



## 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-Farías<sup>1</sup>, Jose Stalyn Cordova Campos<sup>2</sup>, Segundo Melecio Garcia-García<sup>3</sup>,  
Archi Alejandro Ruiz-Polo<sup>2</sup>, Eric Mialhe<sup>1</sup>

- \* 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.
- <sup>1</sup> Inca Biotec S. A. C. Jr. Filipinas 212, 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>).
- <sup>2</sup> 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>).
- <sup>3</sup> 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 rendimiento y desarrollo del cultivo. La composición microbiana en manchas foliares es relevante para entender la aparición y propagación de enfermedades. **Objetivo.** Realizar el aislamiento e identificación molecular de hongos en bananos con y sin manchas foliares. **Materiales y métodos.** En el año 2019 se realizó una investigación con diseño no experimental, enfoque cuantitativo y nivel descriptivo, utilizando 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 el norte del Perú. En medios de cultivo microbiológicos se cultivaron fragmentos de hojas de 5 x 5 mm, se aislaron cepas fúngicas caracterizándose por sus macroestructuras, se extrajo ADN de las cepas y se realizó una PCR convencional dirigida a la región ITS de hongos de 700 pb. Luego, los productos PCR se secuenciaron por el método de Sanger en doble cadena. Posteriormente, 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 tanto especies fitopatógenas como 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.** Se realizó el aislamiento e identificación molecular de hongos en bananos con y sin manchas foliares, hallándose especies fitopatógenas y benéficas.

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



## Abstract

**Introduction.** The foliar structure of banana plants is a determining factor in the yield and development of the crop. The microbial composition in foliar spots is relevant for understanding the emergence and spread of diseases. **Objective.** To perform the isolation and molecular identification of fungi in banana plants with and without leaf spots. **Materials and Methods.** In 2019, a non-experimental research study was conducted with a quantitative approach and descriptive level, using banana leaves from *Musa acuminata* (cv.IC2) with spots (HCM) and without spots (HSM), collected from a conventionally managed agricultural plot in northern Peru. Leaf fragments of 5 x 5 mm were cultivated on microbiological media, and fungal strains were isolated based on their macrostructures. DNA was extracted from the strains, and conventional PCR was performed targeting the ITS region of fungi (700 bp). The PCR products were then 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, it was observed that HCM shared three genera with HSM: *Nigrospora*, *Cladosporium*, and *Fusarium*. **Conclusion.** Fungal isolation and molecular identification were performed on bananas with and without leaf spots, and phytopathogenic and beneficial species were found.

**Keywords:** *Musa acuminata*, phytopathology, microbiote, ADN, 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 provienen 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 es un factor determinante para el rendimiento y desarrollo del cultivo. Cualquier alteración en su extensión o funcionalidad debido a enfermedades puede comprometer significativamente la capacidad fotosintética de la planta. Esto afecta negativamente su productividad (Martínez Acosta, 2024).

Diversas plagas y enfermedades afectan a las hojas y a las plantas de banano en su totalidad (Pineda Ramon, 2021). Entre las principales amenazas se encuentran el picudo negro, un escarabajo que causa daños al alimentarse del pseudotallo (Gold et al., 2001), el nematodo *Radopholus similis*, responsable de las manchas pardas en los bordes de las hojas (Guzmán Piedrahita, 2011), y *Mycosphaerella fijiensis* (la sigatoka negra), un hongo que genera manchas necróticas marrón oscuro o negro en las hojas (Marcano et al., 2024; Ustate et al., 2024). Además, la bacteria *Pectobacterium chrysanthemi* provoca la necrosis y pudrición acuosa del pseudotallo, afectando gravemente 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 ya no cumplen una función efectiva. Este deshoje ayuda a prevenir la descomposición de las hojas. Además, contribuye a la prevención de la proliferación de hongos y bacterias en los racimos de fruta (Guzhñay, 2017).

