



Aislamiento e identificación molecular de hongos en bananos con y sin manchas foliares*

Isolation and molecular identification of fungi in bananas with and without leaf spots

César Augusto Mogollón-Farías¹, Jose Stalyn Cordova-Campos², Segundo Melecio García-García³,
Archi Alejandro Ruiz-Polo², Eric Mialhe¹

* Recepción: 26 de mayo, 2025. Aceptación: 25 de noviembre, 2025. El trabajo de investigación formó parte de una tesis de posgrado del primer autor para la obtención del grado de Maestro en Ciencias con mención en Biotecnología molecular, financiada por Inca Biotec S. A. C. y la Universidad Nacional de Tumbes.

¹ Inca Biotec S. A. C. Tumbes, Perú. cmogollonf@gmail.com (autor para correspondencia; <https://orcid.org/0009-0000-5390-9208>); ericmialhe@yahoo.fr (<https://orcid.org/0000-0002-7952-6907>).

² Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Estación Experimental Agraria Los Cedros, Dirección de Recursos Genéticos y Biotecnología. Tumbes, Perú. stalyva16@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0002-5891-4679>); archi.ruiz.polo.mail.work@gmail.com (<https://orcid.org/0009-0005-1273-2625>).

³ Universidad Nacional de Tumbes, Facultad de Ciencias Agrarias. Tumbes, Perú. melecio.leo2000@gmail.com (<https://orcid.org/0009-0003-6300-9221>).

Resumen

Introducción. La estructura foliar del banano es un factor determinante en el desarrollo y rendimiento del cultivo, por lo que la composición microbiana presente en manchas foliares resulta relevante para entender la aparición y propagación de enfermedades. **Objetivo.** Realizar el aislamiento y la identificación molecular de hongos en bananos con y sin manchas foliares. **Materiales y métodos.** Se realizó una investigación con diseño no experimental, enfoque cualitativo y nivel descriptivo. Se utilizaron hojas de banano de *Musa acuminata* (cv. IC2) con manchas (HCM) y sin manchas (HSM), recolectadas en una parcela agrícola con manejo convencional situada en Pampas de Hospital, Tumbes, Perú, en mayo de 2019. Se cultivaron fragmentos de hojas de 5 × 5 mm en medios de cultivo microbiológicos y se aislaron cepas fúngicas caracterizadas a partir de sus macroestructuras. Posteriormente, se extrajo ADN de las cepas y se realizó una PCR convencional dirigida a la región ITS de hongos de 700 pb. Los productos PCR se secuenciaron por el método de Sanger en doble cadena. Finalmente, se realizaron las asignaciones taxonómicas a nivel de especie, utilizando la herramienta BLAST, basada en la comparación por homología con secuencias del GenBank. **Resultados.** Se identificaron un total de once especies fúngicas en HCM y ocho en HSM, abarcando especies fitopatógenas y no fitopatógenas. Las especies predominantes en el HCM fueron *Fusarium* spp., *Cladosporium cladosporioides* y *Lasiodiplodia theobromae*. Además, se observó que HCM compartía tres géneros con HSM: *Nigrospora*, *Cladosporium* y *Fusarium*. **Conclusión.** El aislamiento e identificación molecular de hongos en bananos con y sin manchas foliares permitió identificar especies fitopatógenas y especies benéficas.

Palabras clave: *Musa acuminata*, fitopatología, microbiota, ADN, PCR.



Agronomía Mesoamericana es desarrollada en la Universidad de Costa Rica bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escriba a pccmca@ucr.ac.cr o pccmca@gmail.com

Abstract

Introduction. The foliar structure of banana plants is a determining factor in the development and yield of the crop, making the microbial composition present in leaf spots relevant for understanding the emergence and spread of diseases. **Objective.** To isolate and molecularly identify fungi in bananas with and without leaf spots. **Materials and methods.** A non-experimental study with a quantitative approach and descriptive level was conducted. Banana leaves from *Musa acuminata* (cv. IC2) with spots (HCM) and without spots (HSM) were collected from a conventionally managed agricultural plot located in Pampas de Hospital, Tumbes, Peru, in May 2019. Leaf fragments of 5 × 5 mm were cultured on microbiological media, and fungal strains were isolated and characterized based on their macrostructures. DNA was extracted from the strains, and conventional PCR targeting the ITS region of fungi (700 bp) was performed. The PCR products were sequenced using the Sanger method in double strands. Taxonomic assignments at the species level were made using the BLAST tool, based on homology comparison with sequences from GenBank. **Results.** A total of eleven fungal species were identified in HCM and eight in HSM, including both phytopathogenic and non-phytopathogenic species. The predominant species in HCM were *Fusarium* spp., *Cladosporium cladosporioides*, and *Lasiodiplodia theobromae*. Additionally, HCM shared three genera with HSM: *Nigrospora*, *Cladosporium*, and *Fusarium*. **Conclusions.** The isolation and molecular identification of fungi in bananas with and without leaf spots allowed the identification of phytopathogenic and beneficial species.

Keywords: *Musa acuminata*, phytopathology, microbiota, DNA, PCR.

Introducción

Los bananos comestibles constituyen un alimento fundamental y un producto de gran valor comercial en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. La mayoría de las variedades cultivadas derivan de la hibridación de dos especies silvestres: *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*. Esta combinación ha dado lugar a una amplia diversidad genética dentro del género *Musa* (Martin et al., 2020; Martin et al., 2023; Sardos et al., 2022). La superficie foliar del banano constituye un factor determinante para el desarrollo y rendimiento del cultivo. Cualquier alteración en su extensión o funcionalidad provocada por enfermedades puede comprometer significativamente la capacidad fotosintética de la planta, lo que perjudica su productividad (Martínez Acosta, 2024).

Diversas plagas y enfermedades afectan las hojas y las plantas de banano en su totalidad (Pineda Ramon, 2021). Entre las principales amenazas se encuentran el picudo negro, un escarabajo que ocasiona daños al alimentarse del pseudotallo (Gold et al., 2001); el nematodo *Radopholus similis*, que causa lesiones necróticas en el sistema radicular (Guzmán Piedrahita, 2011), y *Mycosphaerella fijiensis* (la sigatoka negra), un hongo que genera manchas necróticas de color marrón oscuro o negro en las hojas (Marcano et al., 2024; Torres Ustate et al., 2024). Además, la bacteria *Pectobacterium chrysanthemi* provoca la necrosis y pudrición acuosa del pseudotallo, lo que deteriora la salud de las plantas (Maldonado-Duque et al., 2024).

Una de las estrategias para mitigar las plagas y enfermedades foliares en el banano es la eliminación de hojas, específicamente aquellas maduras o que han perdido su funcionalidad. Este deshoje previene la descomposición de las hojas y contribuye a la prevención de la proliferación de hongos y bacterias en los racimos de fruta (Guzhñay Guapacasa, 2017).

Estudios recientes han demostrado que la presencia de microorganismos en hojas de *Musa* spp. puede estar relacionada tanto con actividades fitopatógenas como benéficas (Mogollón-Farias et al., 2025). En ese contexto, abordar los desafíos en la producción de banano puede favorecer el incremento de la productividad y la calidad del producto, promoviendo la sostenibilidad económica. A su vez, esto contribuiría a la optimización de las prácticas

agrícolas y la gestión de recursos tanto a nivel de los productores como de la comunidad. Dicha optimización resulta esencial para asegurar la seguridad alimentaria y prevenir la escasez y el aumento de precios (Quelali Mamani & Morales Magne, 2024).

