

ANGELO ISMAEL SALINAS MAFLA
GEMA LISSETH MENDOZA ZAMBRANO

DIANA ALEXANDRA ALAVA CRUZ
LEONARDO ENRIQUE AVELLÁN VÁSQUEZ

HONGOS FITOPATÓGENOS

EN EL CULTIVO DE PAPAYA (*Carica papaya*) Y
MARACUYÁ (*Passiflora edulis*) MEDIANTE
TÉCNICAS DE MICROSCOPIA ÓPTICA



erevna
CIENCIA EDICIONES

HONGOS FITOPATÓGENOS

*EN EL CULTIVO DE PAPAYA (Carica papaya) Y
MARACUYÁ (Passiflora edulis) MEDIANTE
TÉCNICAS DE MICROSCOPIA ÓPTICA*

**Hongos fitopatógenos en el cultivo de papaya (*Carica papaya*) y
maracuyá (*Passiflora edulis*) mediante técnicas de microscopía óptica**

**Phytopathogenic fungi in the cultivation of papaya (*Carica papaya*) and
passion fruit (*Passiflora edulis*) using optical microscopy techniques**

Angelo Ismael Salinas Mafla
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí
<https://orcid.org/0009-0007-9115-4919>

Gema Lisseth Mendoza Zambrano
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí
<https://orcid.org/0009-0003-8421-3838>

Diana Alexandra Alava Cruz
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí
<https://orcid.org/0000-0002-2975-2180>

Leonardo Enrique Avellán Vásquez
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí
<https://orcid.org/0000-0003-4265-8049>

Hongos fitopatógenos en el cultivo de papaya (*Carica papaya*) y maracuyá (*Passiflora edulis*) mediante técnicas de microscopía óptica

Autores: Angelo Ismael Salinas Mafla, Gema Lisseth Mendoza Zambrano, Diana Alexandra Alava Cruz, Leonardo Enrique Avellán Vásquez

Publicación arbitrada por pares en modalidad double-blind peer review

Primera edición octubre 2026

e-ISBN: [978-9907-9585-2-2](#)

DOI: [10.70171/kvtfkr32](#)

Coordinación Editorial:

EREVNA CIENCIA EDICIONES

Diagramación y diseño digital:

EREVNA CIENCIA EDICIONES

Fotografías:

Angelo Ismael Salinas Mafla, Gema Lisseth Mendoza Zambrano, Diana Alexandra Alava Cruz, Leonardo Enrique Avellán Vásquez.

© (2026) Angelo Ismael Salinas Mafla, Gema Lisseth Mendoza Zambrano, Diana Alexandra Alava Cruz, Leonardo Enrique Avellán Vásquez

© (2026) Erevna Ciencia Ediciones

Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador

Teléfono: +593 98 096 3706, editorial@e-revna.com, <https://e-revna.com>

Este libro está disponible en acceso abierto y se publica bajo una licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International. Puede ser compartido en su forma original, siempre y cuando se otorgue crédito al autor, únicamente con propósitos no comerciales y sin realizar modificaciones ni crear obras derivadas.



Descargo de responsabilidad: Las opiniones expresadas en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan la postura de las instituciones que patrocinan o auspician esta publicación, ni de la editorial.

El editor no hace ninguna representación, expresa o implícita, con respecto a la exactitud de la información contenida en este libro y no puede aceptar ninguna responsabilidad legal o de otro tipo por cualquier error u omisión que pueda haber.

Salinas-Mafla, A. I., Mendoza-Zambrano, G. M., Alava-Cruz, D. A., & Avellán-Vásquez, L. M. (2026). *Hongos fitopatógenos en el cultivo de papaya (Carica papaya) y maracuyá (Passiflora edulis) mediante técnicas de microscopía óptica*. Editorial Erevna Ciencia Ediciones. <https://doi.org/10.70171/kvtkfr32>

ÍNDICE

Resumen	5
Abstract	6
INTRODUCCIÓN	7
REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	12
1.1. Hongo fitopatógenos en el cultivo de papaya	12
1.1.1. <i>Fusarium</i> spp.	12
1.1.2. <i>Corynespora cassicola</i>	13
1.1.3. <i>Geotrichum candidum</i>	14
1.2. Investigaciones experimentales afines	15
1.3. Hongo fitopatógenos en el cultivo de maracuyá.....	16
1.3.1. Fusariosis	17
1.3.2. Antracnosis	17
1.3.3. Roña.....	18
1.3.4. Alternaria	19
MÉTODOLOGIA	21
2.1. Enfoque de investigación.....	21
2.2. Tipo de investigación.....	21
2.3. Ubicación del ensayo	21
2.4. Materiales y equipos	22
2.5. Procedimientos.....	23
2.5.1. Preparación de medio de cultivo PDA (Papa Dextrosa Agar)	23
2.5.2. Preparación en cámara húmeda	23
2.5.3. Recolección de muestras	24

2.5.4. Siembra de tejidos afectados	26
2.5.5. Purificación de cepas de microorganismos patógenos	28
2.6. Análisis de la información	30
RESULTADOS EN EL CULTIVO DE PAPAYA	32
3.1. Identificación de microorganismos patógenos mediante microscopía óptica.....	32
3.1.1. Raíz.....	32
3.1.2. Fruto	35
3.1.3. Hoja	38
RESULTADOS EN EL CULTIVO DE MARACUYÁ.....	45
4.1. Identificación de microorganismos patógenos mediante microscopía óptica.....	45
4.1.1. Raíz de maracuyá.....	45
4.1.2. Fruto	48
4.1.3. Hoja	52
CONCLUSIONES	57
BIBLIOGRAFÍA.....	58

RESUMEN

Los hongos fitopatógenos limitan la producción y la calidad comercial de los cultivos tropicales, y en Ecuador existe poca información local que permita orientar un manejo sanitario basado en el agente causal. El objetivo de esta investigación fue identificar hongos fitopatógenos en los cultivos de papaya (*Carica papaya*) y maracuyá (*Passiflora edulis*) mediante la siembra de tejidos afectados en medio PDA y su observación con microscopía óptica. El estudio fue cualitativo y descriptivo. Se recolectaron muestras de raíz, fruto y hoja con síntomas de enfermedad en fincas de Santo Domingo de los Tsáchilas. Los tejidos se desinfectaron superficialmente, se sembraron en PDA, se purificaron las cepas mediante transferencia de micelio y se caracterizaron sus estructuras en el laboratorio del INIAP, con tinción de azul de lactofenol. En papaya se identificó *Fusarium* spp. en raíz, con hifas septadas, microconidios y macroconidios; *Geotrichum candidum* en fruto, por sus artroconidios rectangulares; y *Corynespora cassiicola* en hoja, por sus conidios grandes, cilíndricos y multiseptados. En maracuyá se observó *Fusarium* spp. en raíz y fruto, con macroconidios curvos, microconidios abundantes y posibles clamidosporas, y *Alternaria* spp. en hoja, con cadenas de conidios agrupadas radialmente. *Fusarium* fue el único género común a ambos cultivos. La microscopía óptica resultó una herramienta accesible y de bajo costo para el diagnóstico inicial a nivel de género; la identificación de especie requiere confirmación molecular y pruebas de patogenicidad.

Palabras clave: *Fusarium*, hongos fitopatógenos, maracuyá, medio PDA, microscopía óptica, papaya.

ABSTRACT

Phytopathogenic fungi limit the production and commercial quality of tropical crops, and in Ecuador there is little local information to guide disease management based on the causal agent. The objective of this research was to identify phytopathogenic fungi in papaya (*Carica papaya*) and passion fruit (*Passiflora edulis*) crops by culturing affected tissues on PDA medium and observing them through optical microscopy. The study was qualitative and descriptive. Root, fruit, and leaf samples showing disease symptoms were collected from farms in Santo Domingo de los Tsáchilas. The tissues were surface-disinfected, plated on PDA, and the strains were purified by mycelial transfer, and their structures were characterized at the INIAP laboratory using lactophenol blue staining. In papaya, *Fusarium* spp. was identified in roots, with septate hyphae, microconidia, and macroconidia; *Geotrichum candidum* in fruit, based on its rectangular arthroconidia; and *Corynespora cassiicola* in leaves, based on its large, cylindrical, multiseptate conidia. In passion fruit, *Fusarium* spp. was observed in roots and fruit, with curved macroconidia, abundant microconidia, and possible chlamydospores, and *Alternaria* spp. in leaves, with radially grouped conidial chains. *Fusarium* was the only genus common to both crops. Optical microscopy proved to be an accessible, low-cost tool for initial diagnosis at the genus level; species-level identification requires molecular confirmation and pathogenicity tests.

Keywords: phytopathogenic fungi, papaya, passion fruit, PDA medium, optical microscopy, *Fusarium*.

INTRODUCCIÓN

Un 25 % de las cosechas a nivel mundial están contaminadas con algún tipo de micotoxinas, lo cual representa un riesgo para la salud de la población de países importadores de alimentos que no controlan estos contaminantes y de igual manera causa pérdidas económicas para los agricultores. Estas micotoxinas son producidas por diferentes especies de hongos fitopatógenos presentes en los cultivos, los cuales solo pueden ser identificados mediante observación microscópica de estructuras (Mejía, 2021).

En Norteamérica, especialmente en México y en estados productores de EE. UU., la presencia de hongos como *Fusarium* spp., *Corynespora cassicola* y *Geotrichum candidum* representa un problema recurrente en la producción y almacenamiento de papaya. Investigaciones recientes indican que los brotes fúngicos limitan la exportación de papaya debido a restricciones fitosanitarias y aumentan el descarte del fruto afectado por lesiones necróticas y pudriciones. Además, la incidencia de hongos poscosecha ha incrementado los costos de manejo y los rechazos en frontera sanitaria durante procesos de importación (Evans y Ballen, 2025).

En Ecuador, la papaya es cultivada mayormente en zonas de clima cálido, tanto tropical como subtropical, abarcando alrededor de 2.942 hectáreas destinadas a este cultivo. Las áreas con mayor porcentaje de producción se ubican en las provincias de Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos, Guayas, Santa Elena y, en menor medida, en las provincias de Manabí, El Oro, Sucumbíos, Orellana y Pastaza. La producción de papaya (*Carica papaya*) posee una gran relevancia económica para pequeños, medianos y grandes productores; sin embargo, este cultivo se encuentra expuesto a enfermedades ocasionadas por hongos fitopatógenos como *Fusarium* spp. y *Corynespora cassicola*, entre otros, los cuales ocasionan problemas en el cultivo afectando principalmente hojas, tallos y frutos, deteriorando la calidad comercial y disminuyendo el rendimiento del cultivo. Ante esta problemática, el aislamiento e identificación de estos microorganismos mediante técnicas microbiológicas y microscopía óptica representan herramientas esenciales para identificar los agentes etiológicos presentes en los cultivos y generar información relevante que contribuya al diseño de estrategias de manejo

fitosanitario más eficientes, fortaleciendo la mejora de una producción sostenible del cultivo de papaya en el país (Alejandra et al., 2022).

Los hongos fitopatógenos son uno de los principales agentes causales de enfermedades en los cultivos agrícolas, debido a su amplia distribución, capacidad de adaptación y facilidad de dispersión en diferentes condiciones ambientales. Estos microorganismos perjudican el crecimiento y desarrollo de las plantas al invadir sus tejidos, generando alteraciones fisiológicas que disminuyen el rendimiento, la calidad de los frutos y el valor comercial de los productos agrícolas. En regiones tropicales y subtropicales, donde las condiciones de elevada humedad y temperatura, la incidencia de enfermedades fúngicas presenta un gran desafío permanente para la producción agrícola, provocando pérdidas económicas significativas y limitando la sostenibilidad de los sistemas productivos. Por esta razón, la identificación oportuna de los hongos fitopatógenos constituye una estrategia fundamental para establecer medidas de manejo y control que reduzcan su impacto sobre los cultivos (Chen et al., 2023).

Otro punto de vista se aborda por el cultivo de maracuyá, enfocado en las enfermedades de origen fúngico constituyen la principal limitante fitosanitaria para el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*) a nivel mundial. En condiciones favorables de humedad y temperatura, las mismas que el cultivo necesita para producir; los hongos fitopatógenos encuentran un ambiente propicio para desarrollarse y diseminarse, afectando hojas, tallos, flores, raíces y frutos en distintas etapas del ciclo productivo. Estudios desarrollados en distintas regiones productoras documentan que, dependiendo de la enfermedad y de la falta de control oportuno, las pérdidas pueden ser severas: en Colombia, por ejemplo, se ha reportado que la antracnosis por *Colletotrichum gloeosporioides* puede reducir la producción en más del 80 % (Campo et al., 2019), mientras que estudios poscosecha en China identificaron a *Fusarium* spp., *Colletotrichum* spp. y *Alternaria* spp. entre los géneros más agresivos sobre el fruto (Rizwan et al., 2021).

En Ecuador, el maracuyá ocupa un lugar relevante dentro de la agricultura familiar: en 2022, su cultivo se concentró en 13 de las 24 provincias del país, con el 68 % de la producción localizada en la región Costa, principalmente en Manabí y Esmeraldas (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2023). Según cifras consolidadas de la Encuesta de Superficie y Producción

Agropecuaria Continua, ese año la superficie cosechada alcanzó 7 694 hectáreas, con una producción nacional de 56 104 toneladas y un rendimiento promedio de 7,29 toneladas por hectárea (MAG, 2023). El cultivo está sostenido principalmente por pequeños productores: el 93 % de las unidades productivas posee 5 hectáreas o menos, y aproximadamente 9 000 personas participan directamente en el proceso productivo, el 64 % de ellas como mano de obra familiar (MAG, 2023). El mismo informe identifica las causas de pérdida de superficie cultivada reportadas por los productores: la sequía explica el 61 % de los casos, las plagas el 33 %, y las enfermedades el 5 % (MAG, 2023). Aunque este último porcentaje pueda parecer reducido frente a otros factores climáticos, confirma desde una fuente oficial y a escala nacional que el componente fitosanitario incide de manera directa y medible sobre la sostenibilidad productiva del cultivo, lo que respalda la pertinencia de profundizar en su identificación a nivel local.