Estudios recientes han demostrado que la presencia de microorganismos en hojas de *Musa spp.*, puede estar relacionada con actividades fitopatógenas y/o benéficas (Mogollón-Farías et al., 2025). En ese contexto, abordar los desafíos en la producción de banano puede resultar en un incremento de la productividad y la calidad del producto. Esto promueve una sostenibilidad económica, lo que a su vez se traduce en la optimización de las

prácticas agrícolas y la gestión de recursos tanto a nivel de los productores como de la comunidad en su conjunto. Esta optimización es esencial para asegurar la seguridad alimentaria y prevenir la escasez y el aumento de precios (Mamani & Magne, 2024).

Realizar el aislamiento y la identificación molecular de hongos en hojas de plantas de banano, tanto con presencia de manchas como sin manchas, es fundamental para evaluar las posibles alteraciones en el microbioma que podrían tener efectos negativos sobre la planta (Rangel et al., 2022; Ustate, 2024; Yi et al., 2025). Este enfoque proporciona información valiosa para entender 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 & Aitjen, 2018; Zakaria & Aziz, 2018). Así mismo, el presente estudio permitirá ampliar el conocimiento de que especies de hongos se encuentran asociados a las hojas de banano. El objetivo del presente estudio fue realizar el aislamiento e identificación molecular de hongos en bananos con y sin presencia manchas foliares

## Materiales y métodos

### Diseño y ubicación del estudio

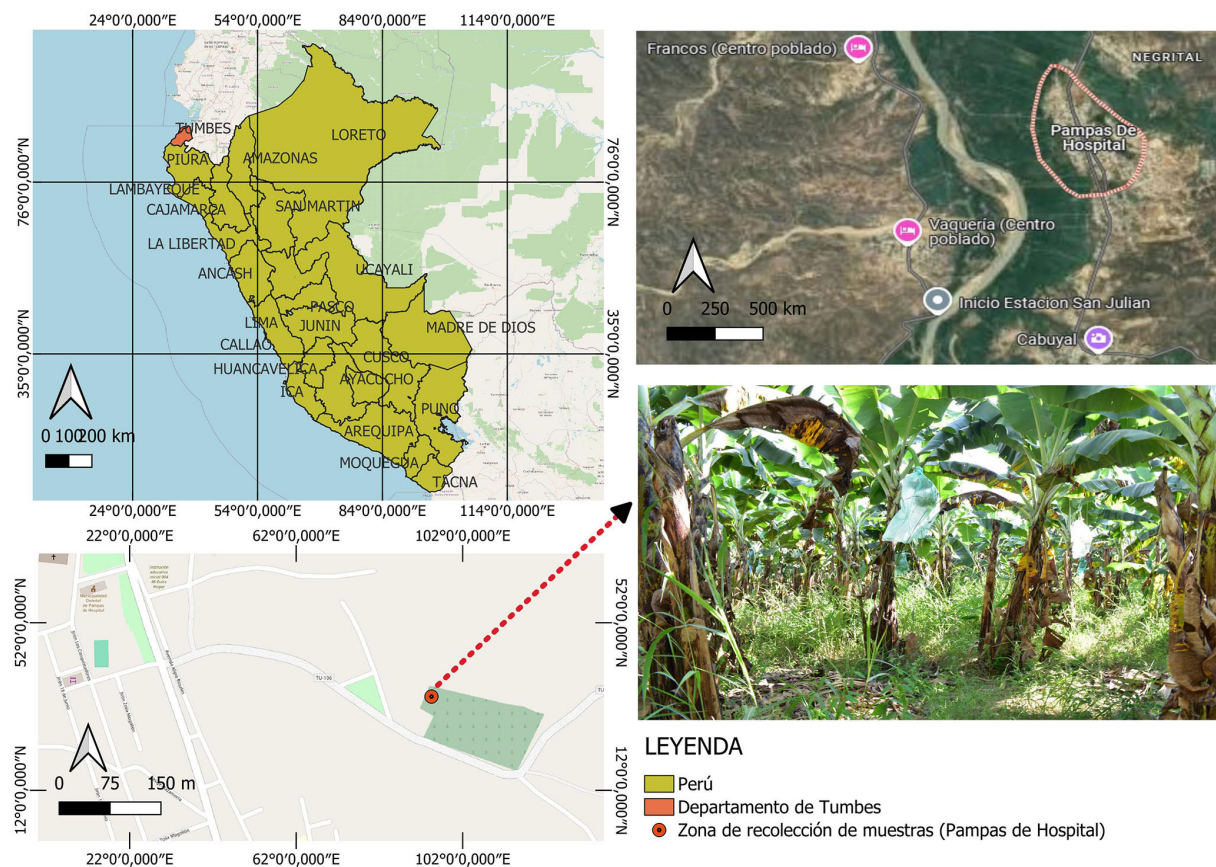
El estudio se diseñó de manera no experimental, de tipo transversal, con un enfoque cualitativo y un nivel descriptivo. Fue llevado a cabo el 2 de mayo de 2019 en dos fases: inspecciones sanitarias para la recolección de muestras y el posterior procesamiento de estas. La recolección tuvo lugar en la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