Realizar el aislamiento y la identificación molecular de hongos en hojas de plantas de banano, tanto con presencia de manchas como sin ellas, es fundamental para evaluar posibles alteraciones en el microbioma que podrían tener efectos negativos sobre la planta (Sánchez Rangel et al., 2022; Torres Ustate, 2024; Yi et al., 2025). Este enfoque proporciona información valiosa para comprender cómo varían las poblaciones microbianas en respuesta a infecciones foliares, especialmente en relación con su presencia, ausencia y frecuencia, lo que permite identificar factores que podrían influir en la salud y productividad del cultivo (Warman & Aitken, 2018; Zakaria & Aziz, 2018). En este contexto, el presente estudio busca ampliar el conocimiento sobre las especies de hongos asociadas a las hojas de banano; por ello, su objetivo fue realizar el aislamiento e identificación molecular de hongos en bananos con y sin manchas foliares.

Materiales y métodos

Diseño y ubicación del estudio

El estudio se diseñó como una investigación no experimental, de tipo transversal, con un enfoque cualitativo y un nivel descriptivo. Se llevó a cabo el 2 de mayo de 2019 en dos fases: 1. inspecciones sanitarias para la recolección de muestras y 2. procesamiento de estas. La recolección tuvo lugar en la localidad de Pampas de Hospital, ubicada en la región de Tumbes (-3.685734 N, -80.439724 E), en la costa norte de Perú (Figura 1). El procesamiento de las muestras se efectuó en los laboratorios de la empresa franco-peruana Inca Biotec S. A. C., ubicados en la misma región de recolección.

Material vegetal

Se realizaron inspecciones sanitarias en plantaciones de banano de exportación de la especie *Musa acuminata* (variedad IC2) con manejo agrícola convencional. Se diseccionaron con bisturís estériles 60 g de tejido vegetal de hojas sin manchas y 60 g con manchas (lesiones en estado avanzado, manchas amarillas y marrones). Posteriormente, las muestras fueron transportadas en bolsas herméticas a las instalaciones de la empresa Inca Biotec S. A. C. para su procesamiento inmediato.

Aislamiento de hongos

Se diseccionaron fragmentos de 5 × 5 mm de hojas de banano sin manchas y con manchas (marrones y amarillas). Se cultivaron cinco fragmentos por placa de Petri con agar papa dextrosa (PDA) suplementado con estreptomycin para inhibir bacterias. Las placas se incubaron a temperatura ambiente por 5 a 7 días, monitoreando diariamente el crecimiento fúngico. Las cepas se agruparon según sus características morfológicas como textura, color, forma y crecimiento del micelio (Aguilar-Anccota et al., 2021; Barnett & Hunter, 1998; Batallas Fonseca, 2015; Hanlin, 2001; Maharachchikumbura et al., 2011; Tomalo Guanoluiza, 2015). Posteriormente, se purificaron los aislamientos mediante un segundo cultivo en PDA (aislamiento monospórico). Las cepas puras se conservaron en tubos con medio inclinado a 4 °C. El procedimiento se replicó en las hojas de banano que no presentaban manchas foliares.

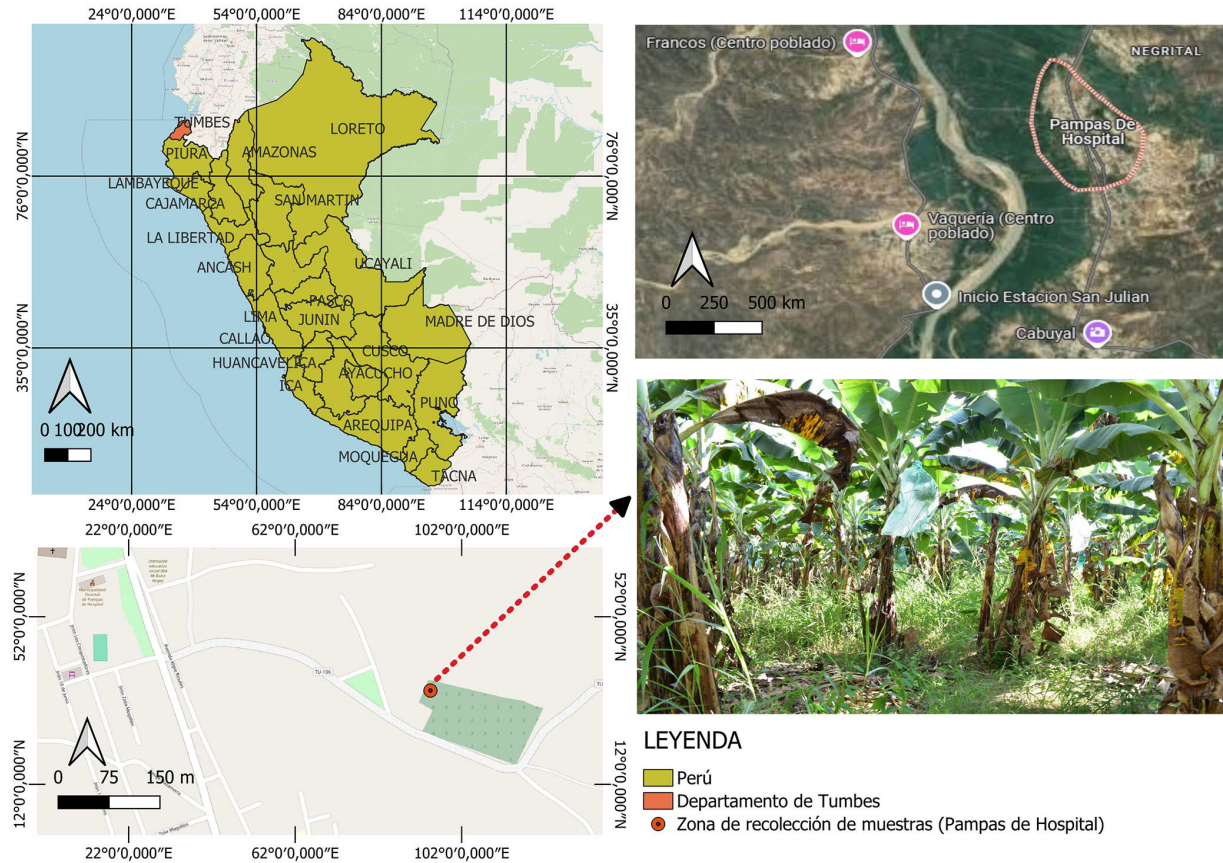


Figura 1. Ubicación geográfica de la localidad de Pampas de Hospital donde se realizaron inspecciones sanitarias para la recolección de muestras vegetales. Tumbes, Perú. Mayo de 2019.

Figure 1. Geographic location of Pampas de Hospital area where sanitary inspections were carried out for the collection of plant samples. Tumbes, Peru. May 2019.