La *Passiflora edulis* es una planta trepadora perenne de la familia Passifloraceae, originaria de la región amazónica de Brasil, desde donde se diseminó hacia las zonas tropicales y subtropicales del mundo (Mora Castro y Torrado-León, 2011). A nivel comercial se distinguen dos variedades principales: la amarilla (*P. edulis* f. *flavicarpa*) y la morada (*P. edulis* f. *edulis*), siendo la primera la de mayor producción debido a su rendimiento y contenido de jugo. El cultivo requiere condiciones específicas para su desarrollo óptimo: temperaturas entre 20 y 30 °C, humedad relativa cercana al 80 % y más de 11 horas de luz diaria (Valarezo et al., 2009). Estas mismas condiciones que favorecen la productividad de la planta calor y humedad sostenidos son las que, paradójicamente, crean un ambiente propicio para la proliferación de hongos fitopatógenos, estableciendo una tensión inherente entre las exigencias agroecológicas del cultivo y su vulnerabilidad sanitaria.

El maracuyá es susceptible a enfermedades de distinto origen fúngico, bacteriano y viral que afectan su rendimiento y calidad comercial (Jaramillo et al., 2009). Sin embargo, son los hongos fitopatógenos los que constituyen la principal limitante fitosanitaria del cultivo (Agrios, 2005), siendo *Fusarium* spp., *Colletotrichum* spp. y *Cladosporium* spp. algunos de los géneros más recurrentes en plantaciones tropicales. *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* es el agente causal de la fusariosis o “secadera”, una marchitez vascular sistémica que coloniza el tejido conductor de agua y nutrientes, provocando la muerte progresiva de la planta (Suárez et al., 2008); *Colletotrichum*

gloeosporioides causa la antracnosis, enfermedad que se manifiesta con lesiones necróticas hundidas en hojas, tallos y frutos, y que en algunas zonas productoras de Colombia ha llegado a reducir la producción en más del 80 % cuando no se controla oportunamente (Campo et al., 2019); y *Cladosporium herbarum* es responsable de la roña, que deforma el fruto y reduce drásticamente su calidad estética y comercial sin necesariamente afectar su pulpa (Ontaneda, 2025). En conjunto, estas enfermedades comparten un mismo factor de riesgo: se ven favorecidas por las condiciones de alta humedad relativa y temperaturas cálidas propias del trópico, lo que explica su persistencia y agresividad en las principales zonas productoras de maracuyá de Ecuador.

A pesar de que la literatura científica internacional documenta con claridad la agresividad de estos géneros fúngicos sobre *Passiflora edulis*, en Ecuador existe un vacío significativo de información técnica local y actualizada sobre la diversidad y prevalencia de hongos fitopatógenos en las zonas productoras del país (Ontaneda, 2025). Esta ausencia de diagnósticos fitopatológicos precisos y oportunos a nivel de campo conduce a una práctica generalizada entre los productores: la aplicación indiscriminada de fungicidas, muchas veces seleccionados sin conocer con certeza el agente causal de la enfermedad que se intenta controlar (Ontaneda, 2025). Esta forma de manejo no solo incrementa los costos de producción para agricultores que, en su mayoría, cultivan en superficies menores a 5 hectáreas (MAG, 2023), sino que también favorece el desarrollo de resistencia en los patógenos y compromete la sostenibilidad ambiental del agroecosistema a largo plazo. El problema, en el fondo, no es la falta de fungicidas ni de disposición de los productores para controlar las enfermedades, sino la ausencia de una herramienta de diagnóstico accesible que les permita identificar correctamente qué hongo está combatiendo antes de decidir cómo combatirlo.

Frente a este vacío, la microscopía óptica se consolida como una herramienta de diagnóstico fitopatológico accesible, rápida y de bajo costo, especialmente pertinente para contextos rurales e institucionales con recursos limitados como los que caracterizan a buena parte de las zonas productoras de maracuyá en Ecuador. A través de esta técnica es posible observar y caracterizar estructuras morfológicas propias de los hongos conidióforos, conidios, hifas septadas o aseptadas y esporas cuya forma, tamaño y disposición permiten orientar la identificación hacia el género del patógeno, sin requerir equipos de

secuenciación molecular ni personal altamente especializado (Fallahi et al., 2025). Cabe precisar que la morfología constituye un primer nivel de identificación: estudios recientes de diversidad fúngica en cultivos tropicales emplean este enfoque como filtro inicial sobre el conjunto de aislamientos obtenidos, reservando la confirmación molecular para casos que requieren precisión a nivel de especie (Fallahi et al., 2025). Para los fines de la presente investigación, centrada en la identificación a nivel de género, la microscopía óptica resulta una técnica suficiente y metodológicamente coherente con las condiciones del laboratorio disponible, conformado por medios de cultivo PDA y microscopios ópticos convencionales.

En síntesis, el cultivo de maracuyá en Ecuador enfrenta una amenaza fitosanitaria documentada a nivel internacional, pero pobremente caracterizada a nivel local: se conoce qué géneros fúngicos afectan a la especie en otras regiones del mundo, mas no existe un registro actualizado de cuáles de ellos están realmente presentes en las plantaciones ecuatorianas, ni en qué medida. Contar con esta información permitiría orientar decisiones técnicas de manejo sanitario basadas en evidencia local, en lugar de en supuestos importados de otros contextos productivos, y sentaría una base de referencia para futuras investigaciones en fitopatología tropical dentro del país. En virtud de lo expuesto, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿qué hongos fitopatógenos están asociados al cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*) en la zona de estudio, y es posible identificarlos y caracterizarlos morfológicamente mediante la siembra de tejidos afectados en medio de cultivo PDA y la aplicación de técnicas de microscopía óptica?

El objetivo general de estas investigaciones fue identificar hongos fitopatógenos en el cultivo de papaya (*Carica papaya*), mediante la siembra de tejidos afectados en medio de cultivo PDA, para poder observarlos a través de técnicas de microscopía óptica. Los objetivos específicos fueron: recolectar muestras de tejido de las diferentes partes de la planta de papaya y maracuyá afectadas por microorganismos patógenos; sembrar tejidos afectados del cultivo de papaya y maracuyá en medio de PDA, para el crecimiento de microorganismos patógenos; purificar cepas de microorganismos patógenos del cultivo de papaya y maracuyá e identificar microorganismos patógenos mediante microscopía óptica.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

1.1. Hongos fitopatógenos en el cultivo de papaya

1.1.1. *Fusarium* spp.

El género *Fusarium* spp., comprende un amplio grupo de hongos filamentosos pertenecientes al filo *Ascomycota*, considerados entre los patógenos vegetales más importantes a nivel mundial debido a su amplia distribución, diversidad genética y capacidad para infectar y destruir un gran número de especies vegetales. Estos microorganismos patógenos se encuentran de manera natural en el suelo, residuos de cosecha, agua y material vegetal en descomposición, donde pueden vivir durante largos periodos gracias a la formación de estructuras de resistencia, como las clamidosporas. Además de actuar como organismos saprófitos, donde el *Fusarium* spp., presenta un comportamiento fitopatógeno que ocasiona enfermedades capaces de generar importantes pérdidas económicas en la agricultura (Ekwomadu y Mwanza, 2023).

Las especies de *Fusarium* spp., producen micelio hialino y desarrollan diferentes tipos de esporas, entre ellas macroconidios, microconidios y clamidosporas. Los macroconidios presentan forma alargada y ligeramente curvada, característica utilizada tradicionalmente para su identificación microscópica. Las clamidosporas constituyen estructuras de resistencia capaces de permanecer vivos durante varios años en el suelo, lo que dificulta el control de las enfermedades ocasionadas por este género. Su ciclo de vida comprende fases saprofíticas y parasíticas, permitiéndole colonizar restos vegetales y posteriormente infectar nuevos hospedantes cuando las condiciones ambientales son favorables (Bugingo et al., 2025).

Las especies de *Fusarium* son responsables de numerosas enfermedades agrícolas, entre ellas marchitez vascular, pudrición de raíces, pudrición del tallo, pudrición de frutos, tizones y enfermedades de plántulas. Estos patógenos afectan cultivos de importancia económica como banano, tomate, maíz, trigo, arroz, algodón, café, cacao, papaya y diversas hortalizas. Dependiendo de la especie involucrada y del hospedante, los síntomas incluyen amarillamiento foliar, marchitez permanente, necrosis vascular, reducción del crecimiento, pudrición radicular y muerte de la planta. Además

de ocasionar pérdidas en rendimiento, algunas especies producen micotoxinas que representan un riesgo para la salud humana y animal al contaminar productos agrícolas destinados al consumo (Todorović et al., 2023).

La identificación de *Fusarium* se ejecutaba mediante características morfológicas como la forma de los conidios, el color de las colonias y las estructuras reproductivas. Sin embargo, debido a la gran similitud existente entre muchas especies, actualmente se aconseja complementar estos métodos con herramientas moleculares, tales como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), la secuenciación de genes marcadores y los análisis filogenéticos. En los últimos años, el desarrollo de tecnologías únicas ha permitido comprender con mayor precisión la diversidad genética, los mecanismos de virulencia y la evolución de este género (Ma et al., 2023).

1.1.2. *Corynespora cassicola*

Es un hongo distribuido en regiones tropicales y subtropicales, caracterizado por su alta capacidad de supervivencia y su amplio rango de hospedantes. Este microorganismo puede comportarse como patógeno, saprófito o endófito, lo que le permite persistir en residuos vegetales y suelos agrícolas durante largos periodos, convirtiéndose en una fuente constante de inóculo primario en los sistemas de producción agrícola. Su importancia económica radica en que afecta cultivos de gran valor como algodón, tomate, papaya y frutales tropicales, provocando pérdidas significativas y el rendimiento del cultivo (Rondon y Lawrence, 2021).

Corynespora cassicola pertenece al Reino Fungi, uno de los grupos más importantes de organismos eucariotas por su papel ecológico y patogénico. Su clasificación es la siguiente:

Reino: Fungi

Filo: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Orden: *Pleosporales*

Familia: *Corynesporascaceae*

Género: *Corynespora*

Este hongo es altamente diverso a nivel genético y presenta distintos linajes asociados a diferentes hospedantes y regiones geográficas, lo que dificulta su control en sistemas agrícolas modernos (Rondon y Lawrence, 2021). Se caracteriza por ser necrotrófico, es decir, daña los tejidos del hospedante para

alimentarse de ellos. Produce conidias septadas que facilitan su dispersión por viento y lluvia. Además, puede sobrevivir en residuos de cultivo durante largos periodos, lo que incrementa su persistencia en el campo y su capacidad de reinfección en nuevas temporadas agrícolas (Orozco et al., 2023).

1.1.3. *Geotrichum candidum*

Es un hongo perteneciente al Reino Fungi, filo Ascomycota, y se encuentra dentro del grupo de levaduras y hongos filamentosos. Es un microorganismo ubicuo presente en suelo, agua, aire, plantas y alimentos fermentados. Aunque históricamente se ha considerado de importancia industrial y alimentaria, estudios recientes lo reconocen también como un hongo oportunista con capacidad de comportamiento patogénico bajo condiciones específicas (Kamilari et al., 2023).

En el cultivo de papaya (*Carica papaya*), *Geotrichum candidum* no siempre actúa como patógeno primario, pero puede asociarse perfectamente a tejidos previamente dañados por otros hongos o bacterias. Esta condición lo convierte en un patógeno secundario que acelera la descomposición del fruto, especialmente en etapas de maduración o almacenamiento poscosecha, generando pérdidas económicas importantes en la cadena productiva (Kamilari et al., 2023).

El desarrollo de infecciones por *Geotrichum candidum* está relacionado con condiciones ambientales como alta humedad, temperaturas moderadas y la presencia de heridas en el fruto, las cuales facilitan la entrada del patógeno. Este hongo aprovecha daños mecánicos, fisiológicos o causados por insectos para iniciar la colonización del tejido vegetal, lo que incrementa su capacidad de infección tanto en campo como en poscosecha. La infección suele iniciarse mediante esporas presentes en el suelo, el polvo o superficies contaminadas, que pueden adherirse al fruto durante el cultivo o la cosecha. Posteriormente, en la etapa de poscosecha, el hongo encuentra condiciones favorables para su desarrollo, especialmente en ambientes con poca ventilación. En esta fase, *Geotrichum candidum* se multiplica rápidamente y degrada los tejidos mediante enzimas pectinolíticas, provocando pudrición blanda, pérdida de firmeza y deterioro acelerado del fruto, lo que reduce significativamente su calidad comercial (Cheng et al., 2021).

Geotrichum candidum suele encontrarse asociado a diversos microorganismos presentes en frutos durante la maduración y el almacenamiento poscosecha,

por lo que rara vez actúa de manera aislada. En estas condiciones, se comporta como un organismo oportunista que coloniza tejidos previamente afectados por otros patógenos, aprovechando la degradación inicial del fruto para su desarrollo. En situaciones de infección conjunta, puede coexistir con hongos como *Penicillium spp.* y *Aspergillus spp.*, lo que contribuye a acelerar el proceso de deterioro del tejido vegetal, especialmente en ambientes con alta humedad o manejo inadecuado del producto. Este tipo de interacción microbiana incrementa la rapidez de la descomposición y afecta directamente la calidad y vida útil de frutas tropicales (Kamilari et al., 2023).

1.2. Investigaciones experimentales afines

Tan et al. (2023), realizaron una investigación titulada Major fungal postharvest diseases of papaya: Current and prospective diagnosis methods, con el principal objetivo de analizar las principales enfermedades fúngicas que afectan a la papaya durante la etapa poscosecha y evaluar los métodos utilizados para su diagnóstico. Los autores revisaron diferentes técnicas de identificación, desde la observación de síntomas y la caracterización morfológica mediante la microscopía óptica. Entre sus principales resultados señalaron que los géneros como *Fusarium*, *Colletotrichum* y *Lasiodiplodia* representan importantes agentes causales de grandes pérdidas económicas en la producción de papaya. Asimismo, manifestaron que la identificación morfológica continúa siendo un procedimiento indispensable como diagnóstico inicial antes de aplicar técnicas moleculares.

Getnet et al. (2023), llevaron a cabo un estudio enfocado principalmente en evaluar diferentes alternativas para el control de la antracnosis en frutos de papaya ocasionada por hongos fitopatógenos. Como parte de la investigación, aislaron e identificaron el microorganismo causante mediante la observación e identificación de sus características morfológicas y microscópicas. Los resultados mostraron que la combinación de agua caliente con sales carbonatadas fue la estrategia más eficaz para disminuir el crecimiento del hongo, sin afectar la calidad del fruto. Aunque la investigación estuvo orientada al manejo de la antracnosis, sus hallazgos constituyen un referente para el presente estudio, ya que ponen de manifiesto la importancia de la caracterización morfológica y el uso de la microscopía óptica como herramientas fundamentales para la identificación inicial de los hongos fitopatógenos que afectan al cultivo de papaya (*Carica papaya*).

