema de vigilancia epidemiológica estricto y monitoreo continuo.

4.4. Discusión de resultados

Ensayos diagnósticos basados en técnicas moleculares (PCR), recomendados por la Comunidad Andina y realizados en este trabajo, han demostrado ser cruciales para descartar la presencia de Foc R4T, en línea con procedimientos propuestos por García et al. (2020) y Dita et al. (2018), quienes subrayan la necesidad de diagnósticos confiables para evitar falsas alarmas y focos de cuarentena innecesarios.

La ausencia de Foc R4T en los distritos analizados sugiere que las acciones de prevención y campañas informativas impulsadas por autoridades y la investigación científica, como las reportadas por Olivares et al. (2021) junto con las estrategias de difusión técnica en el sector, han sido eficaces en el corto plazo. Sin embargo, los

autores advierten que el riesgo de ingreso persiste debido al comercio, tránsito de personas y materiales vegetales, por lo que se requiere mantener y fortalecer la vigilancia fitosanitaria, la educación agrícola local y la aplicación de planes de contingencia.

La hipótesis original del trabajo asumía una presencia alta de *Fusarium R4T* distritalmente. Sin embargo, la evidencia molecular y de campo demuestra lo contrario: la región de Chanchamayo permanece, al menos hasta la fecha del estudio, libre del patógeno de mayor impacto (Raza 4 Tropical). Lo anterior coincide con reportes recientes de Acuña et al. (2022) y el reciente compendio de Martínez et al. (2023), quienes recomiendan actualizar la hipótesis de riesgo en función de datos empíricos y continuar con el monitoreo estacional ante nuevas introducciones.

CONCLUSIONES

- No hay incidencia (presencia) de *Fusarium oxysporum* f.sp. cubense Raza 4 Tropical (Foc R4T) en los especímenes de *Musa* sp. en la Provincia de Chanchamayo, como confirma los reportes de análisis fitosanitario proporcionado por el productor el estado fitosanitario libre de este hongo para la provincia de Chanchamayo la campaña agrícola 2024. Esta conclusión es coherente con los reportes oficiales que señalan focos de Foc R4T restringidos geográficamente en la costa norte de Perú, sin registrarse evidencia de dispersión hacia las regiones interiores del país.
- La aplicación de técnicas moleculares de diagnóstico permitió una verificación precisa y confiable, descartando la presencia de Foc R4T en todos los distritos estudiados. Así, la implementación de procedimientos recomendados por organismos internacionales y nacionales constituye una buena práctica replicable para futuras campañas de monitoreo y prevención de la enfermedad.
- La ausencia de Foc R4T en Chanchamayo es resultado parcial de la efectividad de las campañas informativas, acciones de bioseguridad y protocolos de manejo impulsados por las autoridades y la comunidad agrícola. No obstante, el riesgo de introducción del hongo persiste debido al comercio y la movilidad de material vegetal, por lo que se recomienda fortalecer la educación agrícola y actualizar los planes de contingencia según avances científicos.
- El estudio ofrece datos empíricos que respaldan la toma de decisiones informada para productores y autoridades regionales, promoviendo la continuidad de las labores de vigilancia fitosanitaria y el desarrollo de políticas públicas orientadas a la sanidad vegetal y la resiliencia agrícola.