### Material vegetal

En el año 2019, se llevaron a cabo 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) Inmediatamente después, 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 disectaron fragmentos de 5x5 mm de hojas de banano sin manchas y con manchas (marrones y amarillas), seguidamente se cultivaron 5 fragmentos por cada 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 y se monitorearon diariamente el crecimiento fúngico. Las cepas se agruparon según sus características morfológicas como textura, color, forma y crecimiento del micelio (Aguilar-Ancota et al., 2021; Barnett & Hunter, 1998; Batallas Fonseca, 2015; Hanlin, 2001; Maharachchikumbura et al., 2011; Tomalo Guanoluisa, 2015). Posteriormente, se purificaron los aislamientos mediante un segundo cultivo en PDA (aislamiento monosporico). Luego, las cepas puras se conservaron en tubos con medio inclinado a 4 °C. El procedimiento se replicó en las hojas de banano que no presentaron manchas foliares.



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

**Figure 1.** Geographic location of the Pampas de Hospital area where sanitary inspections were conducted for the collection of plant samples in May 2019, in Tumbes, Perú.

### 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 le agregó un buffer de lisis especialmente formulado para romper las paredes celulares y liberar el ADN genómico. Este buffer contenía 2 % de CTAB (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 por 40 minutos, y 1 % de  $\beta$ -mercaptoetanol, el cual ayuda a reducir los enlaces disulfuro. La preparación y ajuste del buffer se realizaron según un protocolo modificado de Karthikeyan et al. (2010).

### PCR dirigida a la región ITS

Empleando termocicladores de uso convencional se amplificaron 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  $\mu$ L con agua ultrapura, buffer 10X,  $MgCl_2$ , dNTPs, 0,36 pmol de cada cebador, 0,04 U/ $\mu$ L de

polimerasa y 2  $\mu$ L de ADN. El ciclo térmico consistió en una desnaturalización inicial a 94 °C por 4 minutos, 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 obtenidos fueron analizados 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  $\mu$ L del amplicón con 2  $\mu$ L de buffer de carga, y se utilizó un marcador de peso molecular de 100 pares de bases (pb) en un volumen de 2  $\mu$ L como referencia para estimar el tamaño de los fragmentos amplificadas. La corrida electroforética se llevó a cabo a 80 voltios (V) y 220 miliamperios (mA) durante 30 min. Finalmente, los resultados se observaron en un transiluminador bajo luz ultravioleta (UV), permitiendo 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 en volúmenes de 25  $\mu$ L utilizando la tecnología Sanger de doble cadena, llevada a cabo por la empresa MACROGEN (U.S.A). Las secuencias obtenidas fueron entregadas en formato de texto, las cuales se analizaron mediante el software Molecular Evolutionary Genetics Analysis versión 11 (MEGA v.11). Este análisis permitió generar secuencias consensuadas, eliminando errores y asegurando la calidad de los datos. Posteriormente, dichas secuencias fueron sometidas a una búsqueda de similitud en la base de datos del NCBI mediante la herramienta BLAST (Basic Local Alignment Search Tool), con el fin de 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. Los códigos de acceso de las especies disponibles en el banco de genes que mostraron similitud con la secuencia ITS analizada también se registraron en hojas de cálculo.