Extracción de ADN

Se recolectó aproximadamente 1 mm de micelio de cada aislamiento fúngico cultivado en medio PDA durante un período de 4 a 7 días a 28 °C. A cada muestra se añadió un *buffer* de lisis formulado para romper las paredes celulares y liberar el ADN genómico. El *buffer* contenía 2 % de bromuro de cetiltrimetilamonio, 0,2 M de Tris/HCl a pH 8, 25 mM de EDTA, 2,5 M de NaCl, 1 % de SDS previamente autoclavado a 121 °C durante 40 min, y 1 % de β -mercaptoetanol, el cual facilita la reducción de enlaces disulfuro. La preparación y el ajuste del *buffer* se realizaron según un protocolo modificado de Karthikeyan et al. (2010).

PCR dirigida a la región ITS

Se emplearon termocicladores de uso convencional para amplificar fragmentos de la región ITS del ADN genómico de cepas fúngicas, usando los cebadores ITS1 e ITS4 (White et al., 1990). La PCR se realizó en un volumen de 25 μ L con agua ultrapura, *buffer* 10X, $MgCl_2$, dNTPs, 0,36 pmol de cada cebador, 0,04 U/ μ L de

polimerasa y 2 μ L de ADN. El ciclo térmico consistió en una desnaturalización inicial a 94 °C por 4 min, seguida de 35 ciclos de desnaturalización (94 °C, 30 s), hibridación (58 °C, 45 s), extensión (72 °C, 45 s), y una extensión final de 5 min a 72 °C. Se incluyeron controles positivos (ADN fúngico) y negativos (agua ultrapura) para validar la eficacia de la reacción.

Electroforesis en gel de agarosa

Los productos de PCR se analizaron mediante electroforesis en gel de agarosa al 1,5 % preparado con solución tampón TAE 1X y teñido con bromuro de etidio a una concentración de 0,5 ng/mL para permitir la visualización del ADN. Para la carga en el gel se mezclaron 8 μ L del amplicón con 2 μ L de *buffer* de carga. Se utilizó un marcador de peso molecular de 100 pb en un volumen de 2 μ L como referencia para estimar el tamaño de los fragmentos amplificados. La corrida electroforética se llevó a cabo a 80 V y 220 mA durante 30 min. Finalmente, los resultados se observaron en un transiluminador bajo luz ultravioleta (UV), lo que permitió confirmar la presencia y el tamaño esperado de los productos.

Secuenciación de ADN y asignación taxonómica a nivel de especie

Los productos de PCR de la región ITS de hongos fueron secuenciados mediante la tecnología Sanger de doble cadena en volúmenes de 25 μ L por la empresa Macrogen (EE. UU.). Las secuencias obtenidas fueron entregadas en formato de texto y se analizaron mediante el *software* Molecular Evolutionary Genetics Analysis, versión 11. Este análisis permitió generar secuencias consensuadas, lo que eliminó errores y aseguró la calidad de los datos. Posteriormente, dichas secuencias fueron sometidas a una búsqueda de similitud en la base de datos del National Center for Biotechnology Information (NCBI) mediante la herramienta BLAST (Basic Local Alignment Search Tool), para realizar la identificación taxonómica de las cepas fúngicas a nivel de género o especie, según el grado de coincidencia encontrado.

Análisis de datos

Las características morfológicas de las cepas aisladas y los nombres de las especies fúngicas identificadas se registraron en hojas de cálculo de Excel. La información se organizó de manera que permitiera su consulta y verificación durante las etapas posteriores del análisis. Asimismo, los códigos de acceso de las especies disponibles en el banco de genes que mostraron similitud con la secuencia ITS analizada también se registraron.

Resultados

Hojas de *Musa acuminata* (IC2) con y sin manchas foliares

Las hojas de *Musa acuminata* con manchas (HCM) y sin manchas (HSM) analizadas en este estudio se muestran en la Figura 2. En el caso de las HCM se observan manchas amarillas dispersas en forma de franjas paralelas a las venas, así como manchas marrones y amarillas en los márgenes y en el haz de las hojas (Figura 2B y 2C). En contraste, las HSM se caracterizaron por la ausencia de manchas amarillas y marrones (Figura 2A).

Las observaciones realizadas revelaron diferencias en las características morfológicas entre las cepas fúngicas. El micelio presentó variaciones en su textura, desde ramificado hasta algodonoso. En cuanto al color, se identificaron distintos tonos en el anverso, como blancos, grises y marrones (Cuadro 1). Estas variaciones morfológicas resultaron fundamentales para la clasificación preliminar de las cepas antes del análisis molecular.



Figura 2. Planta de *Musa acuminata* de la localidad de Pampas de Hospital con manifestación y sin manifestación de manchas foliares. **A)** Vista del envés de una hoja sin manchas. **B)** Vista del haz de una hoja con manchas. **C)** Vista lateral del haz de una hoja con manchas. Tumbes, Perú. Mayo de 2019.

Flechas rojas señalan manchas marrones, y flechas azules, manchas amarillas.

Figure 2. *Musa acuminata* plant from Pampas de Hospital area with and without leaf spots. **A)** View of the underside of a leaf without spots. **B)** View of the upper surface of a leaf with spots. **C)** Side view of the upper surface of a leaf with spots. Tumbes, Peru. May 2019. Red arrows indicate brown spots, and blue arrows indicate yellow spots.

Los aislamientos fúngicos obtenidos de *Musa acuminata*, tanto de muestras con manchas foliares como de aquellas sin ellas, mostraron una diversidad significativa en la microbiota fúngica, evidenciada por la presencia de hongos con distintas macroestructuras (Figura 3 y 4). Las cepas CHCM1, CHCM2 y CHCM3 presentaron macroestructuras (micelio, color y forma de las colonias) que coincidieron con las características típicas de *Fusarium*. Las cepas CHCM4, CHCM5 y CHCM6 exhibieron macroestructuras compatibles con las descritas para *Lasioidiplodia*. Por su parte, las cepas CHCM7, CHCM8, CHCM9, CHCM10 y CHCM11 mostraron una morfología característica de *Cladosporium*. La cepa CHCM12 presentó una macroestructura alineada con las características de *Alternaria*, mientras que la cepa CHCM14 reveló macroestructuras asociadas con *Colletotrichum*.

Las cepas CHSM4, CHSM5, CHSM6 y CHSM8, aisladas de las hojas de *Musa acuminata* sin manchas foliares, mostraron macroestructuras compatibles con los géneros *Hannaella*, *Clonostachys*, *Diplodia* y *Spegazzinia*. Los hongos *Fusarium*, *Nigrospora*, *Diplodia* y *Cladosporium* spp. fueron identificados tanto en hojas con manchas (CHCM1, CHCM2, CHCM3, CHCM7, CHCM8, CHCM9, CHCM10, CHCM11, CHCM15) como en hojas sin manchas (CHSM1, CHSM2, CHSM3, CHSM6, CHSM7).

Cuadro 1. Macroestructuras de la morfología de los aislamientos de *Musa acuminata* con y sin manchas. Pampas de Hospital, Tumbes, Perú. Mayo de 2019.

Table 1. Macrostructures of the morphology of *Musa acuminata* isolates with and without spots. Pampas de Hospital, Tumbes, Peru. May 2019.