RECOMENDACIONES

- Mantener y fortalecer la vigilancia fitosanitaria permanente en la Provincia de Chanchamayo, priorizando el monitoreo molecular en campo y el envío de muestras sospechosas a laboratorios acreditados. Esto debe realizarse con frecuencia estacional y ante cualquier sospecha de sintomatología compatible.
- Promover la capacitación continua de productores, técnicos y autoridades locales sobre la identificación de síntomas, medidas de bioseguridad, y las consecuencias del ingreso del Foc R4T, a través de talleres, guías prácticas y protocolos actualizados en prevención y manejo integrado.
- No introducir, compartir ni comercializar material vegetativo (cormos, hijuelos, plantas, herramientas, suelos) de plátano y banano cuya procedencia no esté certificada y libre de enfermedad, evitando el tráfico informal dentro y fuera de la provincia.
- Implementar medidas estrictas de bioseguridad en los predios y puntos de entrada (pediluvios, desinfección de herramientas, restricción del ingreso de personas no autorizadas), siguiendo los protocolos oficiales vigentes y las recomendaciones organismos regionales.
- Fomentar la investigación aplicada y la articulación institucional para actualizar el mapa de riesgos y el estado fitosanitario local, evaluando el comportamiento de otras razas de *Fusarium* y su posible interacción con prácticas de manejo agrícola y variables climáticas.
- Desarrollar e implementar planes de contingencia claros que contemplen acciones rápidas de cuarentena y erradicación ante una eventual detección de focos, asegurando la comunicación y coordinación con todos los actores involucrados.
- Fomentar un manejo integrado del cultivo mediante prácticas agronómicas sostenibles, como la rotación de cultivos, manejo adecuado del riego y la fertilización, combinados con la futura introducción de cultivares con resistencia genética garantizando así la supresión progresiva del patógeno en el suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña R., Rouard M., Leiva A.M., Marques C., Olortegui J.A., Ureta C., Cabrera-Pintado R.M., Rojas J.C., Lopez-Alvarez D., Cenci A., Cuellar W.J. (2022). First report of *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense tropical race 4 causing Fusarium wilt in Cavendish Bananas in Peru. *Plant Disease*, 106(8), 2268. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-21-1951-PDN>
- Aristizábal, M., & Jaramillo, C. (2010). Identificación y descripción de las etapas de crecimiento del plátano dominico hartón (*Musa AAB*). *Rev. Agron*, 29 - 40. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/221719399_Identificacion_y_descripcion_de_las_etapas_de_crecimiento_del_platano_Dominico_Harton_Musa_AaA *Rev. Agron*, 29 - 40.
- Bai, Y., et al. (2018). Global distribution of *Fusarium* wilt of banana. *Plant Pathology*, 67(3), 511-520.
- Bebber, DP (2019). Efectos del cambio climático sobre la enfermedad de la Sigatoka negra del banano. *Transacciones filosóficas de la Royal Society B: Biological Sciences*, 374*(1764), 20180269. <https://doi.org/10.1098/rstb.2018.0269>
- Belálcazar, S. (1991). *El cultivo del plátano en el Trópico*. Bogotá: Instituto Colombiano Agropecuario. Obtenido de <http://www.acorbatinternacional.com/articulo/manual-del-cultivo-del-platano-en-el-tropico/>
- Butler, D. (2019). Un hongo amenaza la parte superior del banano. *Nature*, 504 *(7478), 195-196. <https://doi.org/10.1038/504195a>
- CABI. (2017). *Fusarium wilt of banana*. CABI Plant Protection.
- Cárdenas, F. (2009). Informe final de consultoría: Estudio de mercado de la cadena de plátano. Ministerio de Agricultura de Perú. Informe N°1. Lima, Perú. Pp. 30 - 31.
- Castillo González, AM, Hernández Maruri, JA, Avitia García, E, Pineda Pineda, J, Valdéz Aguilar, LA, & Corona Torres, T. (2011). Extracción de macronutrientes en banano 'Dominico' (*Musa* spp.). *Phyton (Buenos Aires)*, 80(1), 65-72. Recuperado de

https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572011000100010&lng=es&tlng=es.

Coto, J. (2009). *Guía para multiplicación rápida de cormos de plátano y banano*. Honduras: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. Obtenido de http://www.fhia.org.hn/downloads/proteccion_veg_pdfs/multiplicacion_rapida_de_cormos_de_platano_y_banano.pdf

Dita, M., Barquero, M., Heck, D., Mizubuti, E.S., & Staver, C.P. (2018). Fusarium wilt of banana: Current knowledge on epidemiology and research needs toward sustainable disease management. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1468. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01468>

Dita, M., Barquero, M., Heck, D., Mizubuti, ESG y Staver , CP (2018). Marchitez por Fusarium del banano: Conocimiento actual sobre epidemiología y necesidades de investigación para el manejo sustentable de la enfermedad. **Frontiers in Plant Science*, 9*, 1468. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01468>