Kavitha et al. (2024), evaluaron la incidencia de las enfermedades poscosecha que afectan a los frutos de limón ácido (*Citrus aurantifolia*), con especial énfasis en la pudrición ácida ocasionada por *Geotrichum candidum*. La metodología comprendió la recolección de muestras provenientes de frutos afectados por este hongo, seguido del aislamiento del patógeno y su identificación mediante la caracterización de las colonias en cultivo y el análisis de sus estructuras mediante la microscópica óptica. El diagnóstico permitió establecer que *G. candidum* fue uno de los microorganismos con mayor frecuencia de aislamiento, asociado a un elevado porcentaje de frutos afectados y a importantes pérdidas durante la comercialización. Los autores señalaron que la identificación temprana del agente causal mediante técnicas microbiológicas constituye un componente esencial para el establecimiento de estrategias de manejo fitosanitario orientadas a reducir la incidencia de la enfermedad.

Mucharomah et al. (2023), con el objetivo de aislar, identificar y evaluar la patogenicidad de *Corynespora cassiicola* en frutos de papaya (*Carica papaya*). Para ello, ejecutaron una recolección de frutos con síntomas de mancha negra y realizaron el aislamiento correspondiente del patógeno, seguido de su identificación mediante la caracterización de las colonias y el análisis microscópico de conidióforos y conidios. Posteriormente, efectuaron pruebas de patogenicidad para confirmar la capacidad del hongo de reproducir los síntomas de la enfermedad. Los resultados identificaron a *Corynespora cassiicola* como el agente causal de la mancha negra en papaya, concluyendo que la caracterización morfológica y las pruebas de patogenicidad constituyen herramientas confiables para el diagnóstico de este patógeno.

1.3. Hongos fitopatógenos en el cultivo de maracuyá

En el cultivo de maracuyá del trópico americano, cuatro géneros fúngicos concentran buena parte de los problemas fitosanitarios: *Fusarium*, causante de la fusariosis o secadera; *Colletotrichum*, de la antracnosis; *Cladosporium*, de la roña; y *Alternaria*, responsable de la mancha foliar (Agrios, 2005; Rizwan et al., 2021). Cada uno ataca de forma distinta y prefiere un órgano o fase del cultivo, pero todos comparten el mismo factor de riesgo: prosperan bajo condiciones de humedad relativa alta y temperaturas cálidas, precisamente las que predominan en las zonas productoras tropicales.

1.3.1. Fusariosis

La fusariosis, mejor conocida en el campo como "secadera", es de las enfermedades más temidas en el cultivo de maracuyá. La razón es sencilla: una vez que el hongo se instala en el suelo, prácticamente no hay manera de sacarlo de ahí. Se le atribuye tanto a *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* como a *Fusarium solani* f. sp. *passiflorae*, dos formas especiales reportadas en plantaciones colombianas, lo que de paso confirma lo complicado que resulta el género *Fusarium* a la hora de identificarlo con precisión. Martínez-Bolaños (2012, como se citó en Robledo-Buriticá et al., 2017) documentó en el Valle del Cauca pérdidas de rendimiento de entre 40 % y 60 % cuando la enfermedad no se controla a tiempo.

Sin embargo, las dos especies no colonizan la planta de la misma forma. Según Ortiz et al. (2014), *F. oxysporum* entra por las raíces y desde ahí avanza por el sistema vascular hacia arriba, mientras que *F. solani* se queda más bien en el cuello, en la base del tallo. El daño que terminan provocando, eso sí, es parecido en ambos casos: hifas y microconidios colonizan los vasos del xilema, el cámbium se hipertrofia y las fibras vasculares se destruyen, todo lo cual termina cortando el paso de agua y nutrientes.

Robledo-Buriticá et al. (2017) siguieron el avance de la infección día por día usando microscopía electrónica de barrido en plántulas inoculadas con *F. solani*. Al quinto día ya aparecían macroconidios formados desde monofiálides en el micelio aéreo del tallo. Para el día diez, hifas y esporodoquios maduros habían colonizado el xilema y la médula del cuello. La colonización de los estomas por hifas empezó al sexto día, y no fue hasta el día trece que se observaron monofiálides con microconidios sobre la superficie de la hoja. En el campo, la marchitez suele empezar de un solo lado de la planta antes de generalizarse, y el signo más claro para confirmar el diagnóstico es la decoloración marrón o púrpura del tejido vascular, que se ve al cortar el tallo longitudinalmente por la base.

1.3.2. Antracnosis

Colletotrichum gloeosporioides (teleomorfo *Glomerella cingulata*) es el agente causal de la antracnosis, otra enfermedad de peso en el cultivo de maracuyá. Campo-Arana et al. (2019) documentaron en cultivos comerciales de Colombia que, sin un manejo adecuado, puede reducirse el rendimiento en

más del 80 %. A diferencia de la fusariosis, que va por el sistema vascular, esta enfermedad se queda en la parte aérea de la planta: aparecen lesiones en tallos, flores, hojas y, lo más grave para quien va a vender el fruto, en los propios frutos (Campo-Arana et al., 2019).

El comportamiento del hongo es hemibiotrófico. Primero coloniza células vivas del hospedante sin producir síntomas visibles (fase biotrófica), y solo cuando pasa a alimentarse de tejido muerto en la fase necrotrófica empiezan a manifestarse las lesiones características (Agrios, 2005). En el fruto, estas suelen comenzar como pequeños exudados gomosos que se convierten en manchas de aspecto aceitoso; con el tiempo se oscurecen, se hunden ligeramente en el borde y, sin intervención oportuna, terminan uniéndose hasta cubrir buena parte de la superficie (Campo et al., 2019).

Morfológicamente, *C. gloeosporioides* forma sus conidios dentro de acérvulos; estos a veces presentan setas (filamentos oscuros y rígidos) rodeando la masa conidial, y a veces no, lo que puede complicar el diagnóstico cuando se trabaja solo con morfología (Barnett y Hunter, 1998). Los conidios son cilíndricos e hialinos, y la forma más práctica de distinguirlos de los de *C. acutatum* es que tienen ambos extremos redondeados en lugar de uno solo terminado en punta (Barnett y Hunter, 1998). Sobre PDA, las colonias van de gris claro a gris oscuro, con masas de conidios que adquieren ese tono naranja tan característico del género.

1.3.3. Roña

La roña afecta sobre todo los tejidos jóvenes de la planta: hojas, zarcillos y frutos en desarrollo. No llega a dañar la pulpa, pero deforma el fruto y arruina su apariencia comercial, que para un producto que se vende casi siempre en fresco es un golpe serio. El agente causal se atribuye a especies del género *Cladosporium*, y en plantaciones de maracuyá se ha reportado específicamente a *Cladosporium herbarum* como responsable (Ontaneda, 2025).

Vale la pena anotar algo aquí: distinguir *C. herbarum* de especies muy parecidas morfológicamente, como *C. cladosporioides*, confirmada mediante PCR y filogenia como agente de la roña en otras plantaciones colombianas (Delgado-Méndez et al., 2013), no es sencillo si uno solo cuenta con un microscopio óptico, porque ambas comparten conidióforos de color marrón claro y conidios elipsoidales de tamaño parecido. Esta es justamente la

limitación que ya reconoce el planteamiento de esta investigación: la morfología basta para ubicar al patógeno dentro del género *Cladosporium* con bastante confianza, pero precisar la especie exacta dependería de una confirmación molecular que queda fuera del alcance de este trabajo.

El tiempo que tarda en aparecer la enfermedad después de la inoculación depende del tejido: en frutos los síntomas suelen verse alrededor del séptimo día, mientras que en hojas el rango va de 4 a 12 días según el estudio y las condiciones del ensayo (Delgado et al., 2013).

En cuanto a la morfología, los conidióforos de este género son de color marrón claro y forman los conidios desde la parte central hasta el extremo superior de la estructura (Domsch et al., 1980, como se citó en Delgado et al., 2013). Los de *C. cladosporioides* miden entre 2 y 6 μm de ancho por hasta 350 μm de largo, con conidios elipsoidales marrones de unos $3\text{-}7 \times 2\text{-}4 \mu\text{m}$; los de *C. herbarum* son un poco más anchos (3-6 μm) pero más cortos (hasta 250 μm), y sus conidios, casi siempre unicelulares, son más grandes y de tono marrón amarillento ($5,5\text{-}13 \times 3,8\text{-}6,0 \mu\text{m}$) (Delgado-Méndez et al., 2013). De forma general, las esporas del género tienen forma elipsoidal, color que va de hialino a marrón amarillento, y miden alrededor de 10 μm de largo por 4 μm de ancho (Agrios, 2005).

1.3.4. *Alternaria*

Aunque recibe menos atención bibliográfica que la fusariosis o la antracnosis, *Alternaria* es un género de presencia documentada en el cultivo de maracuyá con impacto tanto productivo como comercial. Rizwan et al. (2021), en un estudio de diversidad fúngica en frutos de *Passiflora edulis* realizado en China, identificaron a *Alternaria alternata* como una de las cuatro especies más agresivas en poscosecha, junto a *Fusarium kyushuense*, *Fusarium concentricum* y *Colletotrichum truncatum*. A nivel de campo, el género *Alternaria* ha sido reportado en Colombia como agente causal de lesiones en hojas y frutos en plantaciones de maracuyá, bajo la denominación de mancha foliar (Jaramillo et al., 2009). El hongo es necrotrófico y polífago, lo que significa que puede infectar tejido vegetal de distintas especies, aunque muestra especial preferencia por tejidos senescentes o debilitados (Agrios, 2005).

Los síntomas en campo se presentan como manchas necróticas de coloración marrón oscura a negra, con bordes bien definidos y, con frecuencia, un halo

clorótico amarillento en el tejido circundante (Agrios, 2005). Bajo condiciones de alta humedad relativa, las lesiones avanzan rápidamente y sobre su superficie se desarrolla una vellosidad oscura, que corresponde a la masa de conidióforos y conidios del patógeno. Las esporas del hongo se diseminan principalmente por el viento y por salpicado de agua de lluvia, lo que favorece su rápida dispersión entre plantas y dentro del propio cultivo (Barnett y Hunter, 1998). El fruto afectado pierde valor comercial antes incluso de que la infección progrese hacia la pulpa, lo que convierte a esta enfermedad en un problema relevante tanto para el mercado en fresco como para la agroindustria.

Morfológicamente, *Alternaria* es uno de los géneros más reconocibles al microscopio óptico. Sus conidios son pluricelulares, con tabiques tanto transversales como longitudinales (lo que los hace muriformes en corte óptico), de coloración marrón dorada a marrón oscura, y con un extremo apical que se prolonga formando un pico o rostro (apicelo), rasgo que permite diferenciarlo de otros hongos dematiáceos de conidios oscuros como *Stemphylium* (Barnett y Hunter, 1998). En *A. alternata*, los conidios son ovoides a elipsoidales, con 3 a 9 septos transversales y hasta 3 septos longitudinales o diagonales; sus dimensiones oscilan entre 20 y 63 µm de largo por 9 a 18 µm de ancho (Simmons, 2007). Los conidióforos son simples o ramificados, de color marrón claro, y los conidios se producen en cadenas, característica que, junto con el apicelo, los hace inconfundibles a nivel de género (Barnett y Hunter, 1998).

Sobre medio PDA, las colonias de *Alternaria* spp. crecen con relativa rapidez: en 7 días alcanzan entre 4 y 7 cm de diámetro. Por el anverso, la coloración inicial es gris verdosa u olivácea, que se oscurece con el tiempo hasta un gris negruzco; el reverso es marrón oscuro a negro. La textura es algodonosa a lanosa, y la esporulación suele ser directamente visible sobre la superficie de la colonia sin necesidad de preparaciones adicionales, lo que facilita su reconocimiento en el laboratorio (Simmons, 2007). Desde el punto de vista del diagnóstico morfológico, la combinación de conidios muriformes oscuros con apicelo rostrado, dispuestos en cadenas sobre conidióforos marrones, constituye un patrón suficientemente distintivo para orientar la identificación al nivel de género por microscopía óptica, sin requerir confirmación molecular para los fines de la presente investigación (Barnett y Hunter, 1998; Fallahi et al., 2025).

MÉTODOLOGIA

2.1. Enfoque de investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, debido a que su enfoque estuvo orientada a la identificación, descripción e interpretación de las características morfológicas macro y microscópicas de los hongos fitopatógenos asociados al cultivo de papaya (*Carica papaya*), sin recurrir al análisis estadístico inferencial. Este enfoque nos permitió examinar las particularidades estructurales de los microorganismos aislados mediante la observación directa de sus colonias y estructuras reproductivas, facilitando su identificación taxonómica con base en criterios micológicos establecidos (Lahitte et al., 2013).

2.2. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo descriptiva, ya que tuvo como propósito caracterizar e identificar los hongos fitopatógenos presentes en frutos de papaya y maracuyá mediante el análisis de sus características morfológicas macroscópicas y microscópicas. El estudio permitió documentar aspectos como la coloración, textura, velocidad de crecimiento de las colonias, morfología del micelio, conidióforos, conidios y demás estructuras diagnósticas empleadas en la identificación de los diferentes géneros y especies fúngicas (Cruz et al., 2017).

2.3. Ubicación del ensayo

La recolección de muestras se realizó en una plantación de papaya y maracuyá del señor Carlos ubicada en Santo Domingo vía la Concordia. El procesamiento de las muestras y la identificación de los hongos mediante la microscopia óptica se efectuó en el laboratorio de la INIAP, ubicado en el cantón La Concordia, en el kilómetro 38, con las siguientes coordenadas GPS: 0°01'57.5"S 79°23'18.0"W.

La recolección de muestras de maracuyá se realizó en una finca productora Meza ubicada en el recinto San Vicente del Búa, parroquia San Jacinto del Búa, cantón Santo Domingo, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Las coordenadas geográficas son 00°07,227' Latitud Sur y 79°28253'

Longitud Occidental. El procesamiento de las muestras (siembra en medio PDA), purificación de cepas e identificación morfológica se llevó a cabo en los laboratorios del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santo Domingo.

2.4. Materiales y equipos

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron los materiales y equipos detallados en la Tabla 1, organizados según su tipo y uso en campo y laboratorio.