Cepa	Macroestructuras
CHCM1	Micelio superficial con textura algodonosa, ramificado, septado, de color blanco.
CHCM2	
CHCM3	Micelio superficial con textura esponjosa, ramificado, septado, de color naranja blanquecino.
CHCM4	
CHCM5	Micelio superficial ramificado, septado, de color marrón.
CHCM6	
CHCM7	Micelio superficial rugoso con textura algodonosa, septado, de color translúcido al inicio que cambió a marrón oscuro.
CHCM8	
CHCM9	
CHCM10	
CHCM11	
CHCM12	Micelio superficial ramificado con textura algodonosa, septado, de color translúcido al inicio que cambió a marrón oscuro.
CHCM13	Micelio superficial con textura algodonosa, septado, de color blanco al inicio que cambió a negro.
CHCM14	Micelio superficial con textura algodonosa, ramificado, septado, de color marrón oscuro.
CHCM15	Micelio superficial ramificado, septado, de color gris en el centro y blanco en el contorno.
CHCM16	Micelio superficial, ramificado, septado, de color gris.
CHCM17	Micelio superficial, ramificado, septado, de color grisáceo.
Cepa	Macroestructuras
CHSM1	Micelio superficial ramificado, septado, de color gris negruzco.
CHSM2	Micelio superficial ramificado, septado, de color marrón oscuro.
CHSM3	Micelio superficial rugoso con textura algodonosa, septado, de color translúcido al inicio que oscureció con el tiempo.
CHSM4	Micelio superficial ramificado algodonoso, con crecimiento radial, septado, de color blanco.
CHSM5	Micelio superficial ramificado, septado, de color gris claro.
CHSM6	Micelio superficial ramificado, septado, de color blanco.
CHSM7	Micelio superficial con textura algodonosa, ramificado, septado, de color blanco.
CHSM8	Micelio superficial ramificado, septado, de color blanco.

CHCM: Cepas aisladas de hojas con manchas. **CHSM:** Cepas aisladas de hojas sin manchas. / **CHCM:** Strains isolated from spotted leaves. **CHSM:** Strains isolated from leaves without spots.

Identificación molecular de los aislamientos

El análisis molecular de los hongos aislados de hojas con y sin manchas evidenció una diversidad microbiana considerable, respaldada por los porcentajes de cobertura e identidad obtenidos (Cuadro 2). En hojas con manchas se identificaron once especies a partir de diecisiete cepas, destacándose *Fusarium* spp., *Lasiodiplodia theobromae* (17,6 % cada una) y *Cladosporium cladosporioides* (23,5 %), junto con otras especies como *Alternaria tenuissima*, *Aspergillus niger* y *Phaeosphaeriopsis musae* (5,9 % cada una). En contraste, en hojas sin manchas se identificaron ocho especies correspondientes a ocho cepas aisladas, con una distribución equitativa (12,5 %). Esta diferencia sugiere que la presencia de manchas foliares influye en la diversidad y composición fúngica, lo que podría estar relacionado con la salud del tejido vegetal y los patrones de colonización.



Figura 3. Aislamientos fúngicos de plantas de *Musa acuminata* con manchas foliares. Pampas de Hospital, Tumbes, Perú. Mayo de 2019.

Figure 3. Fungal isolates from *Musa acuminata* plants with leaf spots. Pampas de Hospital, Tumbes, Peru. May 2019.



Figura 4. Aislamientos fúngicos de plantas de *Musa acuminata* sin manchas foliares. Pampas de Hospital, Tumbes, Perú. Mayo de 2019.

Figure 4. Fungal isolates from *Musa acuminata* plants without leaf spots. Pampas de Hospital, Tumbes, Peru. May 2019.

Cuadro 2. Identificación molecular de los aislamientos fúngicos de *Musa acuminata* con y sin manchas foliares. Pampas de Hospital, Tumbes, Perú. Mayo de 2019.

Table 2. Molecular identification of fungal isolates from *Musa acuminata* with and without spots. Pampas de Hospital, Tumbes, Peru. May 2019.

Hoja con manchas				
Cepa	Hongo	Cobertura (%)	Identidad (%)	N.º de accesión
CHCM1	<i>Fusarium</i> spp.	100	99	KY418072.1
CHCM2	<i>Fusarium</i> spp.	99	99	KU097290.1
CHCM3	<i>Fusarium chlamydosporum</i>	99	98	KU527782.1
CHCM4	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	100	99	KX631724.1
CHCM5	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	100	100	MH454038.1
CHCM6	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	99	100	KR709026.1
CHCM7	<i>Cladosporium</i> spp.	100	99	JX624312.1
CHCM8	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	100	100	KX553964.1
CHCM9	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	100	100	KR709004.1
CHCM10	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	100	100	KX553964.1
CHCM11	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	100	98	KU869525.1
CHCM12	<i>Alternaria tenuissima</i>	100	100	KY197939.1
CHCM13	<i>Aspergillus niger</i>	100	99	MH635417.1
CHCM14	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	99	100	JX258761.1
CHCM15	<i>Nigrospora</i> spp.	99	100	MF356601.1
CHCM16	<i>Dothideomycetes</i> spp.	100	97	KR709082.1
CHCM17	<i>Phaeosphaeriopsis musae</i>	100	99	KU529845.1
Hojas sin manchas				
Cepa	Hongo	Cobertura (%)	Identidad (%)	N.º de accesión
CHSM1	<i>Nigrospora oryzae</i>	100	99	KC771500.1
CHSM2	<i>Nigrospora sphaerica</i>	100	99	KT318582.1
CHSM3	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	100	100	KX553964.1
CHSM4	<i>Hannaella siamensis</i>	100	99	AB922850.1
CHSM5	<i>Clonostachys rosea</i>	100	99	KJ540094.1
CHSM6	<i>Diplodia cajani</i>	96	100	MH868101.1
CHSM7	<i>Fusarium</i> spp.	99	99	KF293300.1
CHSM8	<i>Spegazzinia</i> spp.	98	100	MH734522.1

CHCM: Cepas aisladas de hojas con manchas. **CHSM:** Cepas aisladas de hojas sin manchas. **Cobertura:** Porcentaje de la secuencia de consulta después de la alineación con una secuencia similar disponible en el banco de genes del Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI). **Identidad:** Porcentaje de nucleótidos o aminoácidos que son idénticos en la porción alineada entre ambas secuencias. / **CHCM:** Strains isolated from spotted leaves. **CHSM:** Strains isolated from leaves without spots. **Coverage:** Percentage of the query sequence after alignment with a similar sequence available in the National Center for Biotechnology Information (NCBI) gene bank. **Identity:** Percentage of nucleotides or amino acids that are identical in the aligned portion between both sequences.

Discusión

Las manchas foliares en banano son causadas principalmente por *Mycosphaerella fijiensis*, *M. musicola* y *M. eumusae* (Carlier et al., 2002); además, también se han identificado otras especies como *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium equiseti* y *Nigrospora oryzae* (Abedrabbo Campana, 2017). La diversidad microbiana aumenta en etapas avanzadas de infección, mientras que es más limitada en fases iniciales (Zhang et al., 2019). En cultivos convencionales, *Pseudocercospora fijiensis* altera significativamente la comunidad microbiana (Paladines-Montero et al., 2022); no obstante, en sistemas orgánicos se observa menor diversidad (Zapata-Ramón et al., 2022). Estos hallazgos sugieren que factores como el manejo agrícola y el estado sanitario del tejido foliar influyen en la presencia y diversidad de hongos.

El análisis de los resultados de las manchas en las hojas del banano *Musa acuminata* sugiere la manifestación de síntomas asociados a la infección por microorganismos fitopatógenos como hongos. Los cultivos de banano comúnmente pueden ser infectados por hongos fitopatógenos que afectan las hojas (Urdaneta, 2002). El daño foliar en plantas de banano puede atribuirse a distintas especies de hongos, entre las que destacan aquellas que pertenecen al género *Fusarium* (García-Velasco et al., 2020).