Fernandez, D., & Jeffries, P. (2020). Se necesita una acción global para abordar la propagación de la enfermedad del marchitamiento del banano por Fusarium. **Alimentos naturales*, 1*, 316-318. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0097-4>

Figuroa, R., & Wilson, S. (1992). *El cultivo de plátano en el Perú*. Lima - Perú: Fundeagro. Obtenido de <https://www.fundeagro.org/es/> 55

García-Bastidas, F., Ordóñez, N., Konkol, J., Al-Qasim, M., Naser, Z., Abdelwali, M. , y Kema, GHJ (2020). Seguimiento de la propagación continental de *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense Tropical Race 4, un hongo patógeno letal de los bananos. **Frontiers in Plant Science*, 11*, 202. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00202>

García-Bastidas, F.A., Quintero-Vargas, J.C., Ayala-Vasquez, M., Schermer, T., Seidl, M.F., Santos-Paiva, M., Noguera, A.M., Aguilera-Galvez, C., Wittenberg, A., Hofstede, R., et al. (2020). The first report of Fusarium wilt Tropical Race 4 in Cavendish bananas was caused by *Fusarium odoratissimum* in Colombia. *Plant Disease*, 104, 994. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-19-2388-PDN>

- Ghag, SB, Shekhawat, UKS y Ganapathi, TR (2020). Silenciamiento genético inducido por el huésped: una poderosa estrategia de defensa de las plantas contra patógenos. *Fronteras en Ciencias Vegetales, 11*, 712. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00712>
- Herrera, M., y Colonia, L. (2011). *Manejo integrado del cultivo de plátano*. Lima - Perú. http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1789/TS_CJPCS_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Martínez, G., Olivares, B.O., Rey, J.C., Rojas, J., Cardenas, J., Muentes, C., & Dawson, C. (2023). The Advance of Fusarium Wilt Tropical Race 4 in Musaceae of Latin America and the Caribbean: Current Situation. *Pathogens*, 12(2), 277. <https://doi.org/10.3390/pathogens12020277>
- MINAGRI. (2014). El banano peruano “producto estrella de exportación”: Tendencias de la producción y el comercio del banano en el mercado internacional y nacional. Edición digital por Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). Lima, Perú. 73 p.
- MINAGRI. (2014). *Instructivo Técnico sobre el cultivo del plátano*. (A. C. Forestales., Ed.) La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales.
- Ministerio de Agricultura de Cuba. (2018). *Requerimientos Técnicos a tener en cuenta para la plantación circular del plátano Vianda en Máquina de Pivote Central*. Cuba. Obtenido de http://www.minag.gob.cu/sites/default/files/publicaciones/instructivo_platano_circular_final.pdf
- Olivares, B.O.; Rey, J.C.; Lobo, D.; Navas-Cortés, J.A.; Gómez, J.A.; Landa, B.B. (2021). Fusarium wilt of bananas: A review of agro-environmental factors in the Venezuelan production system affecting its development. *Agronomy*, 11(5), 986. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050986>
- Ordoñez, N., Seidl, MF, Waalwijk, C., Drenth, A., Kilian, A., Thomma, BPHJ, y Kema, GHJ (2019). Lo peor llega a lo peor: plátanos y mal de Panamá: cuando los clones de plantas y patógenos se encuentran. *PLoS Pathogens, 11*(11), e1005197. <https://doi.org/10.1371>