Tabla 1. Materiales y equipos utilizados en la investigación

Categoría	Materiales, reactivos o equipos
Material biológico	Frutos de papaya (<i>Carica papaya</i>) con síntomas de enfermedades fúngicas; tejidos vegetales afectados; aislamientos de hongos fitopatógenos obtenidos de las muestras; cultivos puros de hongos desarrollados en medio PDA.
Materiales de campo	Tijeras de acero inoxidable para recolectar muestras vegetales; fundas herméticas tipo Ziploc®; marcador permanente.
Materiales de laboratorio	Guantes quirúrgicos desechables; mandil de laboratorio; mascarillas desechables; gasas estériles; algodón; cajas de Petri de vidrio o plástico estériles; matraces Erlenmeyer de vidrio; probetas graduadas; vasos de precipitados; papel aluminio; cinta adhesiva tipo masking; bisturí y portabisturí; pinzas metálicas; tijeras metálicas; portaobjetos.
Reactivos y medios de cultivo	Alcohol etílico al 70 %; agua destilada; hipoclorito de sodio (Clorox); agar papa dextrosa (PDA); azul de lactofenol.
Equipos e instrumentos	Cámara de flujo laminar; autoclave; incubadora; microscopio óptico; agitador magnético con placa calefactora; balanza gramera digital; mechero Bunsen; computadora.

2.5. Procedimientos

2.5.1. Preparación de medio de cultivo PDA (Papa Dextrosa Agar)

La preparación del medio de cultivo Potato Dextrose Agar (PDA) se realizó utilizando medio deshidratado pre-formulado, con una concentración de 39 g/L. Para el desarrollo del procedimiento, se preparó un volumen total de 400 mL de solución, destinado a la elaboración de 20 cajas Petri estériles de 90–100 mm de diámetro.

Inicialmente, se midieron 400 mL de agua destilada, la cual fue vertida en un matraz Erlenmeyer de 500 mL. Posteriormente, se pesaron 15.6 g de medio PDA en polvo, los cuales fueron añadidos al agua destilada bajo agitación constante hasta lograr su completa disolución.

La solución preparada fue esterilizada en autoclave a 121 °C y 15 psi durante 15 minutos, con el fin de eliminar cualquier posible contaminante microbiológico. Una vez finalizado el proceso de esterilización, el medio fue retirado cuidadosamente y dejado enfriar hasta alcanzar una temperatura aproximada de 45–50 °C, considerada óptima para el vertido sin afectar sus propiedades nutritivas.

El vertido del medio se realizó en una cámara de flujo laminar bajo condiciones adecuadas y previamente desinfectada, utilizando técnicas de esterilidad cerca de la llama de un mechero Bunsen. Se dispensaron aproximadamente 15–20 mL del medio por cada caja Petri estéril, hasta completar un total de 20 cajas Petri llenadas.

Finalmente, las cajas Petri fueron dejadas en reposo sobre una superficie nivelada hasta su solidificación completa, posteriormente invertidas para evitar condensación y almacenadas a 4 °C en una incubadora hasta su utilización en el aislamiento de hongos fitopatógenos (Ali et al., 2022).

2.5.2. Preparación en cámara húmeda

Se recolectaron muestras de diferentes órganos de la planta, incluyendo hojas, frutos y raíces que presentaban síntomas característicos de infección por hongos fitopatógenos, tales como manchas anulares en frutos, manchas foliares en hojas y pudrición interna en raíces. Las muestras fueron colocadas en recipientes estériles.

Los tejidos vegetales fueron lavados previamente con agua y jabón para la eliminación de residuos de suelo y materia orgánica superficial. Posteriormente, se realizó la desinfección superficial mediante inmersión en alcohol etílico al 50 % durante 1 minuto, seguido de hipoclorito de sodio al 0,7 % durante 1 minuto. Finalmente, las muestras fueron enjuagadas dos veces con agua destilada estéril durante 5 minutos cada lavado, con el fin de eliminar completamente los residuos de los agentes desinfectantes.

Una vez desinfectadas las muestras, se procedió a la obtención de fragmentos de tejido de aproximadamente 0,5 cm de longitud, utilizando bisturí y pinzas estériles previamente flameadas con mechero de Bunsen, garantizando condiciones asépticas. La selección de los fragmentos se realizó en la zona de transición entre tejido sano y tejido afectado, debido a su mayor probabilidad de contener el agente causal de la enfermedad.

Posteriormente, los fragmentos fueron colocados en cámaras húmedas elaboradas en cajas Petri estériles, en las cuales se dispuso algodón humedecido con agua destilada estéril para mantener condiciones de alta humedad relativa.

Las cámaras húmedas fueron incubadas durante un periodo de 5 a 7 días, a temperatura ambiente considerada óptima para el desarrollo fúngico, en condiciones de luz indirecta, evitando la exposición directa a la luz solar con el fin de no alterar el crecimiento ni la esporulación de los hongos fitopatógenos presentes en los tejidos vegetales (Cinthia et al., 2025).

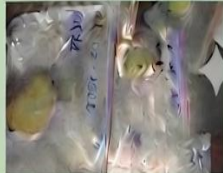
2.5.3. *Recolección de muestras*

Se recolectó muestras en plantas de papaya y maracuyá que presentaban síntomas compatibles con enfermedades de origen fúngico. Se seleccionaron hojas, frutas y raíces con signos visibles de infecciones por microorganismos, procurando obtener tejidos representativos de la zona afectada. Las muestras fueron colocadas en fundas estériles identificadas y transportadas al laboratorio en condiciones que preservaran su integridad, con el fin de garantizar un adecuado aislamiento e identificación de los hongos fitopatógenos (Gabriela et al., 2022).

Figura 1. Recolección de muestras de tejido de las diferentes partes de la planta de papaya afectadas por microorganismos patógenos

Actividad 	Descripción Detallada	Evidencia Visual
Determinación del área de muestreo 	Establecimiento de un espacio físico de muestreo de 20 x 20 m dentro del cultivo de papaya en la finca "Palma".	
Recolección de muestras de hojas 	Recolección selectiva de hojas de papaya con signos evidentes de enfermedad utilizando tijeras de podar y guantes.	  <ACTIOE_1> <IMAGE_2>
Recolección de muestras de fruto 	Muestreo de frutos de papaya con síntomas de infección por hongos fitopatógenos, cortados y recolectados.	  <IMAGE_4> <IMAGE_5>
Recolección de muestras de raíz 	Muestreo de raíces de papaya con signos de pudrición radicular para el diagnóstico de enfermedades.	  <IMAGE_7> <IMAGE_8>
Transporte y etiquetado 	Acondicionamiento final, etiquetado con códigos (PH, PF, PR) y fecha, y preparación para el transporte al laboratorio para garantizar la trazabilidad.	

Figura 2. Recolección de muestras de tejido de las diferentes partes de la planta de maracuyá afectadas por microorganismos patógenos

Icono	Descripción	Evidencia fotográfica
Determinación del área de muestreo. 	En la finca se estableció un espacio físico de muestreo de 20 x 20m, que contaba con el cultivo de maracuyá. Signos de enferm.	
Recolección de muestras de hojas. 	La recolección de hojas se realizó empleando una tijera de podar, tomando hojas con signos de enfermedad.	 
Recolección de muestras de fruto. 	Recolección de frutos de maracuyá con síntomas de infección por hongos fitopatógenos.	 
Recolección de muestras de raíz. 	Muestreo de raíces de papaya con síntomas de pudrición, realizado para el diagnóstico de hongos asociados a asociados a enfermedades radiculares.	 
Etiquetado de muestras para transporte al laboratorio. 	Acondicionamiento y etiquetado individual de las muestras recolectadas para su correcta identificación y transporte al laboratorio, garantizando la trazabilidad del material vegetal.	

2.5.4. *Siembra de tejidos afectados*

En la Figura 3 se documenta el proceso secuencial de esta actividad, desde la elaboración del medio PDA, pasando por la esterilización de materiales y el vertido en cajas Petri, hasta la siembra de los tejidos afectados. Lo que asegura la obtención de aislamientos fúngicos o bacterianos viables y representa el punto de partida para la confirmación del agente causal asociado a la sintomatología observada en el cultivo.

Figura 3. Siembra de tejidos afectados del cultivo de papaya (*Carica papaya*) en medio de PDA, para el crecimiento de microorganismos patógenos

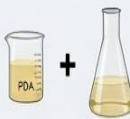
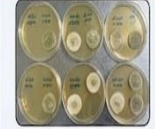
Actividad 	Descripción Detallada	Evidencia Visual	Resultados e Insumos
Elaboración de medio PDA 	Preparación del medio de cultivo PDA mediante la disolución de 15.6g de medio deshidratado en 400 de agua destilada, con agitación.		
Esterilización de materiales 	Preparación de instrumentos de laboratorio (matraces, cajas Petri) y esterilización previa en autoclave.	 <ACTIOE_1> <IMAGE_2>	 <IMAGE_3>
Vertido de medio PDA 	Colocación del medio de cultivo estéril en cajas Petri bajo campana de flujo laminar, y posterior solidificación.	 <IMAGE_4>  <IMAGE_5>	 <IMAGE_6>
Siembra de tejidos 	Corte de 1mm de tejidos foliares, desinfección secuencial (alcohol 50%, cloro 3%, agua destilada) y siembra de 4 fragmentos/caja en PDA.	 <IMAGE_7> <IMAGE_8>	 <IMAGE_9>
Incubación y Observación 	Incubación de las cajas Petri sembradas y observación diaria para monitorear el crecimiento micelial.	 <IMAGE_9>	

Figura 4. Siembra de tejidos afectados del cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*) en medio de PDA, para el crecimiento de microorganismos patógenos

Actividad	Descripción	Evidencia fotográfica
 Elaboración de medio PDA (Papa Dextrosa Agar).	Se preparó el medio de cultivo PDA mediante la disolución de 15,6g de medio deshidratado en 400 ml de agua destilada, aplicando agitación adecuada para una mezcla homogénea, se esterilizó para su previo uso.	
 Esterilización de materiales mediante autoclave.	Preparación de instrumentos de laboratorio, mediante esterilización previa a la siembra de tejidos afectados.	
 Vertido de medio PDA cajas petri estériles para su posterior solidificación.	Se procedió a la colocación de medio de cultivo PDA en las respectivas cajas petri, para que este producto se solidifique y poder ejecutar una siembra correcta de los tejidos.	
 Siembra de tejidos afectados por hongos fitopatógenos.	Se realizaron cortes de aproximadamente 1mm en los tejidos foliares afectados. Posteriormente, las muestras fueron sometidas a un proceso de desinfección superficial mediante inmersión secuencial en alcohol al 50%, cloro al 3% y agua destilada estéril durante un minuto en cada solución. Finalmente, los fragmentos fueron sembrados en medio de cultivo PDA, colocando cuatro muestras por unidad de cultivo.	

2.5.5. Purificación de cepas de microorganismos patógenos

Una vez obtenidos los aislamientos primarios a partir de tejidos vegetales afectados, la purificación de las cepas fúngicas o bacterianas constituye un paso indispensable para garantizar la obtención de cultivos puros que permitan una identificación taxonómica precisa y pruebas de patogenicidad confiables. En la Figura 5 se documenta el proceso de purificación de las cepas aisladas a partir de tejidos de papaya con sintomatología característica. La actividad incluye la extracción aséptica de micelio desde las colonias iniciales, su transferencia a nuevas cajas Petri con medio de cultivo y el seguimiento del desarrollo micelial hasta obtener colonias puras. Este procedimiento estandarizado asegura la obtención de materiales biológicos homogéneos para su posterior caracterización morfológica.

Figura 5. Purificación de cepas de microorganismos patógenos del cultivo de papaya (*Carica papaya*)

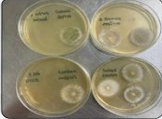
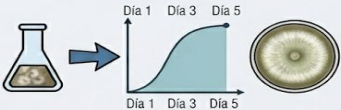
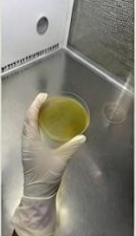
Actividad 	Descripción Detallada	Evidencia Visual	Resultados e Insumos
 Extracción de micelio del hongo	Toma de muestras de micelium de las colonias puras desarrolladas en las cajas Petri originales con 5 tejidos vegetales, para analizar el desarrollo del hongo puros [cite: 30].	 <IMAGE_1> a. Colonia inicial	 <IMAGE_2> b. Extracción aseptica
		 c. Nuevas siembras	 d. Crecimiento micellar
Resultados e Insumos			
Obtención de cultivo puro y monitoreo de		 Día 1 Día 3 Día 5 Día 1 Día 3 Día 5 Obtención de cultivo puro y monitoreo de desarrollo.	

Figura 6. Purificación de cepas de microorganismos patógenos del cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*)

Actividad	Descripción	Evidencia fotográfica
Extracción de micelium del hongo. 	Se tomaron muestras de micelium de donde fueron sembrados los 5 tejidos donde fuer sembratos los 5 tejidos vegetales con presencia de hongos fitopatógenos, para analizar el respectivo desarrollo del hongo en este caso puro.	 
Siembra en medio de cultivo puro. 	Siembra en medio de cultivo cultivo puro.	 
Incubación y desarrollo. 	Incubación y desarrollo. cultivo sito puro.	

2.6. Análisis de la información

Dado el carácter observacional y descriptivo de la investigación, no se aplicaron pruebas de inferencia estadística. La información obtenida en cada etapa como características macroscópicas de las colonias y estructuras microscópicas observadas se organizaron de forma descriptiva mediante fichas de caracterización por aislamiento, registrando para cada uno el órgano de procedencia, las características de la colonia en PDA y las estructuras fúngicas identificadas al microscopio.



RESULTADOS EN EL CULTIVO DE PAPAYA

3.1. Microorganismos patógenos identificados mediante microscopía óptica

3.1.1. Raíz

a) Identificación en campo en raíces de papaya afectadas por enfermedad

La correcta toma de muestras de raíz es crucial para el diagnóstico certero de enfermedades del sistema radicular en el cultivo de papaya. Algunos patógenos como *Phytophthora palmivora*, *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani* (damping-off en plantas adultas) y nematodos fitoparásitos (*Meloidogyne* spp., *Rotylenchulus reniformis*) requieren un manejo muestral riguroso que evite falsos negativos o diagnósticos erróneos. A continuación, en la Figura 7, se detalla el procedimiento llevado a cabo para identificación en campo y laboratorio de enfermedades a nivel de raíz de papaya.

Figura 7. Identificación en campo de raíz afectada por *Fusarium* spp.