El hongo *Pseudocercospora musae* se identifica como otro agente etiológico de las manchas foliares en *Musa* spp., ya que se asocia a lesiones inicialmente pequeñas y de tonalidad amarilla en el envés de las hojas, las cuales evolucionan hacia una coloración rojiza o marrón oxidado y adoptan una disposición en franjas paralelas a las nervaduras (Palacios et al., 2019). La evaluación de las manchas de las hojas analizadas coincide con lo descrito. Otras especies de hongos implicadas en causar manchas foliares en *Musa* spp. son las que pertenecen al género *Curvularia* (Ellis, 1971; Farr et al., 1989).

El análisis de las macroestructuras presentes en los aislamientos fúngicos provenientes de hojas con manchas permitió identificar similitudes morfológicas con diversos géneros, entre ellos *Fusarium* (Sarmiento-López et al., 2024), *Lasiodiplodia* (Phillips et al., 2013; Picos-Muñoz et al., 2015), *Cladosporium*, *Alternaria* (Mello et al., 2001; Mostacero González, 2019), *Aspergillus* (Sáez Vega, 2002), miembros de *Dothideomycetes* (Granados Montero et al., 2022), *Phaeosphaeriopsis* (Chen et al., 2022) y *Colletotrichum* (Buddie et al., 1999; Freeman et al., 1996).

Los aislamientos obtenidos de hojas asintomáticas exhibieron características morfológicas asociadas a los géneros *Hannaella* (Llanos-Gómez et al., 2024), *Clonostachys* (Zhao et al., 2024), *Diplodia* (Bhat et al., 2023; Phillips et al., 2005) y *Spegazzinia* (Mena-Portales, 2017), además de géneros previamente detectados en hojas con manchas como *Nigrospora* y *Cladosporium*. Asimismo, se identificaron los géneros fúngicos como *Fusarium*, *Nigrospora* y *Cladosporium* en hojas tanto sintomáticas como asintomáticas, lo que indica una distribución amplia que no depende estrictamente del estado fitosanitario del tejido foliar; sin embargo, podrían existir diferencias en su frecuencia o nivel de patogenicidad, lo que evidencia la necesidad de ampliar y complementar los hallazgos del presente estudio.

Cladosporium cladosporioides ha sido identificado como un agente patógeno en diversos cultivos agrícolas de importancia económica, como las uvas, fresas y trigo, en los cuales causa enfermedades que afectan la calidad y el rendimiento (Nam et al., 2015; Mengal et al., 2020; Zhu, Bai, et al., 2024). No obstante, también se ha demostrado su comportamiento endofítico en trigo, lo que evidencia su versatilidad ecológica y funcional (Sharon et al., 2024).

La presencia de *Cladosporium* ha sido reportada en *Solanum tuberosum*, lo cual demuestra su espectro hospedero (Musa Atsen et al., 2024). Estudios recientes destacan su amplia distribución geográfica y ecológica, encontrándose en matrices tan diversas como aire, suelo, plantas, alimentos, insectos y otros materiales orgánicos (Bensch et al., 2012; Nicoletti et al., 2024; Zhu, Zhang, et al., 2024). En banano, *Cladosporium musae* es conocido por causar el moteado foliar, lo que genera manchas marrones que se funden sobre la superficie foliar (Bensch et al., 2012; Surridge et al., 2003). De interés actual es la cepa C24G de *C. cladosporioides*, la cual presenta potencial para controlar enfermedades e inducir defensas en el arroz (Abdallah Chaibub et al., 2025). En este contexto, su detección en hojas de banano, con o sin síntomas, podría explicarse por su capacidad colonizadora y su rol potencial como simbionte antagonista.

La presencia del género *Fusarium* en hojas de banano con y sin manchas puede estar asociada a la descomposición de residuos vegetales en el suelo, lo que favorece su diseminación y colonización a nivel foliar (Car Rodríguez, 2009). Este género incluye algunos de los patógenos más relevantes en banano, destacándose por su implicación en la marchitez vascular, una enfermedad que afecta el xilema y altera el transporte de agua y nutrientes, lo que disminuye significativamente la productividad del cultivo (García-Velasco et al., 2021; Saraswathi et al., 2016).

En estudios previos, se ha reportado que las especies de *Fusarium* presentes en tejido enfermo de banano incluyen *Fusarium incarnatum*, *Fusarium verticillioides*, *Fusarium sacchari*, *Fusarium proliferatum* y *Fusarium solani* (Mohamed Kamel et al., 2016). En cultivos de banano bajo manejo convencional, este género figura entre los más prevalentes (Souza Junior et al., 2018). Particularmente, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc) es reconocido como el patógeno de mayor importancia, ya que ha sido reportado de forma reiterada en diversas regiones productoras, incluido el Perú (Aguilar-Ancota et al., 2021; Carvalhais et al., 2019; Deltour et al., 2017; Warman & Aitken, 2018).

La detección de *Nigrospora* en hojas de banano con y sin manchas puede estar relacionada con su capacidad para colonizar naturalmente tejidos del fruto, como la cáscara durante la etapa poscosecha (Yi et al., 2025). Esto ha sido respaldado por investigaciones que han identificado no solo especies del género *Nigrospora*, sino también una diversidad de hongos asociados, como fitopatógenos (*Pestalotiopsis*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Bipolaris*, *Phoma*, *Lasiodiplodia*, *Cochliobolus*) y saprofitos (*Penicillium*, *Aspergillus*) (Sánchez Rangel et al., 2022; Zakaria & Aziz, 2018). Por tanto, la presencia de *Nigrospora* podría interpretarse como una manifestación de su papel oportunista dentro del microbioma del banano, tanto en procesos de deterioro poscosecha como en posibles interacciones endofíticas durante el desarrollo del cultivo.

En relación con las especies fúngicas de los géneros *Aspergillus* y *Alternaria* encontradas en las hojas de banano, estudios previos han reportado una baja frecuencia de *Alternaria*, contrario a *Penicillium* y *Aspergillus* que presentaron mayores índices de prevalencia en hojas de *Musa* spp. (Cao et al., 2002). Estos resultados difieren de lo reportado por Sánchez Rangel et al. (2022), quienes informaron una distribución más equitativa entre los géneros fúngicos detectados. En ese sentido, la presencia o ausencia de determinadas especies fúngicas, así como su frecuencia, puede estar influenciada por el estado fisiológico del tejido vegetal, ya que géneros como *Penicillium* y *Aspergillus* son principalmente saprofitos. Esta característica podría explicar la detección de *Aspergillus* en hojas de banano que presentan manchas, donde el tejido deteriorado ofrece condiciones favorables para su desarrollo.