- Palencia, G.; Gómez, R., y Martín, J. (2006). Manejo sostenible del cultivo del plátano. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Editorial Produmedios. Colombia. 13 p.
- Pérez, A., et al. (2016). Impacto económico de *Fusarium* en la producción de plátano en Perú. *Revista de Agricultura Tropical*, 25(1), 15-28.
- Ploetz, R. C. (2019). Fusarium wilt of banana: a review of the literature. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 37(3), 340-349.
- Reynoso, M. (2019). Influencia del momento de cosecha en la calidad de banana (*Musa* sp.) variedad Gros Michel. Tesis para optar el título de Magister Scientiae en Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional Agraria de La Molina. Lima, Perú. 112 p.
- Rodríguez, M. y Guerrero, M. (2002). Guía técnica: cultivo de plátano. Editado por el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). La Libertad, El Salvador. 32 p.
- SENASA (2021). SENASA confirma brote de Fusarium Raza 4 Tropical en Piura. Gobierno del Perú. <https://www.gob.pe/institucion/senasa/noticias/429832--confirma-brote-de-fusarium-raza-4-tropical-en-piura>
- Solis, A. (2007). *El cultivo de plátano género Musa*. Tesis de grado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila/ México. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4956/T16494%20%20SOLIS%20ROSALES%2c%20%20ADALBERTO%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Staver, CP (2020). Marchitez por Fusarium del banano: conocimientos actuales sobre epidemiología y necesidades de investigación para el manejo sostenible de enfermedades. *Frontiers in Plant Science, 9*, 1468. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01468>
- Staver, R. H. (2019). Fusarium wilt: a serious threat to the banana industry. *HortScience*, 54(7), 1234-1240.

- Thangavelu, R. & Mustaffa, M. M. (2020). First report on the occurrence of a virulent strain of fusarium wilt pathogen (race-1) infecting cavendish (AAA) group of bananas in India. *Plant Dis.* <https://doi.org/10.1094/pdis-05-10-0330>.
- Valenzuela, J., et al. (2017). Strategies for the management of *Fusarium* wilt in Peru. *Journal of Plant Diseases*, 100(2), 167-175.
- Zavaleta, J. (2006). Evaluación de cinco densidades de siembra en semilleros de plátano (Musa sp.) cultivares “isla” Musa paradisíaca L. y “Bellaco” Musa corniculata L. en Tulumayo. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 123 p.
- Zhang, S., et al. (2016). Climate change and its impact on *Fusarium* wilt of banana: implications for disease management. *Agricultural Systems*, 143, 1-9.

ANEXOS

Instrumentos de Recolección de Datos

Presencia de Fusarium según el origen del material vegetal

Origen Material Vegetal	% Positivo Foc R4T	%Positivo F. oxysporum R1	%Negativo
Chanchamayo	0%	13.79%	86.21%
Perene	0%	18.18%	81.82%
Pichanaki	0%	9.68%	90.32%
San Luis de Shuaro	0%	16.67%	83.33%
San Ramón	0%	13.64%	86.36%
Vitoc	0%	6.00%	94.00%

Presencia de Fusarium en banano y plátano

Nombre Científico	Nombre Común	% Positivo R4T	% Positivo R1	% Negativo
Musa acuminata	Banano	0%	15%	85%
Musa x paradisiaca	Plátano	0%	12%	88%