## **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 ilustran en la Figura 2. En el caso de las HCM, se observan manchas amarillas dispersas en forma de franjas paralelas a las venas. Además, se registran manchas marrones y amarillas en los márgenes y en el haz de las hojas (Figura 2 B y C). En contraste, las HSM se caracterizan por la ausencia de manchas tanto amarillas como marrones (Figura 2 A).

Las observaciones realizadas revelaron diferencias en las características morfológicas entre las cepas fúngicas analizadas. El micelio presentó variaciones en su textura, desde ramificado hasta algodonoso. En cuanto al color, se identificaron distintos tonos en el anverso, incluyendo blancos, grises y marrones (Cuadro 1). Estas variaciones morfológicas resultaron ser 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 la manifestación de manchas foliares en mayo del 2019, en Tumbes, Perú. 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. Flechas rojas señalan manchas marrones y flechas azules manchas amarillas.

**Figure 2.** *Musa acuminata* plant from the Pampas de Hospital are with and without leaf spots in May 2019, in Tumbes, Peru. 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. 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 *Lasiodiplodia*. En cuanto a las cepas CHCM7, CHCM8, CHCM9, CHCM10 y CHCM11, estas mostraron una morfología característica de *Cladosporium*. La cepa CHCM12 presentó una macroestructura alineada con las características de *Alternaria*. La cepa CHCM14 reveló macroestructuras asociadas con *Colletotrichum*.

En cuanto a las cepas CHSM4, CHSM5, CHSM6 y CHSM8, aisladas de hojas de *Musa acuminata* sin manchas foliares, las macroestructuras observadas corresponden a los géneros *Hannaella*, *Clonostachys*, *Diplodia* y *Spegazzinia*. Asimismo, es importante señalar que, a nivel de género, los hongos *Fusarium*, *Nogrospora*, *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) en el presente estudio.

## Identificación molecular de los aislamientos

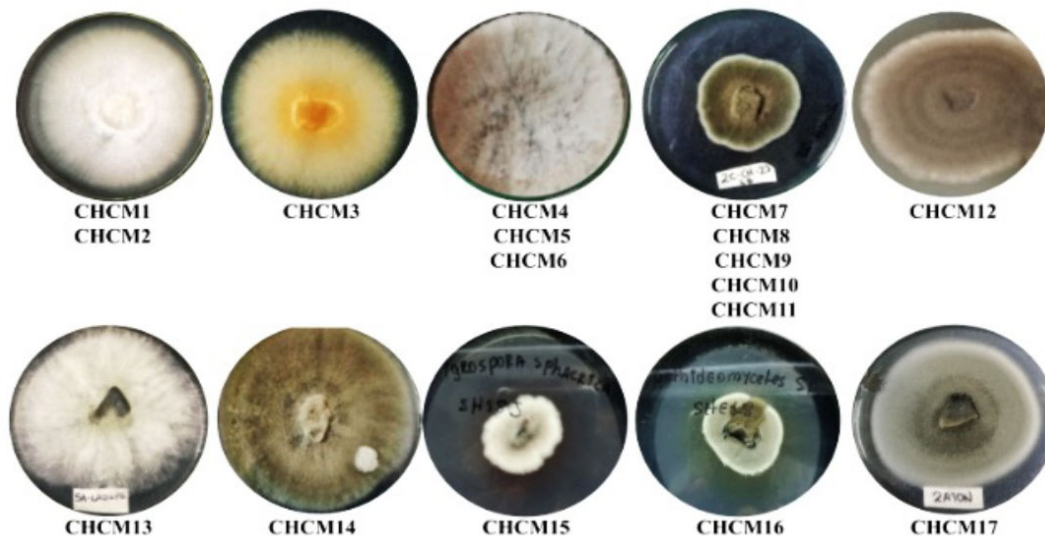
El análisis molecular de los hongos aislados de hojas con y sin manchas evidenció una diversidad microbiana considerable, respaldada por los porcentajes de cobertura e identidad obtenidos (Cuadro 2). En hojas con manchas se identificaron once especies entre diecisiete cepas, destacándose *Fusarium* spp. y *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 de ocho cepas aisladas, con una distribución equitativa (12,5 % cada una). 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.