Conclusiones

El aislamiento y la identificación molecular de hongos en hojas de banano, con y sin presencia de manchas foliares, permitieron reconocer diversas especies, algunas fitopatógenas. Se reporta que *Musa acuminata* (IC2) hospeda especies fúngicas simbióticas, ya que estas se detectaron en ambos tipos de hoja. *Fusarium*, *Nigrospora* y *Cladosporium* fueron los géneros presentes en las muestras analizadas.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la empresa Inca Biotec S. A. C. por proporcionar acceso a sus instalaciones y equipos de biotecnología molecular para la ejecución de este estudio.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Referencias

- Abdallah Chaibub, A., Batista Gundim, J. A., Garcês de Araújo, L., & Corsi de Filippi, M. C. (2025). *Cladosporium cladosporioides* for disease control and defense response induction in upland rice grown under an agroecological system. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 49(5), 773-791. <https://doi.org/10.1080/21683565.2025.2456914>
- Abedrabbo Campana, A. S. (2017). *Identificación microscópica y molecular de hongos asociados a Mycosphaerella fijiensis (Sigatoka Negra) en banano* [Tesis de licenciatura, Universidad San Francisco de Quito USFQ]. Repositorio digital de la Universidad San Francisco de Quito. <https://repositorio.usfq.edu.ec/jspui/handle/23000/6666>
- Aguilar-Ancota, R., Arévalo-Quinde, C. G., Morales-Pizarro, A., & Galecio-Julca, M. (2021). Hongos asociados a la necrosis de haces vasculares en el cultivo de banano orgánico: síntomas, aislamiento e identificación, y alternativas de manejo integrado. *Scientia Agropecuaria*, 12(2), 249-256. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.028>
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi* (4th ed.). Burgess Publishing Co.
- Batallas Fonseca, E. J. (2015). *Caracterización morfológica de hongos fitopatógenos en el cultivo de banano (Musa paradisiaca L.) sector Los Laureles, cantón La Maná, Cotopaxi 2015* [Tesis de titulación, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio digital de la Universidad Técnica de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2512>
- Bensch, K., Braun, U., Groenewald, J. Z., & Crous, P. W. (2012). The genus *Cladosporium*. *Studies in Mycology*, 72(1), 1-401. <https://doi.org/10.3114/sim0003>
- Bhat, A. H., Shah, M. D., Padder, B. A., Shah, Z. A., Dar, E. A., Fayaz, U., Nain, M. S., Ali, M. A., Al-Hemaid, F. M., Stępień, P., Ahmed, M. A. A., & Salama, E. A. A. (2023). Morphological, pathogenic and genetic diversity in *Diplodia seriata* associated with black rot canker of apple in India. *Scientific Reports*, 13, Artículo 15682. <https://www.nature.com/articles/s41598-023-42534-y>
- Buddie, A. G., Martinez-Culebras, P., Bridge, P. D., García, M. D., Querol, A., Cannon, P. F., & Monte, E. (1999). Molecular characterization of *Colletotrichum* strains derived from strawberry. *Mycological Research*, 103(4), 385-394. <https://doi.org/10.1017/S0953756298007254>
- Cao, L. X., You, J. L., & Zhou, S. N. (2002). Endophytic fungi from *Musa acuminata* leaves and roots in South China. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 18, 169-171. <https://doi.org/10.1023/A:1014491528811>
- Car Rodríguez, C. (2009). *Aislamiento y selección de hongos antagonistas en plantaciones de banano (Musa AAA) para el combate biológico de la Sigatoka Negra* [Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio digital TEC. <https://hdl.handle.net/2238/2779>
- Carlier, J., De Waele, D., & Escalant, J. V. (2002). *Evaluación global de la resistencia de los bananos al marchitamiento por Fusarium, enfermedades de las manchas foliares causadas por Mycosphaerella y nematodos*. Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano.
- Carvalhais, L. C., Henderson, J., Rincon-Florez, V. A., O'Dwyer, C., Czislawski, E., Aitken, E. A. B., & Drenth, A. (2019). Molecular diagnostics of banana *Fusarium* wilt targeting secreted-in-xylem genes. *Frontiers in Plant Science*, 10, Artículo 547. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00547>

- Chen, Q., Bakhshi, M., Balci, Y., Broders, K.D., Cheewangkoon, R., Chen, S.F., Fan, X.L., Gramaje, D., Halleen, F., Horta Jung, M., Jiang, N., Jung, T., Májek, T., Marincowitz, S., Milenković, I., Mostert, L., Nakashima, C., Nurul Faziha, I., Pan, M., Raza, M., ... Crous, P. W. (2022). Genera of phytopathogenic fungi: GOPHY 4. *Studies in Mycology*, 101(1), 417-562. <https://doi.org/10.3114/sim.2022.101.06>
- Deltour, P., Franc, S. C., Heyman, L., Pereira, O. L., & Höfte, M. (2017). Comparative analysis of pathogenic and nonpathogenic *Fusarium oxysporum* populations associated with banana on a farm in Minas Gerais, Brazil. *Plant Pathology*, 67(3), 707-718. <https://doi.org/10.1111/ppa.12757>
- Ellis, M. B. (1971). *Dematiaceous hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute.
- Farr, D. F., Bills, G. F., Chamuris, G. P., & Rossman, A. Y. (1989). *Fungi on plants and products in the United States*. The American Phytopathological Society.
- Freeman, S., Katan, T., & Shabi, E. (1996). Characterization of *Colletotrichum gloeosporioides* isolates from avocado and almond fruits with molecular and pathogenicity tests. *Applied and Environmental Microbiology*, 62(3), 1014-1020. <https://doi.org/10.1128/aem.62.3.1014-1020.1996>
- García-Velasco, R., Portal-González, N., Santos-Bermúdez, R., Rodríguez-García, A., & Companioni-González, B. (2021). Mejoramiento genético para la resistencia a marchitez por *Fusarium* en banano. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 39(1), 122-146. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2008-2>
- García-Velasco, R., Portal-González, N., Santos-Bermúdez, R., Yanes-Paz, E., Lorenzo-Feijoo, J. C., & Companioni-González, B. (2020). Método rápido aplicado en evaluación previa de resistencia del banano a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 38(3), 384-397. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2004-1>
- Gold, C. S., Pena, J. E., & Karamura, E. B. (2001). Biology and integrated pest management for the banana weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae). *Integrated Pest Management Reviews*, 6, 79-155. <https://doi.org/10.1023/A:1023330900707>
- Granados Montero, M., Zúñiga Castañeda, M., Chaverri Echandi, P., Escudero Leyva, E., & Mardones Hidalgo, M. (2022). Patogenicidad de hongos asociados a plantas de fresa (*Fragaria ananassa*) y descripción ultraestructural del patosistema. *Agronomía Costarricense*, 46(2), 9-28. <https://doi.org/10.15517/rac.v46i2.52043>
- Guzhñay Guapacasa, E. del P. (2017). *Análisis del uso de la hoja de plátano (Musa paradisiaca) en la gastronomía del cantón General Antonio Elizalde (Bucay), provincia del Guayas* [Tesis de licenciatura, Universidad de Guayaquil]. Repositorio digital de la Universidad de Guayaquil. <https://repositorio.ug.edu.ec/items/8ce7bc27-0307-441a-bf16-a4fea1cc51be>
- Guzmán Piedrahita, Ó. A. (2011). El nematodo barrenador (*Radopholus similis* [Cobb] Thorne) del banano y plátano. *Luna Azul*, (33), 137-153. <https://revistasoj.s.ucaldas.edu.co/index.php/lunazul/article/view/1210>
- Hanlin, R. T. (2001). *Combined keys to illustrated genera of Ascomycetes 1 and 2 (5th printing)*. APS Press.
- Karthikeyan, V., Patharajan, S., Palani, P., & Spadaro, D. (2010). Modified simple protocol for efficient fungal DNA extraction highly suitable for PCR based molecular methods. *Global Journal of Molecular Sciences*, 5(1), 37-42. [https://idosi.org/gjms/gjms5\(1\)/6.pdf](https://idosi.org/gjms/gjms5(1)/6.pdf)
- Llanos-Gómez, K. J., Aime, M. C., & Díaz-Valderrama, J. R. (2024). The surface of leaves and fruits of *Peruvian cacao* is home for several *Hannaella* yeast species, including the new species *Hannaella theobromatis* sp. nov. *Antonie van Leeuwenhoek*, 117(1), Artículo 43. <https://doi.org/10.1007/s10482-024-01936-2>