Panel Fotográfico

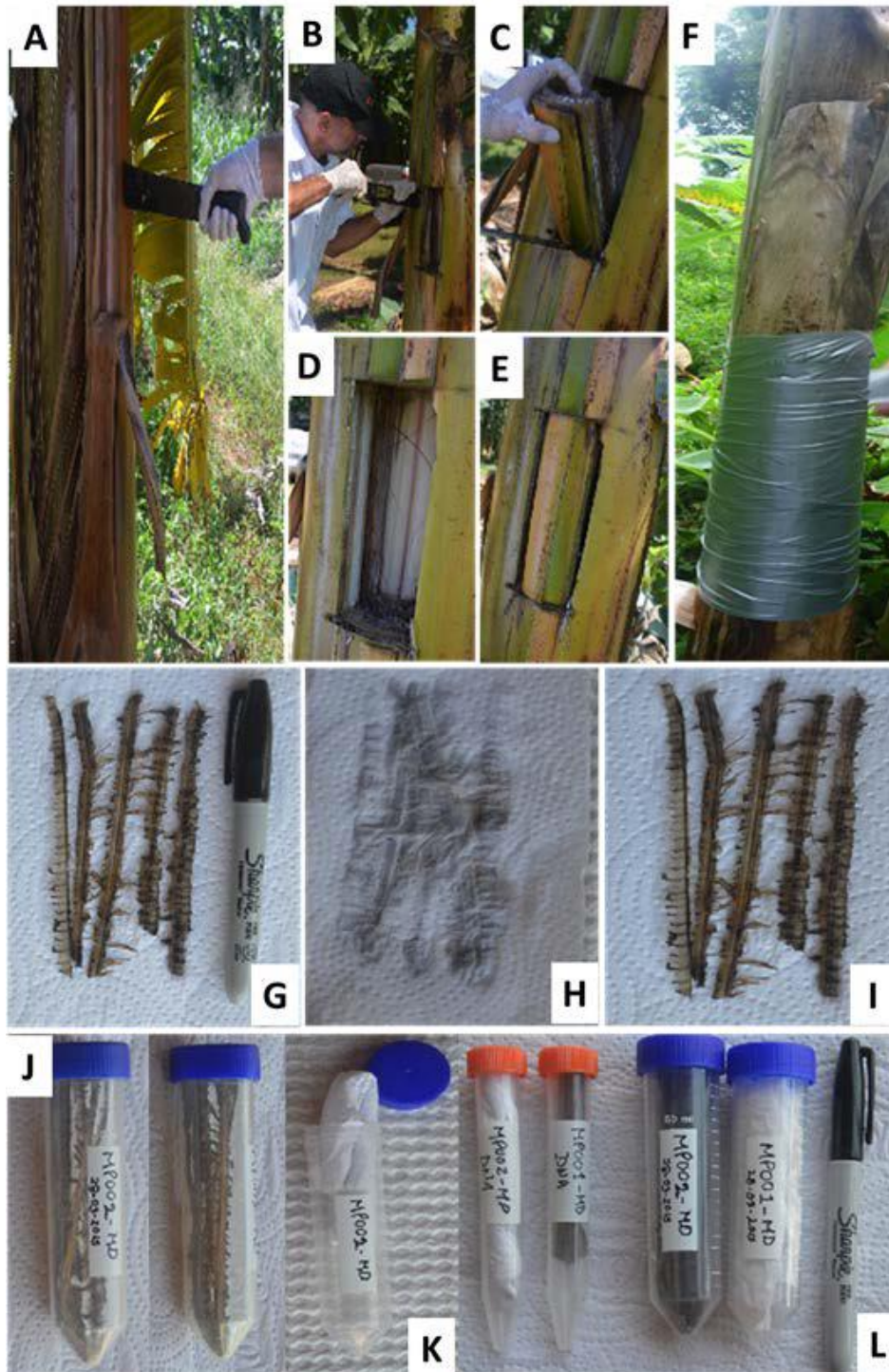


Figura 1. Procedimientos para la recolección de muestras de tejido de plantas de musáceas sospechosas de estar por la raza 4 tropical de *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense en áreas libres de la plaga. A, B e C. Corte de fragmento del pseudotallo. D Vista interna del pseudotallo mostrando los tejidos vasculares necrosados. E. Fragmento del pseudotallo colocado en la posición de origen. F. Planta muestreada con la reposición del fragmento cortado en el lugar original y cubierto con cinta adhesiva para evitar la exposición al ambiente de los tejidos y exudados provocados por el corte. G. Fragmentos de tejidos vasculares, mostrando la necrosis ocasionada por el patógeno. H. Remoción del exceso de humedad de los tejidos muestreados antes de la transferencia para los tubos. J. Tejidos vasculares necrosados, secos y listos para la transferencia a los tubos. K. Frasco cerrado conteniendo

las muestras colectadas. L. Frascos cerrados conteniendo muestras colectadas con y sin papel toalla listos para envío al laboratorio. Fotos: M.A. Dita (A-E; G-N) e P. E. Echegoyén (F).