Nota: En las imágenes se observan la extracción de muestras de raíz de papaya, para su posterior identificación en laboratorio.

b) Identificación en laboratorio de agente causal de la enfermedad

En la Figura 8 se observa una muestra de raíz con síntomas típicos de pudrición, dispuesta en caja de Petri sobre medio de cultivo selectivo, como parte del protocolo de aislamiento y purificación del microorganismo implicado. Este procedimiento permite, mediante observaciones morfológicas

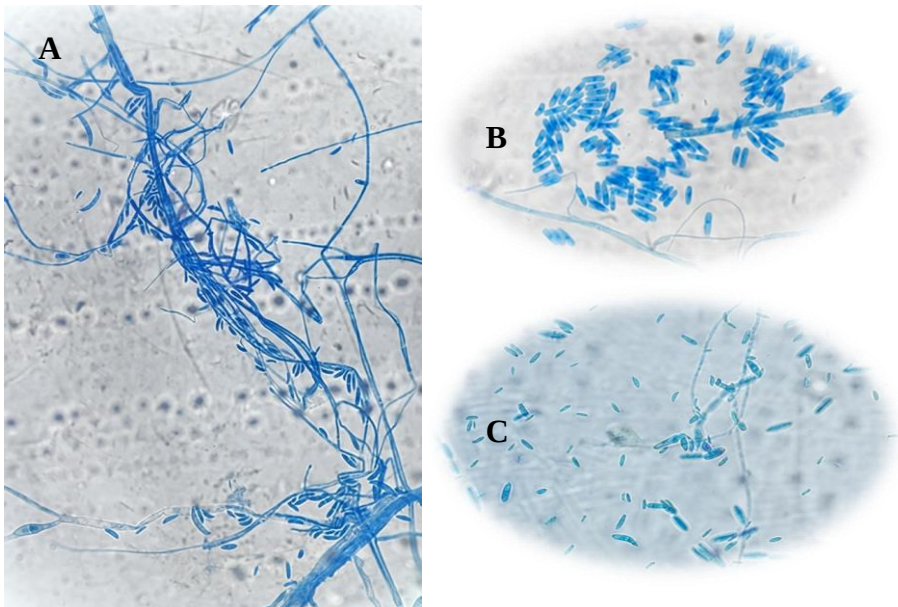
y pruebas complementarias (macroscópicas y microscópicas), confirmar la etiología de la enfermedad y generar información clave para la toma de decisiones en el manejo del cultivo.

Figura 8. Identificación en laboratorio de raíz afectada por *Fusarium* spp.



Nota: En la imagen se observa la muestra de raíz en caja Petri en laboratorio para confirmación del agente causal de la pudrición de raíz en el cultivo de papaya.

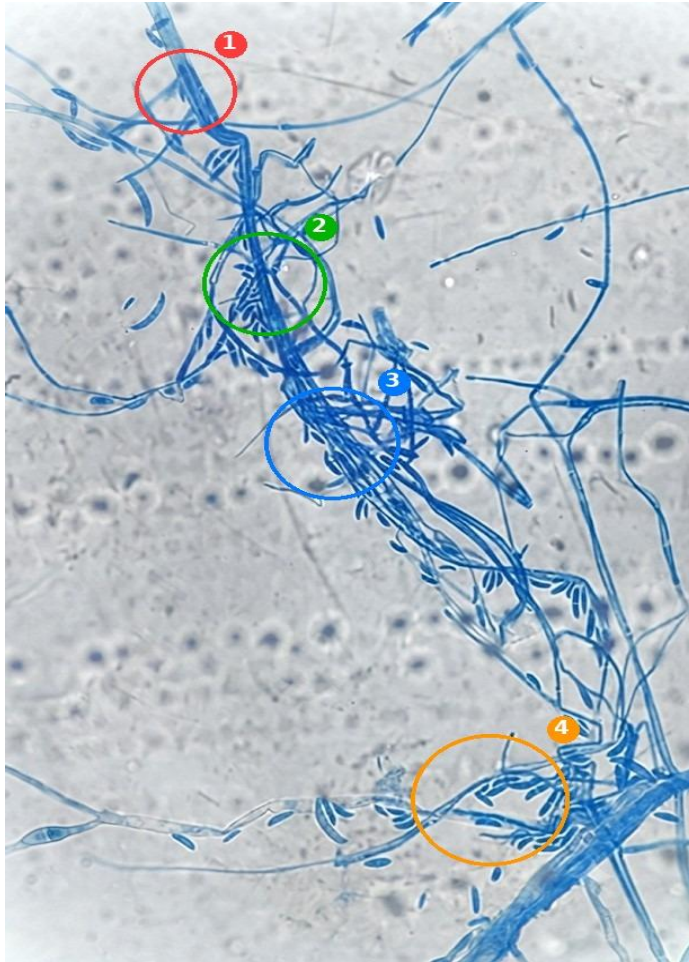
Figura 9. Estructuras del *Fusarium* identificadas en raíz de papaya en el microscopio



Nota: en raíz, se observa presencia de hifas (A) + microconidios abundantes (B) + macroconidios septados (c) que son compatibles con *Fusarium solani* agente común de pudrición radicular en papaya.

El reconocimiento conjunto de estas estructuras expuestas en la Figura 9, como hifas septadas, microconidios agrupados y su disposición sobre fiálides resulta fundamental para la identificación preliminar de *Fusarium* spp. como agente causal en tejido radicular de papaya. A continuación, se detalla cada estructura dentro de la imagen de microscopio expuesta en la Figura 10.

Figura 10. Algunas estructuras del *Fusarium* identificadas en raíz de papaya en el microscopio



Nota: En la figura pueden identificarse las siguientes estructuras características de *Fusarium* spp. **1.** Hifas (filamentos largos, delgados y ramificados que forman la red del micelio), **2.** Zona de conidiogénesis (punto donde las hifas se ramifican intensamente y comienzan a producir). **3.** Microconidios (el racimo denso de estructuras ovaladas pequeñas, típico de *Fusarium*, formado en "cabezas falsas" sobre fiálides simples). **4.** Macroconidios (estructuras más alargadas y curvas (forma de canoa/banana) con septos internos visibles).

Detalles de cada estructura detectada

1. Hifas (micelio): Las líneas azules largas, delgadas, ramificadas y tabicadas (con septos) que forman la red que atraviesa todo el campo. Son las estructuras vegetativas del hongo, típicamente hialinas y septadas en *Fusarium*.

2. Conidióforos: Ramificaciones especializadas de las hifas donde se forman las esporas asexuales; suelen verse como pequeñas prolongaciones agrupadas en el punto donde se concentran las conidias.

3. Microconidios: Las estructuras ovaladas/alargadas pequeñas y abundantes que se ven agrupadas a lo largo de las hifas (parecen "granitos" azules oscuros en racimos).

4. Macroconidios: Algunas estructuras más alargadas y ligeramente curvadas, con septos visibles internos (forma de "banana" o canoa), que podrían corresponder a macroconidios, la estructura más diagnóstica del género *Fusarium*.

3.1.2. Fruto

a) Identificación en campo de frutos de papaya afectados

El diagnóstico en campo resulta esencial para diferenciar esta pudrición de otras etiologías fúngicas (antracnosis, pudrición por *Rhizopus* o *Fusarium*), ya que sus síntomas iniciales manchas acuosas de bordes poco definidos y progresiva licuefacción del tejido pueden confundirse con daños mecánicos o fisiológicos. En la Figura 11, se presenta el registro fotográfico de la identificación en campo de frutos sintomáticos, donde se aprecian lesiones típicas en diferentes estados de avance, con presencia de eflorescencia micelial y exudación de jugos.

Figura 11. Identificación en campo de frutos de papaya afectados



b) Identificación en laboratorio de agente causal de la enfermedad

Luego de la identificación visual en campo, se debe realizar el complemento con aislamiento en laboratorio y observación de las típicas artroconidias rectangulares y hialinas del hongo, lo que permite confirmar la implicación de *G. candidum* en el síndrome observado a nivel de fruto (Figura 12).

Figura 12. Identificación en laboratorio de fruto de papaya afectado por *Geotrichum candidum*



Nota: En la imagen se observa la muestra de fruto en caja Petri en laboratorio para confirmación del agente causal de la pudrición del fruto en el cultivo de papaya.

En la Figura 13-A, se observa al *Geotrichum candidum* en el campo microscópico completo está dominado por artroconidios rectangulares/cilíndricos de bordes truncados, producto de la fragmentación total del micelio un patrón que rara vez se confunde con otros hongos filamentosos (como *Fusarium*, que produce conidios ovalados/curvos sobre fiálides especializadas, no por fragmentación directa de la hifa).

En la Figura 13-B se observa un campo prácticamente saturado de artroconidios individuales de forma rectangular o "en barril", producto de la fragmentación casi total del micelio original. En determinadas zonas del campo aún es posible distinguir cadenas cortas de artroconidios que conservan su alineación lineal heredada de la hifa madre, evidenciando distintas etapas del proceso de disarticulación de manera simultánea. La disposición densa y ordenada de estas estructuras, con bordes rectos y contenido citoplasmático uniforme, constituye un patrón morfológico altamente representativo y diagnóstico del género *Geotrichum*.

Figura 13. Estructuras del *Geotrichum candidum* identificadas en fruto de papaya en el microscopio

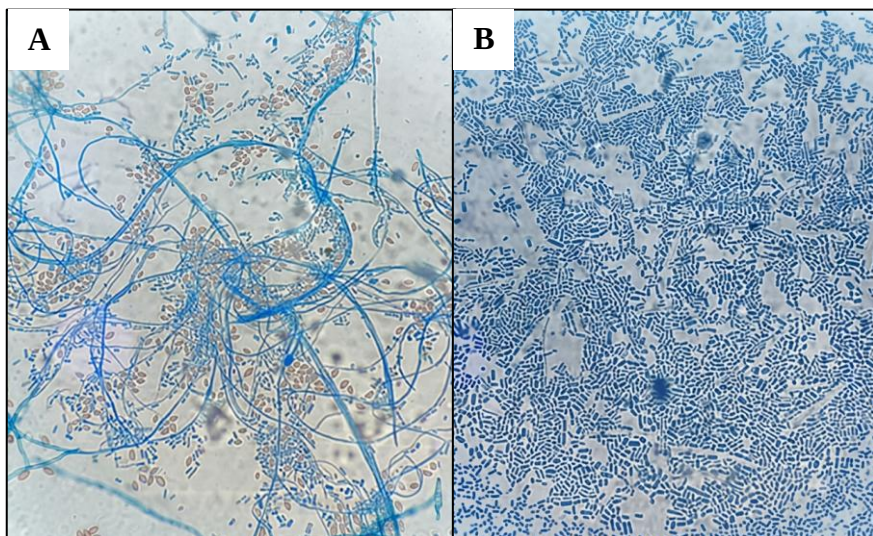
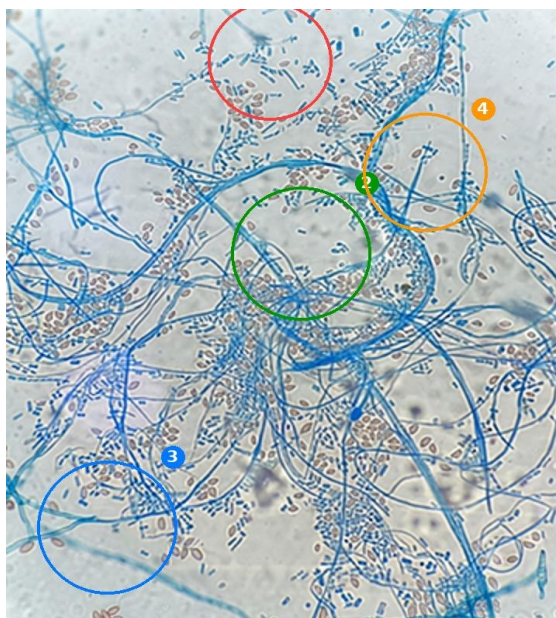


Figura 14. Algunas estructuras de *Geotrichum candidum* identificadas en el microscopio



Nota: En la figura pueden identificarse las siguientes estructuras características de *Geotrichum candidum* como: **1.** Hifas hialinas septadas, **2.** Cadena de artroconidios en formación. **3.** Primer Artroconidios individuales dispersos. **4.** Segundo foco de artroconidiación

Detalles de cada estructura detectada

Geotrichum candidum es un hongo levaduriforme/filamentoso, agente causal de la "pudrición ácida" o "pudrición agria" en frutos de papaya, caracterizado morfológicamente por un tipo particular de esporulación llamado artroconidiación (muy distinto al de *Fusarium*, que produce micro/macroconidios sobre fiálides).

1. **Hifas hialinas septadas:** filamentos azules delgados, ramificados y con septos regulares, que constituyen el micelio vegetativo a partir del cual se originan las estructuras reproductivas.
2. **Cadena de artroconidios en formación:** zona densa donde las hifas se fragmentan progresivamente en su punto de septación, generando una cadena de células cilíndricas/rectangulares aún unidas entre sí (de color tostado/beige por la tinción diferencial). Este es el mecanismo reproductivo distintivo del género: la hifa se disarticula célula por célula.
3. **Artroconidios individuales dispersos:** células ya separadas (disarticuladas), de forma rectangular a elipsoidal, con extremos truncados (no puntiagudos como en *Fusarium*), pared lisa y contenido uniforme. Son la forma infectiva/dispersiva del hongo.
4. **Segundo foco de artroconidiación:** otro grupo de hifas en proceso activo de fragmentación, mostrando el patrón típico "en escalera" (cadena lineal de segmentos rectangulares antes de separarse).

3.1.3. Hoja

a) Identificación en campo de hojas de papaya afectadas

En la Figura 15, se documenta el procedimiento de extracción de muestras foliares de papaya con signos evidentes de afección, desde la selección de hojas en diferentes estratos del dosel hasta su acondicionamiento en bolsas o recipientes estériles para su traslado. Este muestreo dirigido, acompañado de registros fitosanitarios (incidencia, severidad, distribución espacial de los síntomas), resulta fundamental para orientar los protocolos de aislamiento, observación microscópica que permitan identificar el agente causal, establecer su epidemiología y diseñar estrategias de manejo integrado adaptadas a las condiciones del cultivo.