- Maharachchikumbura, S. S. N., Guo, L. D., Chokeatirote, E., Bahkali, A. H., & Hyde, K. D. (2011). Pestalotiopsis-morphology, phylogeny, biochemistry and diversity. *Fungal Diversity*, 50, 167-187. <https://doi.org/10.1007/s13225-011-0125-x>
- Maldonado-Duque, E. A., Vigíl-Correa, A. M., Zurita Chinguel, L. G., Torres de León, M. D., Mendoza Rendón, R., Saavedra-Rios, C. Y., Villar Guevara, I. D., Cubas Zúñiga, C. E., Peña Zarate, M. C., Vilchez Estrada, K. N., & Ruiz Polo, A. A. (2024). Patogenicidad de *Pectobacterium chrysanthemi* en *Solanum tuberosum* y PCR del espaciador transcrito interno (ITS) del ADNr 16S/23S en aislados de *Musa* sp. del norte del Perú. *Manglar*, 21(3), 299-304. <https://doi.org/10.57188/manglar.2024.032>
- Marcano, I. E., Díaz-Alcántara, C. A., Pimentel Pujols, Á. R., Vicioso Alcalá, Á. F., & Núñez Ramos, P. A. (2024). Inhibición de *Mycosphaerella fijiensis* en banano orgánico (*Musa* AAA L.) con la aplicación de bacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 11(3), 7-17. <https://doi.org/10.53287/kxys3855fa98o>
- Martin, G., Cardi, C., Sarah, G., Ricci, S., Jenny, C., Fondi, E., Perrier, X., Glaszmann, J. C., D'Hont, A., & Yahiaoui, N. (2020). Genome ancestry mosaics reveal multiple and cryptic contributors to cultivated banana. *The Plant Journal*, 102(5), 1008-1025. <https://doi.org/10.1111/tpj.14683>
- Martin, G., Cottin, A., Baurens, F. C., Labadie, K., Hervouet, C., Salmon, F., Paulo-de-la-Reberdiere, N., Van den Houwe, I., Sardos, J., Aury, J.-M., D'Hont, A., & Yahiaoui, N. (2023). Interspecific introgression patterns reveal the origins of worldwide cultivated bananas in New Guinea. *The Plant Journal*, 113(4), 802-818. <https://doi.org/10.1111/tpj.16086>
- Martínez Acosta, A. M. (2024). *Factores asociados con la mancha de madurez en banano (Musa AAA)* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio digital de la Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/87161>
- Mello, S., Ribeiro, Z., Sousa, G. R., Tigano, M., Nachtigal, G. D. F., & Fontes, E. (2001). Padrões isoenzimáticos e morfologia de isolados de *Alternaria* spp. patogénicos a *Senna obtusifolia*. *Fitopatologia Brasileira*, 26(3), 667-669. <https://doi.org/10.1590/S0100-41582001000300017>
- Mena-Portales, J., Cantillo-Pérez, T., & Minter, D. W. (2017). A new species of the conidial fungal genus *Spegazzinia* (Pleosporales, Didymosphaeriaceae) collected on sugarcane in Cuba. *Phytotaxa*, 331(2), 295-298. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.331.2.14>
- Mengal, H. S., Abro, M. A., Jatoi, G. H., Nawab, L., Poussio, G. B., Ahmed, N., Zehri, A. Q., & Ali, A. (2020). Efficacy of different fungicides, botanical extracts and biocontrol agents against *Cladosporium cladosporioides*, the causal agent of *Cladosporium* rot in grapes. *Acta Ecológica Sinica*, 40(4), 300-305. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2019.08.002>
- Mogollón-Farias, C. A., Córdova Campos, J. S., García-García, S. M., & Ruiz-Polo, A. A. (2025). Lasiodiplodia theobromae asociado a manchas foliares en *Musa acuminata* empleando la región ITS en ADN fúngico. *Manglar*, 22(2), 221-227. <https://doi.org/10.57188/manglar.2025.024>
- Mohamed Kamel, M. A., Cortesi, P., & Saracchi, M. (2016). Etiological agents of crown rot of organic bananas in Dominican Republic. *Postharvest Biology and Technology*, 120, 112-120. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.06.002>
- Mostacero González, G. O. (2019). *Etiología y patogénesis de la mancha de ojo en maíz (Zea mays L.) en el valle del Santa* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3168>

- Musa Atsen, D. M., Ode Okechalu, B., & Luka, D. (2024). Evaluation of the microbiological, sensory and nutritional quality of chips produced from four varieties of potato (*Solanum tuberosum*) in Jos, Nigeria. *Acta Scientific Microbiology*, 7(6), 25-36. <https://dx.doi.org/10.31080/ASMI.2024.07.1383>
- Nam, M. H., Park, M. S., Kim, H. S., Kim, T. I., & Kim, H. G. (2015). *Cladosporium cladosporioides* and *C. tenuissimum* cause blossom blight in strawberry in Korea. *Mycobiology*, 43(3), 354-359. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2015.43.3.354>
- Nicoletti, R., Ruso, E., & Becchimanzi, A. (2024). *Cladosporium*-insect relationships. *Journal of Fungi*, 10(1), Artículo 78. <https://doi.org/10.3390/jof10010078>
- Palacios, C. M., Regalado, J. G. O., & Plaza, A. M. (2019). Threats of leaf spots of Sigatoka (*Mycosphaerella* spp.) in sustainable ecuadorian banana production. *Revista Verde de Agroecología e Desenvolvimento Sustentável*, 14(5), 591-596. <https://doi.org/10.18378/rvads.v14i5.6623>
- Paladines-Montero, A., León Reyes, A., Ramírez-Villacís, D. X., & Zapata-Ramón, C. G. (2022). Endophyte microbiome characterization in banana leaf and its variation in presence of Black Sigatoka pathogen (*Pseudocercospora fijiensis*). *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 14(1), Artículo 2299. <https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2299>
- Phillips, A. J. L., Alves, A., Abdollahzadeh, J., Slippers, B., Wingfield, M. J., Groenewald, J. Z., & Crous, P. W. (2013). The *Botryosphaeriaceae*: genera and species known from culture. *Studies in Mycology*, 76(1), 51-167. <https://doi.org/10.3114/sim0021>
- Phillips, A., Alves, A., Correia, A., & Luque, J. (2005). Two new species of *Botryosphaeria* with brown, 1-septate ascospores and *Dothiorella* anamorphs. *Mycologia*, 97(2), 513-529. <https://doi.org/10.3852/mycologia.97.2.513>
- Picos-Muñoz, P. A., García-Estrada, R. S., León-Félix, J., Sañudo-Barajas, A., & Allende-Molar, R. (2015). Lasiodiplodia theobromae en cultivos agrícolas de México: Taxonomía, hospedantes, diversidad y control. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 33(1), 54-74.
- Pineda Ramon, J. S. (2021). *Evaluación de diferentes métodos de aplicación de fungicidas y extractos botánicos para el control de pudrición de corona de banano* [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio digital UTMACH. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16561>
- Quelali Mamani, L., & Morales Magne, H. N. (2024). Análisis técnico y económico de los sistemas agroforestales (SAF's) que emplean los productores de banano en el municipio de Alto Beni (Análisis de la producción y problemáticas del banano). *Apthapi*, 10(3), 2744-2757. <https://doi.org/10.53287/nvpx9453ja94j>
- Sáez Vega, A. S., Flóres Valdés, L. F., & Cadavid Rendón, A. C. (2002). Caracterización de una cepa nativa de Aspergillus niger y evaluación de la producción de ácido cítrico. *Revista Universidad EAFIT*, 38(128), 33-42. <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/845>
- Sánchez Rangel, J. C., Cuevas Morán, F. F., López Márquez, R., Berlanga Padilla, A. M., & Ayala Zermeño, M. A. (2022). Riqueza foliar de hongos endófitos cultivables aislados de plantas de banano (*Musa* spp.) con manejo orgánico. *Biocología y Sustentabilidad*, 7(1), 1-13. <https://doi.org/10.57737/biotechnologiaysust.v7i1.1394>
- Saraswathi, M. S., Kannan, G., Uma, S., Thangavelu, R., & Backiyarani, S. (2016). Improvement of banana cv. Rasthali (Silk, AAB) against *Fusarium oxysporum* f.sp. cubense (VCG 0124/5) through induced mutagenesis: Determination of LD50 specific to mutagen, explants, toxins and *in vitro* and *in vivo* screening for Fusarium wilt resistance. *Indian Journal of Experimental Biology*, 54(5), 345-353. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27319054/>