Síntoma en pseudotallo y cormo



Síntomas de marchitez por *Fusarium* R4T



Síntomas de marchitez por *Fusarium* R4T



Síntomas en cormo



Síntomas de marchitez por *Fusarium* R4T



Síntomas de marchitez por *Fusarium* R4T



Marchitez por *Fusarium* raza 4 tropical (Foc R4T)



Marchitez por *Fusarium* raza 4 tropical (Foc R4T)



Marchitez por *Fusarium* R4T

















Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA
CENTRO DE DIAGNÓSTICO DE SANIDAD VEGETAL



Av. La Molina N° 1915, Lima 12 - Perú
Teléfono directo: 313- 3303
Central telefónica 313- 3300 Anexos: 1400 - 1401
Pag. Web: www.senasa.gob.pe

Pag. 1 de 2

INFORME DE ENSAYO N° 113594 - 2024 - AG-SENASA-OCDP-UCDSV

1. Información del solicitante: **N° de Solicitud: 110867 - 2024**
 Nombre:
 Dirección: CALLE LOS CIPRESES C.POBLADO MARISCAL CASTILLA,SAN LUIS DE SHUARO,CHANCHAMAYO,JUNIN - San Lui
 N° Expediente: **Origen Material Vegetal: MATERIAL VEGETAL DEL MISMO VALLE**

2. Información de la Actividad
 Componente: SISTEMA DE VIGILANCIA FITOSANITARIA 2019 - 2025
 Producto: Vigilancia Fitosanitaria Preventiva de Plagas No presentes. PROCESO DE INFORMACION/VIGILANCIA INTERNA

3. Fecha de Recepción de la muestra: **Procedencia de la muestra:** **País:**
 26/06/2024 14:21 San Luis De Shuaro / Chanchamayo / Junin PERU

4. Cultivo:
 Nombre Científico: *Musa *paradisíaca*
 Nombre Común: Plátano Cultivar: ISLA

5. Resultado por Método de Ensayo:

MICOLOGIA **Código Muestra:** 2024110867010001 **Tipo:** PSEUDOTALLO **Cantidad:** 10Unds

MET-UCDSV/BM-22 MET-UCDSV/BM-22: FUSARIUM OXYSPORUM F. SP CUBENSE RAZA 4 TROPICAL (FOC R4T) CON PCR CONVENCIONAL - REGIÓN IGS

Fecha de Recepción : 26/06/2024 **Fecha de Término:** 08/07/2024

N°	Resultado	Información
1	Negativo a la presencia de	Fusarium oxysporum f.sp. cubense Raza 4 Tropical

MET-UCDSV/BM-91 MET-UCDSV/BM-91: FUSARIUM OXYSPORUM SP. CUBENSE CON PCR CONVENCIONAL

Fecha de Recepción : 26/06/2024 **Fecha de Término:** 08/07/2024

N°	Resultado	Información
1	Positivo a la presencia de	Fusarium oxysporum f.sp.cubense

MET-UCDSV/BM-102 MET-UCDSV/BM-102: FUSARIUM OXYSPORUM F.SP. CUBENSE RAZA 4 TROPICAL (FOC R4T) CON PCR CONVENCIONAL PRIMERS LI

Fecha de Recepción : 26/06/2024 **Fecha de Término:** 08/07/2024

N°	Resultado	Información
1	Negativo a la presencia de	Fusarium oxysporum f.sp. cubense Raza 4 Tropical

N° de Informe



N° de Solicitud



MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA
OFICINA DE LOS CENTROS DE DIAGNÓSTICO Y PRODUCCIÓN

Biga. Ida Micaela Bartolini Martinez
Directora (e) de la Unidad del Centro de Diagnóstico de Sanidad Vegetal

V° B° del Director

Consideraciones:

Los tiempos de duración del servicio están expresados en días calendarios y son contabilizados a partir de la fecha de recepción de la muestra en el Laboratorio hasta la fecha de emisión del resultado

Los tiempos de duración del servicio pueden aumentar de acuerdo a la cantidad de muestras que solicite procesar el usuario, en cuyo caso se concordará el plazo al momento de efectuarse el contrato

REG-UCDSV-003 del PRO-UCDSV-003, vigente.

NOTA: El Centro de Diagnóstico de Sanidad Vegetal sólo se responsabiliza por los resultados emitidos de la muestra indicada en el punto 4 del presente Informe

Fecha y Hora: 22/12/2024 15:40