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

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

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	Micelio superficial ramificado, septado, de color marrón.
CHCM5	
CHCM6	
CHCM7	Micelio superficial rugoso con textura algodonosa, septado, de color translúcido al inicio que oscureció 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 cambio 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:** Cepa hongo con manchas. **CHSM:** Cepa hongo sin manchas. / **CHCM:** Spotted fungus strain. **CHSM:** Non-spotted fungus strain.



**Figura 3.** Aislamientos fúngicos de plantas de *Musa acuminata* con manchas foliares de la localidad de Pampas de hospital en mayo del 2019, en Tumbes, Perú.

**Figure 3.** Fungal isolations from *Musa acuminata* plants with leaf spots from Pampas de Hospital area in mayo 2019, in Tumbes, Peru.



**Figura 4.** Aislamientos fúngicos de plantas de *Musa acuminata* sin manchas foliares de la localidad de Pampas de Hospital en mayo del 2019, en Tumbes, Perú.

**Figure 4.** Fungal isolations from *Musa acuminata* plants without leaf spots from Pampas de Hospital area in mayo 2019, in Tumbes, Peru.

**Cuadro 2.** Identificación molecular de los aislamientos fúngicos de *Musa acuminata* con y sin manchas foliares de la localidad de Pampas de Hospital, Perú, en mayo del 2019.

**Table 2.** Molecular identification of fungal isolations *Musa acuminata* isolates with and without spots from the Pampas de Hospital, Peru, in mayo 2019.

Hoja con manchas				
Cepa	Hongo	Cobertura (%)	Identidad (%)	N.º 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>Dothideomyces</i> spp.	100	97	KR709082.1
CHCM17	<i>Phaeosphaeriopsis musae</i>	100	99	KU529845.1
Hojas sin manchas				
Cepa	Hongo	Cobertura (%)	Identidad (%)	N.º 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:** Cepa hongo con manchas. **CHSM:** Cepa hongo 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:** Spotted fungus strain. **CHSM:** Non-spotted fungus strain. **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* (Carrier et al., 2002). También se han identificado otras especies como *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium equiseti* y *Nigrospora oryzae* (Abredrano Campana, 2017). La diversidad microbiana aumenta en etapas avanzadas de infección, siendo más limitada en fases iniciales (Zhang et al., 2019). En cultivos convencionales, *Pseudocercospora fijiensis* altera significativamente la comunidad microbiana (Paladines-Montero et al., 2022), mientras que en sistemas orgánicos se observa menor diversidad (Zapata-Ramón et al., 2022). Estos hallazgos sugieren que factores como el manejo agrícola y la condición sanitaria del tejido foliar influyen en la presencia y diversidad de hongos.

En análisis de los resultados respecto a las manchas foliares que se hallaron en las hojas del banano *Musa acuminata* sugiere la manifestación de síntomas causados por la infección de 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 ser atribuido a distintas especies de hongos entre los que destacan aquellos 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., dado que se ha encontrado asociado a lesiones inicialmente pequeñas y de tonalidad amarilla en el envés de las hojas, las cuales evolucionan hacia una coloración rojiza o marrón oxidado, adoptando una disposición en franjas paralelas a las nervaduras (Regalado 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* (Farr et al., 1988; Ellis, 1971).