- Sardos, J., Breton, C., Perrier, X., Van den Houwe, I., Carpentier, S., Paofa, J., Rouard, M., & Roux, N. (2022). Hybridization, missing wild ancestors and the domestication of cultivated diploid bananas. *Frontiers in Plant Science*, 13, Artículo 969220. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.969220>
- Sarmiento-López, H., Hernández-Marín, D. A., Chávez-Montes, A., García-Rodríguez, J. L., Sigala-Rodríguez, J. Á., & Sánchez-García, E. (2024). Morfología y patogenicidad de *Fusarium* aislado de pino en viveros de Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15(5), Artículo e37221. <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i5.3722>
- Sharon, O., Kagan-Trushina, N., & Sharon, A. (2024). Wheat fungal endophyte communities are inseparable from the host and influence plant development. *mBio*, 15(2), Artículo e02533-23. <https://doi.org/10.1128/mbio.02533-23>
- Souza, C. A., Jr., Marcon, J., Andrade, P. A. M., Silva, J. A., Faraldo, M. I. F., Verdi, M. C. O., Melo Filho, A. A., & Azevedo, J. L. (2018). Endophytic bacterial and fungi associated to banana leaves (*Musa* spp.) cultivated under organic management. *Journal of Agricultural Science*, 10(10), 460-467. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n10p460>
- Surridge, A. K. J., Wehner, F. C., Crous, P. W., & Viljoen, A. (2003). First report of *Cladosporium musae* on banana in South Africa. *Australasian Plant Pathology*, 32, 499-503. <https://doi.org/10.1071/AP03051>
- Tomalo Guanoluisa, M. A. (2015). *Caracterización morfológica de hongos fitopatógenos en el cultivo de fresa (Fragaria vesca) en el sector de Salache Barbapamba, cantón Salcedo, Cotopaxi 2015* [Tesis de titulación, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio digital de la Universidad Técnica de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/72e4d11f-f1dd-45b5-b13f-26d312320e5e>
- Torres Ustate, L. M., Piraneque Gambasica, N. V., & Castellanos Martínez, M. L. (2024). Rol de la agricultura de precisión en la mitigación de la sigatoka negra en cultivos de banano bajo cambio climático: una revisión y análisis bibliométrico. *Tecnológicas*, 27(61), Artículo 3158. <https://doi.org/10.22430/22565337.3158>
- Urdaneta, L. M., Delgado, A. E., Sosa, L., & Piñeiro, A. (2002). Microbiota del filoplano en plátano Harton (*Musa* AAB), en el municipio Francisco Javier Pulgar del estado Zulia, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 19(2), 95-108. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26413/27039>
- Warman, N. W., & Aitken, E. A. (2018). The movement of *Fusarium oxysporum* f.sp. cubense (sub-tropical race 4) in susceptible cultivars of banana. *Frontiers in Plant Science*, 9, Artículo 1748. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01748>
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S., & Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In M. A. Innis, D. H. Gelfand, J. J. Sninsky, & T. J. White (Eds.), *PCR protocols: A guide to methods and applications* (pp. 315-322). Academic Press.
- Yi, P., Zhao, M., Huang, F., Li, L., Sun, J., Xie, L., Ling, D., Li, J., Huang, M., Gan, T., Tang, Y., Li, C., He, X., & Sheng, J. (2025). Dynamic analysis of fungal community and metabolome associated with postharvest diseases in banana peel under natural condition. *Postharvest Biology and Technology*, 222, Artículo 113384. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2024.113384>
- Zakaria, L., & Aziz, W. N. A. (2018). Molecular identification of endophytic fungi from banana leaves (*Musa* spp.). *Tropical Life Sciences Research*, 29(2), 201-211. https://ejournal.usm.my/tlsr/article/view/tlsr_vol29-no-2-2018_14/pdf
- Zapata-Ramón, C. G., Paladines-Montero, A., León-Reyes, A., & Ramírez-Villacís, D. X. (2022). Characterization of the banana (*Musa × paradisiaca* L.) microbiome under organic and conventional production systems. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 14(2), Artículo 2298. <https://doi.org/10.18272/aci.v14i2.2298>

- Zhang, Z., Kong, X., Jin, D., Yu, H., Zhu, X., Su, X., Wang, P., Zhang, R., Jia, M., & Deng, Y. (2019). *Euonymus japonicus* phyllosphere microbiome is significantly changed by powdery mildew. *Archives of Microbiology*, 201(8), 1099-1109. <https://doi.org/10.1007/s00203-019-01639-1>
- Zhao, J., Xu, X., Xu, X., Guo, L., Wang, X., Xiang, W., & Zhao, J. (2024). Identification and pathogenicity of *Clonostachys* spp. and its co-inoculation with *Fusarium* species on soybean root. *Plant Pathology*, 73(7), 1801-1811. <https://doi.org/10.1111/ppa.13931>
- Zhu, M., Bai, H., Zhang, W., Zhao, S., Qiu, Z., & He, F. (2024). Identification and biocontrol of *Cladosporium* mold caused by *Cladosporium cladosporioides* on wheat spikes in central China. *Agronomy*, 14(10), Artículo 2330. <https://doi.org/10.3390/agronomy14102330>
- Zhu, M., Zhang, W., Duan, X., Yan, S., Cai, Y., Gong, S., Fahad, S., & Qiu, Z. (2024). Biocontrol Potential of *Cladosporium sphaerospermum* Against the Wheat Powdery Mildew Fungus *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*. *Plant Disease*, 108(10), 2983-2988. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-24-0433-SC>