Figura 15. Identificación en campo de hojas de papaya afectadas



Entre las afecciones más frecuentes se encuentran la mancha angular, la antracnosis foliar, la cenicilla polvorienta y las manchas asociadas a complejos bacterianos y virales, cuyos síntomas clorosis, necrosis, deformaciones y caída prematura de hojas suelen solaparse en campo, dificultando un diagnóstico certero basado únicamente en la sintomatología visual.

b) Identificación en laboratorio de agente causal de la enfermedad

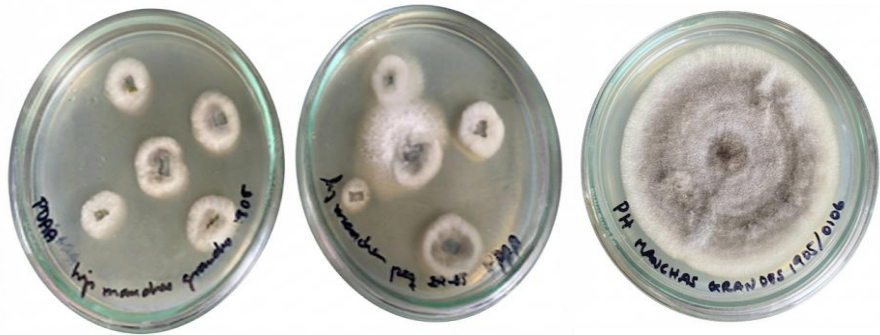
Luego de la identificación visual en campo, se debe realizar el complemento con aislamiento en laboratorio y observación de las típicas artroconidias rectangulares y hialinas del hongo, lo que permite confirmar la implicación de *G. candidum* en el síndrome observado a nivel de fruto (Figura 16).

Figura 16. Identificación en laboratorio de hojas de papaya afectadas por *Corynespora cassicola*



El empleo de hojas como tejido de diagnóstico en laboratorio obedece a que estos órganos suelen presentar síntomas tempranos (manchas cloróticas, necróticas o exudaciones) que permiten aislar y purificar al patógeno. En la Figura 17, se observan muestras de hojas de papaya con signos de afección, dispuestas en caja de Petri con medio de cultivo selectivo. Este procedimiento permite observar las estructuras diagnósticas del patógeno: conidióforos erectos, septados y de color pardo oliváceo, que portan conidios cilíndricos a obclavados, típicamente multiseptados, cuya morfología constituye la base para la identificación taxonómica.

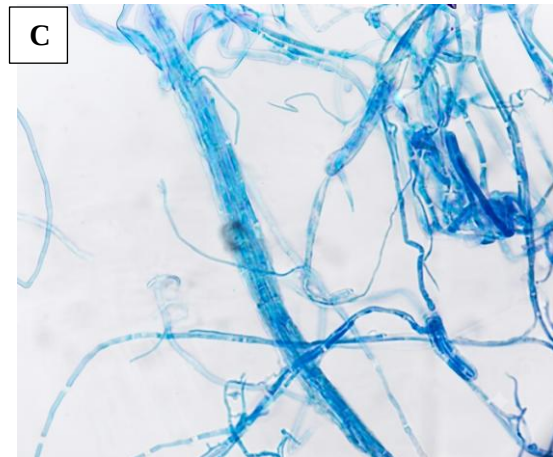
Figura 17. Identificación en laboratorio de hojas afectadas por *Corynespora cassicola*



Nota: En la imagen se observa la muestra de hojas en caja Petri en laboratorio para confirmación del agente causal de la pudrición del fruto en el cultivo de papaya

Figura 18. Identificación en laboratorio de hojas afectado por *Corynespora cassicola*

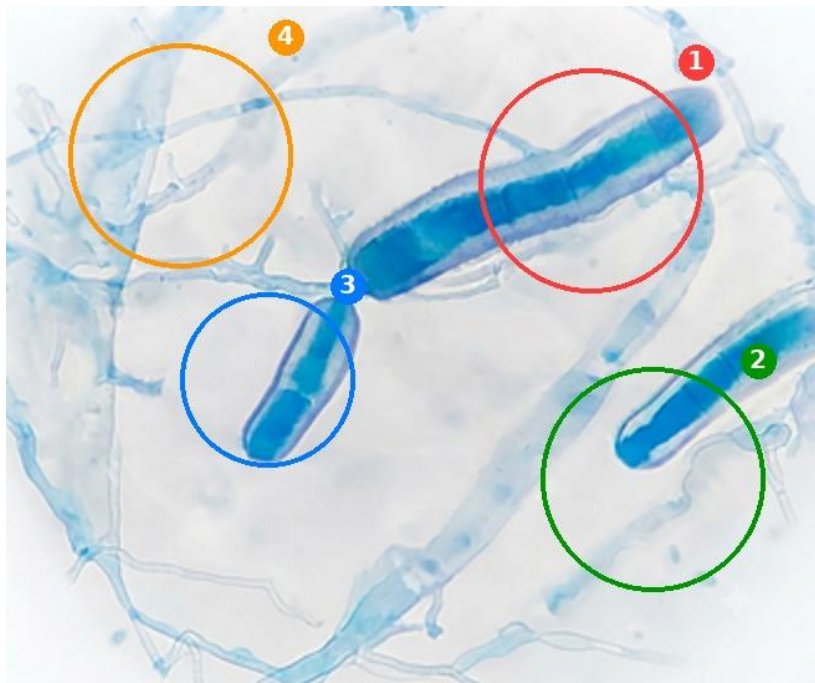




Nota: En la imagen se observa, conidio maduro (A) y conidio de menor tamaño (B), así como una red de hifas y conidióforos (C) que confirman que es el agente causal de *Corynespora cassicola* en el cultivo de papaya.

El *Corynespora cassicola* es un hongo fitopatógeno responsable de la mancha foliar en forma de "diana" o "ojo de rana" y también asociado a manchas y lesiones en frutos de papaya. Su rasgo morfológico más distintivo, a diferencia de *Fusarium* y *Geotrichum*, es la producción de conidios grandes, cilíndricos, alargados y multiseptados, muy característicos y fáciles de reconocer al microscopio.

Figura 19. Algunas estructuras de *Corynespora cassicola* identificadas en el microscopio



Nota: En la figura pueden identificarse las siguientes estructuras características de *Corynespora cassicola* como: 1. Conidio maduro. 2. Conidio maduro adicional. 3. Conidio de menor tamaño (en desarrollo). 4. Red de hifas y conidióforos.

Detalles de cada estructura detectada

1. **Conidio maduro (cilíndrico-obclavado):** Estructura alargada de color azul intenso, de forma cilíndrica a ligeramente obclavada (más ancha en un extremo), con bordes paralelos. Presenta varios pseudoseptos transversales que dividen la célula en múltiples segmentos, visibles como líneas o anillos internos. Es la estructura reproductiva asexual (conidio) típica del género *Corynespora*, generalmente solitaria o en cadenas cortas.
2. **Conidio maduro adicional:** Segunda estructura similar a la anterior, confirmando la producción múltiple de conidios cilíndricos alargados en el mismo campo; se aprecia su curvatura suave y el contorno bien definido, característico de conidios ya diferenciados (no en formación).
3. **Conidio de menor tamaño (en desarrollo):** Estructura más corta y de menor grosor respecto a las anteriores, posiblemente correspondiente a un

conidio inmaduro o en fase temprana de elongación, ya que en *Corynespora* los conidios continúan creciendo en longitud tras su formación inicial.

4. **Red de hifas y conidióforos:** Filamentos delgados, hialinos y ramificados que forman el micelio de fondo, a partir del cual emergen los conidióforos (estructuras especializadas, simples o poco ramificadas) que dan origen a los conidios de manera simpodial (uno tras otro, en el mismo punto de origen).

La combinación de conidios grandes, cilíndricos, multiseptados y de pared gruesa, producidos de forma solitaria sobre conidióforos simples, es lo que permite diferenciar claramente a *Corynespora cassiicola* de otros hongos de papaya como *Fusarium* (conidios pequeños en fiálides) o *Geotrichum* (artroconidios rectangulares por fragmentación de hifa).



RESULTADOS EN EL CULTIVO DE MARACUYÁ

4.1. Identificación de microorganismos patógenos mediante microscopía óptica

4.1.1. Raíz de maracuyá

a) Identificación en campo en raíces de maracuyá afectadas por enfermedad

Con el fin de caracterizar los agentes patógenos asociados a la secadera de raíz en el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*), se realizó un muestreo dirigido en parcelas comerciales con alta incidencia de síntomas. En la Figura 20 se documenta el proceso de recolección de raíces que presentan lesiones necróticas o con micelio visible.

Figura 20. Identificación en campo de raíz afectado por *Fusarium* spp.



Nota: En las imágenes se observan la extracción de muestras de raíz de maracuyá, para su posterior identificación en laboratorio.

b) Identificación en laboratorio de agente causal de la enfermedad

Una vez recolectadas las muestras de raíz en campo (Figura 20), se procedió al procesamiento en condiciones asépticas dentro del laboratorio de fitopatología. En la Figura 21 se observa la colocación de segmentos de raíz, previamente desinfectados superficialmente con hipoclorito de sodio y

enjuagados con agua destilada estéril, sobre medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA). Los fragmentos, de aproximadamente 0.5 cm de longitud, fueron tomados del tejido sano y necrosado, con el fin de favorecer el desarrollo de los hongos asociados a la "secadera de raíz".

Figura 21. Identificación en laboratorio de raíz afectado por *Fusarium* spp.



Nota: En la imagen se observa la muestra de raíz en caja Petri en laboratorio para confirmación del agente causal de la secadera de raíz en el cultivo de maracuyá.

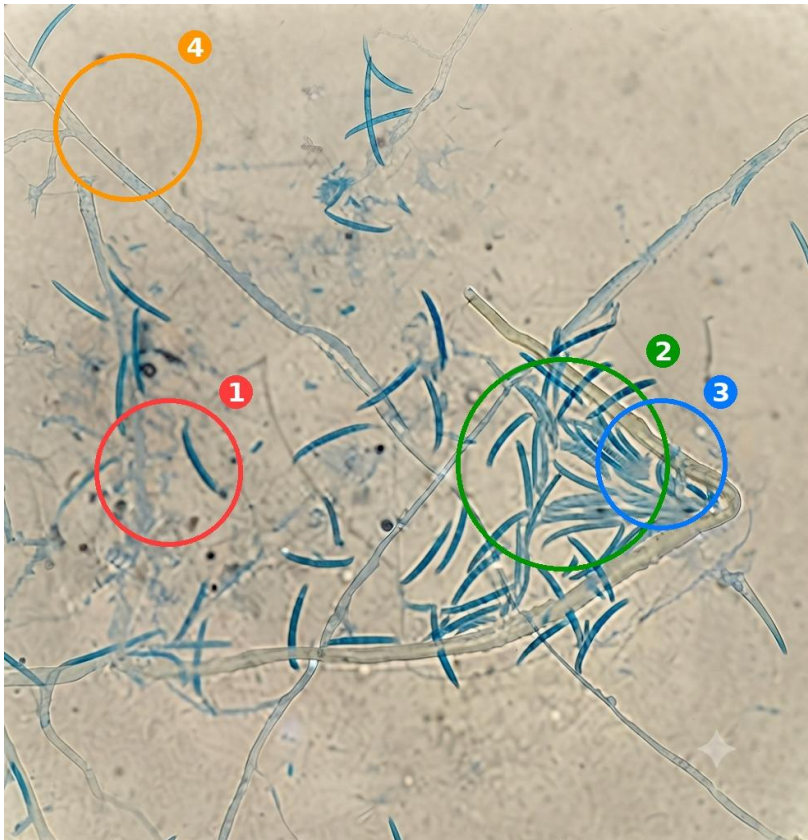
Figura 22. Estructuras del *Fusarium* identificadas en la raíz de maracuyá en el microscopio



Nota: en raíz, se observa que hay presencia de macroconidios curvos y multiseptados que son compatibles con *Fusarium* como agente común de la secadera de la raíz en maracuyá.

La presencia abundante de macroconidios curvos y multiseptados (a diferencia de los microconidios ovalados vistos en imágenes anteriores) es un hallazgo importante, ya que estos son la estructura más confiable para la identificación morfológica de *Fusarium* spp. a nivel de especie, el número de septos y la forma de la célula basal (pie) permiten diferenciar especies como *F. oxysporum*, *F. solani* o *F. equiseti*, todas reportadas como agentes de marchitez y pudrición radicular en maracuyá (*Passiflora edulis*). La Figura 23, permite observar con claridad la estructura más diagnóstica del género: los macroconidios, junto con el micelio de soporte.

Figura 23. Algunas estructuras de *Fusarium* identificadas en la raíz de maracuyá en el microscopio



Nota: En la figura pueden identificarse las siguientes estructuras características de *Fusarium* spp.: 1. Macroconidios dispersos (forma de "canoa"/"banana"). 2. Cúmulo denso de macroconidios (zona de esporulación activa). 3. Hifa gruesa curvada. 4. Hifas delgadas septadas (micelio vegetativo).

Detalles de cada estructura detectada

1. **Macroconidios dispersos (forma de "canoa"/"banana"):** Estructuras curvas, alargadas y multiseptadas, de color azul, distribuidas de forma individual por todo el campo. Presentan una célula apical curvada y afilada y una célula basal en forma de pie (pedicelo), con varios septos transversales visibles internamente — esta es la estructura más característica y diagnóstica de *Fusarium spp.*
2. **Cúmulo denso de macroconidios (zona de esporulación activa):** Agrupación abundante de macroconidios entrelazados en la porción central-derecha del campo, sugiriendo un punto de conidiogénesis activa, probablemente asociado a un esporodoquio o agregado de conidióforos donde se concentra la producción de esporas.
3. **Hifa gruesa curvada (posible estructura de soporte/conidióforo robusto):** Filamento de mayor grosor y coloración más pálida (amarillo-verdosa), que se curva en forma de gancho en el extremo derecho. Esta hifa engrosada actúa como eje de sostén desde el cual emergen o se agrupan los macroconidios adyacentes.
4. **Hifas delgadas septadas (micelio vegetativo):** Filamentos finos, hialinos, largos y ramificados que atraviesan diagonalmente el campo; corresponden al micelio vegetativo típico del hongo, del cual se originan las estructuras reproductivas.

4.1.2. Fruto

a) Identificación en campo de frutos de maracuyá afectados

Para complementar el diagnóstico de enfermedades en el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*), se colectó frutos que presentaban signos visibles de infección. En la Figura 24, se documenta el proceso de selección y extracción de frutos sintomáticos, considerando criterios como presencia de manchas necróticas, lesiones hundidas, exudaciones gomosas, micelio superficial, deformaciones y pudrición parcial o total.