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* (Picos-Muñoz et al., 2015; Phillips et al., 2013), *Cladosporium*, *Alternaria* (Mello et al., 2001; Mostacero Gonzáles, 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* (Phillips et al., 2005; Bhat et al., 2023) y *Spegazzinia* (Mena-Portales, 2017), además de géneros previamente detectados en hojas con manchas como *Nigrospora* y *Cladosporium*. 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, aunque podrían existir diferencias en su frecuencia o nivel de patogenicidad, razón por la cual existe 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, donde causa enfermedades que afectan la calidad y el rendimiento (Nam et al., 2015; Mengal et al., 2020; Zhu 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 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 et al., 2024). En banano, *Cladosporium musae* es conocido por causar el moteado foliar, generando manchas marrones que coalescen sobre la superficie foliar (Bensch et al., 2012; Surridge et al., 2003). De interés actual es la cepa C24G de *C. cladosporioides*, con potencial para controlar enfermedades e inducir defensas en arroz (Chaibub et al., 2025). En este sentido, su detección en hojas de banano, con o sin síntomas, podría atribuirse a 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, enfermedad que afecta el xilema, alterando el correcto transporte de agua y nutrientes, lo cual 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* que pueden hallarse en tejido enfermo de banano son *Fusarium incarnatum*, *Fusarium verticillioides*, *Fusarium sacchari*, *Fusarium proliferatum* y *Fusarium solani* (Kamel et al., 2016). En cultivos de banano bajo manejo convencional, este género figura entre los más prevalentes (Souza Jr. et al., 2018). Particularmente, *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense (Foc) es reconocido como el patógeno de mayor importancia. 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., 2018; 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*, *Lasioidiplodia*, *Cochliobolus*) y saprofitos (*Penicillium*, *Aspergillus*) (Rangel et al., 2022; Zakaria & Aziz, 2018). Por tanto, los resultados con respecto a la presencia de *Nigrospora* pueden ser interpretados 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 frecuencia baja de *Alternaria*, mientras que *Penicillium* y *Aspergillus* presentaron mayores índices de prevalencia en hojas de *Musa* spp. (Cao et al., 2002). Estos resultados difieren de lo señalado por Rangel et al. (2022), quienes han informado 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 considerados 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, permitieron reconocer diversas especies, algunas fitopatógenas y otras no. Se infiere que *Musa acuminata* (IC2) hospeda especies fúngicas simbióticas, ya que estas se detectaron en ambos tipos de hojas. *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 apoyo en el acceso a sus instalaciones y equipos de biotecnología molecular para la ejecución de este estudio.

## Conflicto de intereses

Los autores no presentan conflictos de intereses.

## Referencias

- 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-Ancocota, R., Arévalo-Quinde, C. G., Morales-Pizarro, A., & Galecio-Julca, M. (2021). Fungi associated with necrosis of vascular bundles in organic banana crop: Symptoms, isolation and identification, and integrated management alternatives. *Scientia Agropecuaria*, 12(2), 249-256. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.028>
- Atsen, D. M. M., Okechalu, B. O., & 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>
- 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>
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi* (4<sup>th</sup> ed.). Burgess Publishing Co.
- 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, Article 15682. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-42534>
- Bensch, K., Braun, U., Groenewald, J. Z., & Crous, P. W. (2012). El género *Cladosporium*. *Studies in Micology*, 72(1), 1-401. <https://doi.org/10.3114/sim0003>
- Buddie, A. G., Martínez-Culebras, P., Bridge, P. D., García, M. D., Querol, A., Cannon, P. F., & Monte, E. (1999). *Caracterización molecular de cepas de Colletotrichum derivadas de fresa*. [Tesis de doctorado, Universidad de Valencia]. Repositorio digital Roderic. <https://roderic.uv.es/items/16af090e-75c9-40e4-9199-3514a8c21187>
- 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>
- 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.
- 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>
- Carvalho, L. C., Henderson, J., Rincon-Florez, V. A., O'Dwyer, C., Czulowski, E., & Aitken, A. B., Drenth, A. (2019). Molecular diagnostics of banana *Fusarium* wilt targeting secreted-in-xylem genes. *Frontiers in Plant Science*, 10, Article 547. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00547>
- Chaibub, A. A., Gundim, J. A. B., de Araújo, L. G., & de Filippi, M. C. 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>