Figura 24. Identificación en campo de frutos de maracuyá afectados



Nota: En las imágenes se observan la extracción de muestras de fruto de maracuyá, para su posterior identificación en laboratorio

b) Identificación en laboratorio de agente causal de la enfermedad

Con el fin de establecer la etiología de las lesiones y pudriciones observadas en los frutos de maracuyá durante el muestreo de campo, se realizaron aislamientos en laboratorio a partir de tejido sintomático. La Figura 25, muestra la colocación de explantes de fruto en cajas Petri con medio de cultivo PDA. A partir de estos cultivos, se tuvo colonias con características macro y microscópicas compatibles con *Fusarium* spp., lo que permitirá confirmar su papel como agente causal de la secadera y pudrición del fruto, y establecer su posible relación con los aislamientos obtenidos de raíz.

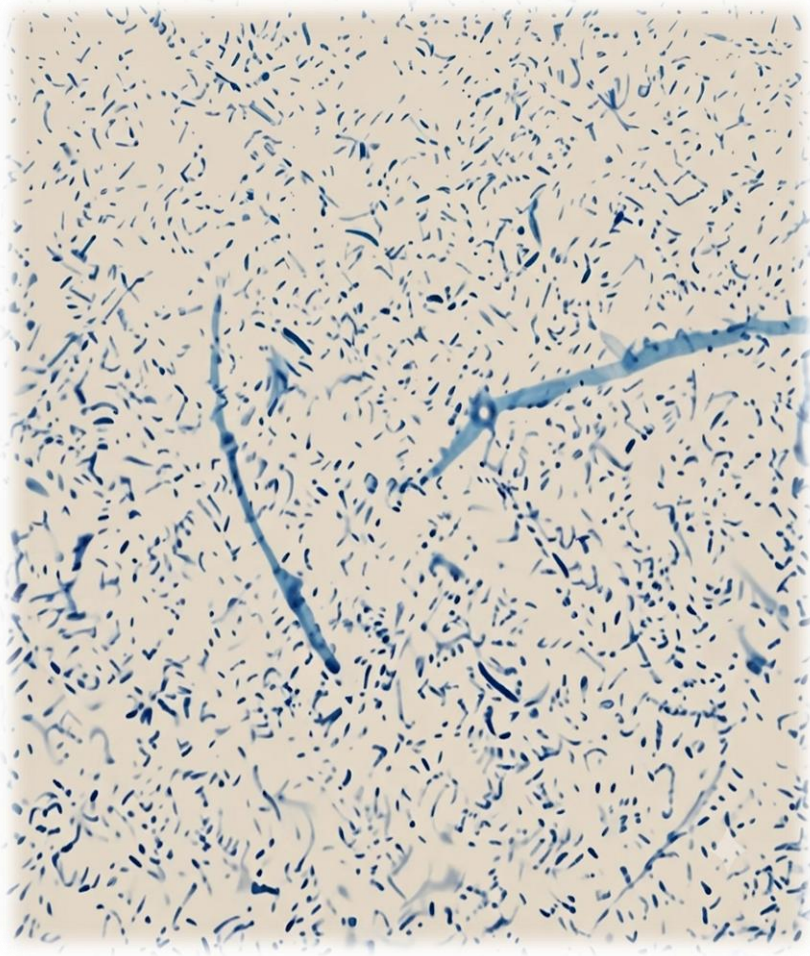
Figura 25. Identificación en laboratorio de fruto de maracuyá afectado por *Fusarium*



Nota: En la imagen se observa la muestra de fruto de maracuyá en caja Petri en laboratorio para confirmación del agente causal de la secadera en el cultivo de maracuyá.

La Figura 26, presenta un campo microscópico muy distinto a los anteriores en raíz de maracuyá: un fondo de color beige/tostado (posiblemente por tejido del fruto co-teñido) con una densidad extremadamente alta de estructuras pequeñas distribuidas de manera uniforme, atravesado por dos hifas gruesas y prominentes

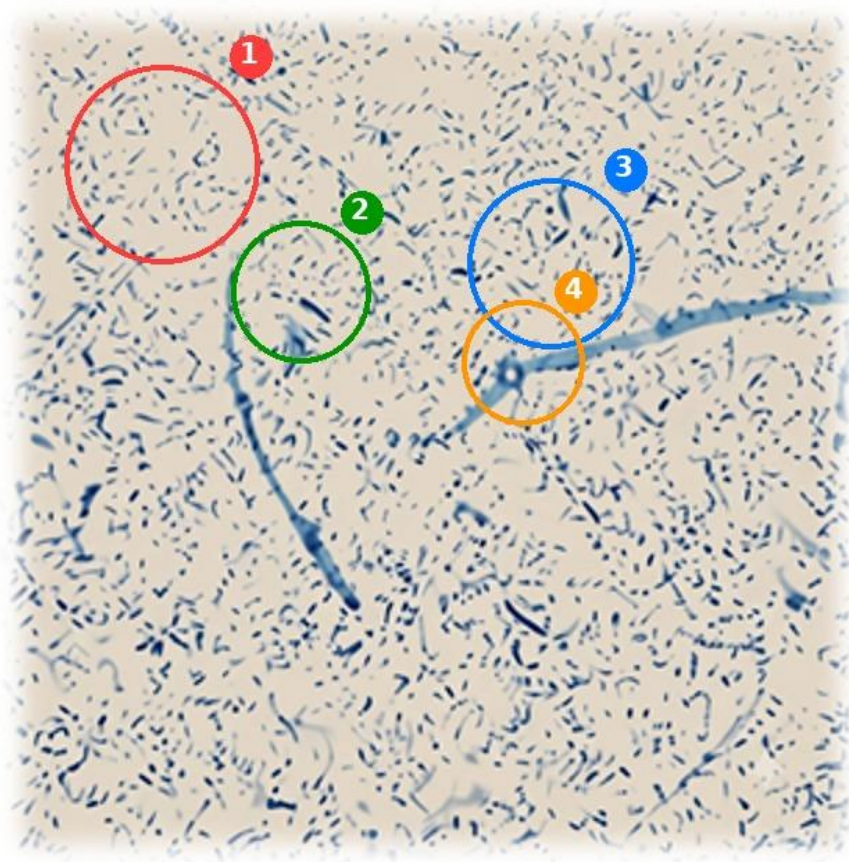
Figura 26. Estructuras del *Fusarium* en fruto de maracuyá identificadas en el microscopio



Nota: en fruto de maracuyá, a nivel microscópico se aprecia que hay predominancia de macroconidios grandes y curvos bien definidos que son compatibles con *Fusarium solani* agente común de la secadera del cultivo de maracuyá.

A diferencia de las imágenes de raíz (donde predominaban macroconidios grandes y curvos bien definidos), en el fruto se observa un patrón de esporulación masiva de microconidios cubriendo casi todo el tejido, junto con hifas gruesas que podrían estar formando clamidosporas, esto es consistente con una fase de colonización superficial/necrótica avanzada del hongo sobre el fruto, típica de la pudrición o antracnosis por *Fusarium* en maracuyá.

Figura 27. Algunas estructuras de *Fusarium* identificadas en fruto de maracuyá en el microscopio



Nota: En la figura pueden identificarse las siguientes estructuras características de *Fusarium* spp.: **1.** Masa densa de microconidios (esporulación masiva). **2.** Hifa gruesa con posible engrosamiento (clamidospora en formación). **3.** Hifa gruesa de soporte (segunda hifa principal). **4.** Nódulo/engrosamiento adicional en la hifa.

Detalles de cada estructura detectada

1. **Masa densa de microconidios (esporulación masiva):** Constituye la mayor parte del campo: miles de estructuras pequeñas, ovaladas a curvas, de color azul oscuro, dispuestas de manera prácticamente uniforme sobre todo el tejido. Esta densidad tan alta es típica de una colonización fúngica avanzada sobre el fruto, con esporulación abundante en la superficie u interior del tejido afectado.
2. **Hifa gruesa con posible engrosamiento (clamidospora en formación):** En el trayecto de la hifa diagonal principal se observa un punto de mayor grosor/nodularidad, compatible con una clamidospora intercalar, estructura de resistencia de pared gruesa que *Fusarium* forma dentro o al final de las hifas en condiciones de estrés o senescencia del tejido, permitiéndole sobrevivir en el sustrato.
3. **Hifa gruesa de soporte (segunda hifa principal):** Segundo filamento grueso que cruza el campo en dirección diferente a la anterior; representa una hifa de mayor calibre, probablemente asociada a estructuras reproductivas o de anclaje en el tejido del fruto.
4. **Nódulo/engrosamiento adicional en la hifa:** Otro punto de ensanchamiento a lo largo de la hifa gruesa, reforzando la interpretación de posibles clamidosporas en cadena o de manera intercalar, un patrón reportado en *Fusarium solani*.

4.1.3. Hoja

a) Identificación en campo de hojas de maracuyá afectadas

Para diagnosticar la mancha foliar causada por *Alternaria spp.* en el cultivo de maracuyá, se colectaron hojas con síntomas típicos de la enfermedad (manchas necróticas con anillos concéntricos y halo clorótico) en parcelas de producción comercial. La Figura 28 documenta el proceso de selección, recolección y etiquetado de las muestras, las cuales fueron trasladadas al laboratorio para el aislamiento e identificación morfológica y molecular del patógeno, completando así el estudio fitopatológico del cultivo.

Figura 28. Identificación en campo de hojas de maracuyá afectadas



b) Identificación en laboratorio de agente causal de la enfermedad

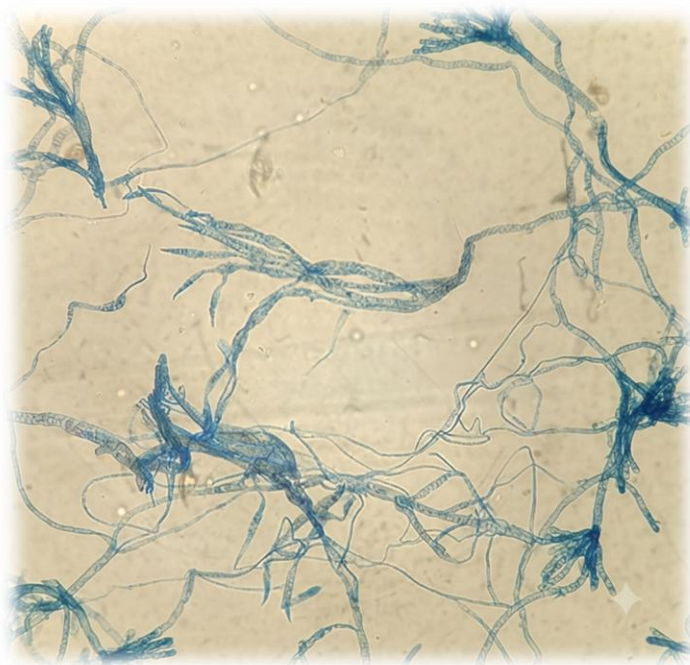
Para confirmar el diagnóstico etiológico de la mancha foliar observada en campo (Figura 28), se procedió al procesamiento en laboratorio de las muestras de hoja recolectadas. La Figura 29, documenta la siembra de segmentos de tejido foliar en condiciones asépticas, sobre medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA). Los fragmentos, de aproximadamente 0.5 cm², fueron tomados del borde de la lesión (zona de transición entre tejido sano y necrosado). Los explantes fueron incubados para favorecer el crecimiento de colonias fúngicas que posteriormente serán caracterizadas morfológica y microscópicamente, confirmando así la presencia de *Alternaria spp.* como agente etiológico de la enfermedad foliar.

Figura 29. Identificación en laboratorio de hojas afectada por *Alternaria*



Nota: En la imagen se observa la muestra de hojas de maracuyá en caja Petri en laboratorio para confirmación del agente causal de *Alternaria* el cultivo de maracuyá.

Figura 30. Estructuras de *Alternaria* en hojas de maracuyá identificadas en el microscopio

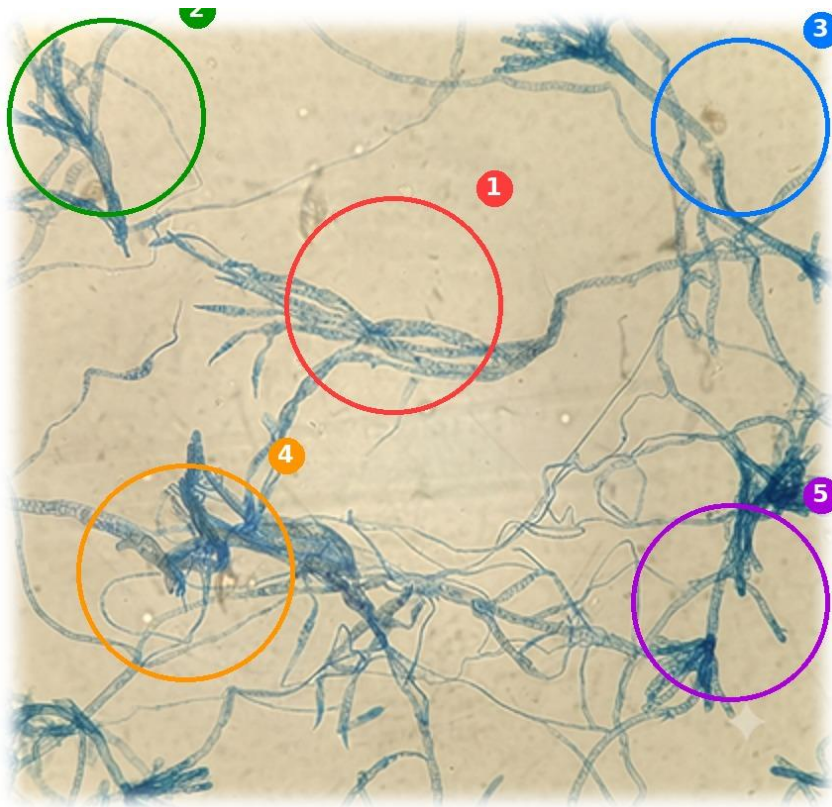


Nota: en hojas de maracuyá, a nivel microscópico se aprecia que hay cadenas de conidios agrupadas radialmente desde puntos concretos de conidiogénesis es característico de *Alternaria* agente patógeno de las hojas del cultivo de maracuyá.

En función de los resultados obtenidos en la Figura 31, se aprecia que fue la *Alternaria* spp., como un hongo fitopatógeno asociado a la mancha foliar y tizón de hoja en maracuyá (*Passiflora edulis*), el cual ha estado afectando el predio muestreado, mismo que se ha caracterizado por producir conidios en cadenas a partir de conidióforos cortos y ramificados, lo que genera un patrón de "racimos radiales" muy distintivo al microscopio, tal como se observa en esta imagen.

El patrón de cadenas de conidios agrupadas radialmente desde puntos concretos de conidiogénesis es característico de *Alternaria*, cuyos conidios típicamente presentan septos tanto transversales como longitudinales (conidios muriformes o dictioconidios) y forma obclavada con un "pico" apical, aunque en esta magnificación se aprecia mejor el patrón general de agrupación que la morfología individual de cada conidio.

Figura 31. Algunas estructuras de *Alternaria* identificadas en hoja de maracuyá en el microscopio



Nota: En la figura pueden identificarse las siguientes estructuras características de *Alternaria spp.*: 1. Hifa gruesa principal. 2. Racimo de conidióforos con conidios en cadena (superior izquierdo). 3. Racimo de conidióforos (lateral derecho). 4. Racimo denso de conidióforos/conidios (inferior izquierdo). 5. Hifas delgadas ramificadas (red de conexión).

Detalles de cada estructura detectada

1. **Hifa gruesa principal (estolón/hifa de soporte):** Filamento azul de mayor grosor que atraviesa el campo horizontalmente, sirviendo como eje estructural de sostén del cual emergen las ramificaciones secundarias y los grupos de conidióforos.
2. **Racimo de conidióforos con conidios en cadena (superior izquierdo):** Agrupación radial de filamentos delgados que divergen desde un punto común, formando un patrón "en abanico" o "en penacho". Cada uno de

estos filamentos corresponde a una cadena de conidios unidos secuencialmente, producidos por conidióforos cortos y geniculados (con "codos" en zigzag), típicos del género *Alternaria*.

3. **Racimo de conidióforos (lateral derecho):** Segundo grupo de estructuras radiales similares al anterior, confirmando múltiples puntos activos de esporulación en el mismo campo, distribuidos sobre las hifas de soporte.
4. **Racimo denso de conidióforos/conidios (inferior izquierdo):** Agrupación más compacta y densa de filamentos radiantes, posiblemente representando una zona de esporulación más madura o abundante, con múltiples cadenas de conidios entrelazadas.
5. **Hifas delgadas ramificadas (red de conexión):** Filamentos finos, hialinos, muy ramificados que conectan los distintos racimos entre sí y con la hifa principal; corresponden al micelio secundario que se extiende sobre la superficie foliar.

CONCLUSIONES

Se recolectaron muestras de raíz, fruto y hoja en plantas de papaya (*Carica papaya*) y maracuyá (*Passiflora edulis*) con síntomas compatibles con enfermedades fúngicas, en fincas de Santo Domingo de los Tsáchilas. El muestreo dirigido a órganos sintomáticos permitió obtener tejido representativo de la zona afectada, mismo que sirvió para el aislamiento de los microorganismos en laboratorio.

Se realizó la siembra de fragmentos de tejido desinfectados, tomados de la zona con tejido afectado. El medio PDA fue adecuado para el desarrollo de los hongos asociados a los síntomas observados en campo.

La purificación de cepas de micelio a nuevas cajas Petri permitió obtener cultivos puros de los aislamientos de papaya y maracuyá.

La microscopía óptica permitió identificar tres géneros fúngicos según el órgano afectado en papaya: En raíz se observaron hifas septadas, microconidios y macroconidios septados compatibles con *Fusarium* spp. (morfología cercana a *F. solani*), asociado a la pudrición radicular. En fruto predominaron los artroconidios rectangulares de extremos truncados, formados por fragmentación de la hifa, característicos de *Geotrichum candidum*, asociado a la pudrición del fruto. En hoja se observaron conidios grandes, cilíndricos a obclavados y multiseptados sobre conidióforos simples, propios de *Corynespora cassiicola*, asociado a la mancha foliar.

También se identificaron en maracuyá, tres microorganismos patógenos según el órgano afectado: En raíz se observaron macroconidios curvos y multiseptados, en forma de canoa, compatibles con *Fusarium* spp. como agente de la secadera. En fruto hubo esporulación abundante de microconidios, hifas gruesas y posibles clamidosporas, compatibles con *Fusarium solani*. En hoja se observaron cadenas de conidios agrupadas radialmente desde conidióforos cortos, patrón característico de *Alternaria* spp., asociado a la mancha foliar.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology* (5.^a ed.). Elsevier Academic Press.
- Alejandra, M., Arroyo, L., Fernanda, M., y Villegas, C. (2022). *Alternativas biológicas para reemplazar los plaguicidas de mayor consumo en el Ecuador: Alternativa biológica con potencial para reemplazar a los fungicidas de síntesis química en cultivos de Ecuador*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23137>
- Ali, A., Eldeeb, A., Ramadan, M., y El-Ashry, R. (2022). *Nematicidal Effect of Three Trichoderma spp. on the Suitability of Tomato Plants for Meloidogyne incognita Reproduction*. *Egyptian Journal of Agronomatology*, 21(2), 59–78. <https://doi.org/10.21608/ejaj.2022.257669>
- Barnett, H. L., y Hunter, B. B. (1998). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. (4.^a ed.). American Phytopathological Society Press.
- Bugingo, C., Infantino, A., Okello, P., Perez-Hernandez, O., Petrović, K., Turatsinze, A. N., y Moparthi, S. (2025). *From Morphology to Multi-Omics: A New Age of Fusarium Research*. *Pathogens*, 14(8), 762. <https://doi.org/10.3390/PATHOGENS14080762/S1>
- Campo-Arana, R. O., Esquivel, N. U., y Pérez-Polo, D. (2019). *Manejo integrado de Colletotrichum gloeosporioides en el cultivo de maracuyá amarillo (Passiflora edulis f. flavicarpa Degener)*. *Revista Ciencias Agrícolas*, 36(2), 87–94. <https://doi.org/10.22267/rcia.193602.120>
- Campos-Rodríguez, J., Acosta-Coral, K., Moreno-Rojo, C., y Paucar-Menacho, L. M. (2023). *Maracuyá (Passiflora edulis): composición nutricional, compuestos bioactivos, aprovechamiento de subproductos, biocontrol y fertilización orgánica en el cultivo*. *Scientia Agropecuaria*, 14(4), 479–497. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.040>
- Chen, W., Modi, D., y Picot, A. (2023). *Soil and Phytomicrobiome for Plant Disease Suppression and Management under Climate Change: A Review*. *Plants* 2023, Vol. 12, Page 2736, 12(14), 2736. <https://doi.org/10.3390/PLANTS12142736>
- Cheng, H., Tang, W., Wang, H., Liu, Q., Li, H., y Liu, Y. (2021). *First Report of Geotrichum candidum Causing Postharvest Sour Rot on Kiwifruits in China*. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-20-1923-PDN>, 105(5). <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-20-1923-PDN>

- Cinthia, C., Verónica, T., Nelson, L., y Patricia, T. (2025). *Aislamiento y preservación de microorganismos fitopatógenos*. <https://doi.org/10.1071/9780643069855>
- Cruz, I., Márquez, I., García, S., Carrillo, A., León, J., Molar, R., Cruz, I., Márquez, I., García, S., Carrillo, A., León, J., y Allende, R. (2017). *Identificación de hongos mucorales causantes de la pudrición blanda en frutos de papaya (Carica papaya L.) en México*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 35(3), 397–417. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1611-3>
- Delgado-Méndez, C. G., Castaño-Zapata, J., y Villegas-Estrada, B. (2013). *Caracterización del agente causante de la Roña del Maracuyá (Passiflora edulis f. flavicarpa Degener) en Colombia*. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 37(143), 215–227.
- Ekwomadu, T. I., y Mwanza, M. (2023). *Fusarium Fungi Pathogens, Identification, Adverse Effects, Disease Management, and Global Food Security: A Review of the Latest Research*. *Agriculture* 2023, Vol. 13, Page 1810, 13(9), 1810. <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE13091810>
- Evans, E., y Ballen, F. (2025). *FE913/FE913: Panorama de la producción, el comercio y el consumo mundial de papaya*. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/FE913>
- Fallahi, M., Armand, A., Al-Otibi, F., Hyde, K. D., y Jayawardena, R. S. (2025). *Pathogenic fungi (Sordariomycetes) associated with annual and perennial crops in Northern Thailand*. *MycKeys*, 117, 191–265. <https://doi.org/10.3897/mycokeys.117.137112>
- Gabriela, M., Bautista, C., Gonzalo, E., y Proaño, R. (2022). *Diseño de un sistema de detección RT-PCR múltiplex para virus de Carica papaya*. 1–47. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/55835>
- Getnet, M., Alemu, K., y Tseadaley, B. (2023). *Effect of combined application of carbonate salts and hot water treatment for the management of postharvest anthracnose (Colletotrichum gloeosporioides) of papaya*. *Food Science & Nutrition*, 11(7), 3811. <https://doi.org/10.1002/FSN3.3366>
- Jaramillo, J., Cárdenas, J., y Orozco, J. (2009). *Manual sobre el cultivo del maracuyá (Passiflora edulis) en Colombia*. Produmedios.
- Kamilari, E., Stanton, C., Reen, Jerry, y Ross, Paul. (2023). *Uncovering the Biotechnological Importance of Geotrichum candidum*. *Foods*, 12(6), 1124. <https://doi.org/10.3390/FOODS12061124/S1>

- Kavitha, M., Madhumathi, C., y Sridhar, D. (2024). *Assessment of post-harvest fruit rots in acid lime*. International Journal of Advanced Biochemistry Research, 8(2), 225–228. <https://doi.org/10.33545/26174693.2024.V8.I2C.556>
- Lahitte, H., José, M., y Vazquez, S. (2013). *Tratamiento de resultados en diseños cualitativos*. Revista Latinoamericana de Metodología de Las Ciencias Sociales, 3, no. 2. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/35141>
- Ma, T., Yang, C., Cai, F., y Osei, R. (2023). *Molecular Identification and Characterization of Fusarium Associated with Walnut Branch Blight Disease in China*. Pathogens, 12(7), 970. <https://doi.org/10.3390/PATHOGENS12070970/S1>
- Mejía, J. (2021). *Identificación de hongos fitopatógenos en frutos de Carica papaya (papaya) y Fragaria sp. (fresa)*. https://www.researchgate.net/profile/Juan-Mejia-24/publication/350386229_Identificacion_de_hongos_fitopatogenos_en_frutos_de_Carica_papaya_papaya_y_Fragaria_sp_fresa/links/605ccf91299bf173676b9fc5/Identificacion-de-hongos-fitopatogenos-en-frutos-de-Carica-papaya-papaya-y-Fragaria-sp-fresa.pdf
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2023). Boletín situacional de maracuyá 2022. Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria. <https://sipa.agricultura.gob.ec>
- Mora Castro, D. P. (2011). *El cultivo de maracuyá (Passiflora edulis) en temporada invernal*. Instituto Colombiano Agropecuario.
- Mora Castro, D. P., y Torrado-León, E. (2011). *El cultivo de maracuyá (Passiflora edulis) en temporada invernal*. Instituto Colombiano Agropecuario. <https://www.ica.gov.co/getattachment/a814b577-c0c0-4369-8ecd-4f01f971cf99/El-cultivo-de-maracuya-en-temporada-invernal.aspx>
- Mucharomah, K., Mucharomah, K., Soesanto, L., y Mugiasuti, E. (2023). *Corynespora cassiicola Causes Black Spots on Papayas*. Jurnal Fitopatologi Indonesia, 16(5), 200–206. <https://doi.org/10.14692/jfi.16.5.200-206>
- Ontaneda Chamba, A. L. (2025). *Identificación y caracterización de las principales enfermedades del cultivo de maracuyá en la Finca Lima Jaramillo, del cantón Catamayo, provincia de Loja* [Trabajo de integración curricular, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio Institucional UNL. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/34419>
- Orozco, E., Sandoya, G., Lee, S., Vallad, G., y Hutton, S. (2023). *Need for disease resistance breeding against Corynespora cassiicola in crops*. Frontiers in

- Ortiz, E., Cruz, M., Melgarejo, L. M., Marquínez, X., y Hoyos-Carvajal, L. (2014). *Histopathological features of infections caused by Fusarium oxysporum and F. solani in purple passionfruit plants (Passiflora edulis Sims)*. Summa Phytopathologica, 40(2), 134–140. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/1910>
- Rizwan, H. M., Zhimin, L., Harsonowati, W., Waheed, A., Qiang, Y., Yousef, A. F., Munir, N., Wei, X., Scholz, S. S., Reichelt, M., Oelmüller, R., y Chen, F. (2021). *Identification of fungal pathogens to control postharvest Passiflora edulis decays and multi-omics comparative pathway analysis reveals purple is more resistant to pathogens than a yellow cultivar*. Journal of Fungi, 7(10), 879. <https://doi.org/10.3390/jof7100879>
- Robledo-Buriticá, J., Ángel-García, C., y Castaño-Zapata, J. (2017). *Microscopía electrónica de barrido ambiental del proceso de infección de Fusarium solani f. sp. passiflorae en plántulas de maracuyá (Passiflora edulis f. flavicarpa)*. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 41(159), 213–222. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.471>
- Rondon, M., y Lawrence, K. (2021). *The fungal pathogen Corynespora cassiicola: A review and insights for target spot management on cotton and Soya bean*. Journal of Phytopathology, 169(6), 329–338. <https://doi.org/10.1111/JPH.12992>
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA]. (2018). *Protocolos de diagnóstico fitosanitario*. Dirección General de Sanidad Vegetal, Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/protocolos-de-diagnostico>
- Simmons, E. G. (2007). *Alternaria: An Identification Manual*. CBS Biodiversity Series N.º 6. CBS Fungal Biodiversity Centre.
- Suárez, C., Fernández, R., Valero, N., y Gámez, R. (2008). *Antagonismo in vitro de Trichoderma harzianum Rifai sobre Fusarium solani (Mart.) Sacc., asociado a la marchitez en maracuyá*. Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-34752008000200005&script=sci_arttext
- Tan, H., Ali, A., y Siddiqui, Y. (2023). *Major fungal postharvest diseases of papaya: Current and prospective diagnosis methods*. Crop Protection, 174. <https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2023.106399>

- Todorović, I., Loccoz, Y., Raičević, V., Petrović, J., y Muller, D. (2023). *Microbial diversity in soils suppressive to Fusarium diseases*. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1228749. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2023.1228749/FULL>
- Valarezo Concha, M. A., Cañarte Bermúdez, E., y Zambrano Medranda, O. (2009). *Manejo del cultivo de maracuyá (Passiflora edulis f. flavicarpa Deg) en el Litoral ecuatoriano*. INIAP, Estación Experimental Portoviejo. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3397>



erevna

CIENCIA EDICIONES