- 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. et al. (2022). Genera of phytopathogenic fungi: GOPHY 4. *Studies in Mycology*, 101(1), Article 417. <https://doi.org/10.3114/sim.2022.101.06>
- Crous, P. W., Schroers, H. J., Groenewald, J. Z., Braun, U., & Schubert, K. (2006). *Metulocladosporiella* gen. nov. for the causal organism of *Cladosporium* speckle disease of banana. *Mycological Research*, 110(3), 264-275. <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2005.10.003>
- Deltour, P., Franc, S. C., Heyman, L., Pereira, O. L., & Höfte, M. (2018). 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). Caracterización de aislamientos de *Colletotrichum gloeosporioides* de frutos de aguacate y almendra mediante pruebas moleculares y de patogenicidad. *Applied Environment 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. <http://dx.doi.org/10.15517/rac.v46i2.52043>
- Guzhñay, E. (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.ualdas.edu.co/index.php/lunazul/article/view/1210>
- Hanlin, R. T. (2001). *Combined keys to illustrated genera of Ascomycetes 1 and 2* (5<sup>th</sup> printing). APS Press.
- Henao, S. Z., Vasquez, M. C. H., Hoyos, L. F. P., Torres, J. D. S., & Hoyos-Carvajal, L. M. (2019). Fungal endophytes in bananas cv. Manzano affected by *Fusarium*. *African Journal of Agricultural Research*, 14(7), 430-438. <https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13736>

- Kamel, M. A. M., Cortesi, P., & Saracchi, M. (2016). Etiological agents of crown rot of organic bananas in the Dominican Republic. *Postharvest Biology and Technology*, 120, 112-120. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.06.002>
- Karthikeyan, V., Patharajan, S., Palani, P., & Spadaro, D. (2010). Modified simple protocol for efficient fungal DNA extraction highly. *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), Article 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., León, M. D., Mendoza Rendón, R., Saavedra-Rios, C. Y., Vilchez Estrada, K. N., Peña Zarate, M. C., & 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>
- Mamani, L. Q., & Magne, H. N. M. (2024). Análisis técnico y económico de los sistemas agroforestales (SAFs) 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>
- Marcano, I. E., Díaz-Alcántara, C. A., Pujols, Á. R. P., Alcalá, Á. F. V., & Ramos, P. A. N. (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), 7-15. <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). (2020). Genome ancestry mosaics reveal multiple and cryptic contributors to cultivated banana. *Plant Journal*, 102(5), 1008–1025. <https://doi.org/10.1111/tj.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. *Plant Journal*, 113(4), 802–818. <https://doi.org/10.1111/tj.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., & Maria, G. (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). Eficacia de diferentes fungicidas, extractos botánicos y agentes de biocontrol contra *Cladosporium cladosporioides*, el agente causal de la podredumbre por *Cladosporium* en las uvas. *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. <http://dx.doi.org/10.57188/manglar.2025.024>
- Mostacero Gonzáles, 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 digital de la Universidad de Cajamarca. [http://190.116.36.86/bitstream/handle/20.500.14074/3168/T016\\_32766161\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://190.116.36.86/bitstream/handle/20.500.14074/3168/T016_32766161_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Nicoletti, R., Ruso, E., & Becchimanzi, A. (2024). *Cladosporium*—Insect Relationships. *Journal of Fungi*, 10(1), Article 78. <https://doi.org/10.3390/jof10010078>
- Nam, M. H., Park, M. S., Kim, H. S., Kim, T. I., & Kim, H. G. (2015). *Cladosporium cladosporioides* y *C. tenuissimum* causan el tizón de la flor en la fresa en Corea. *Mycobiology*, 43, 354–359. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2015.43.3.354>
- Paladines-Montero, A., Zapata, C., Ramírez-Villacís, D. X., & León-Reyes, A. (2022). Estudio preliminar de la microbiota foliar de banano y su variación en presencia del patógeno Sigatoka Negra (*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>
- Rangel, J. C. S., Morán, F. F. C., Márquez, R. L., Padilla, A. M. B., & Zermeño, M. A. A. (2022). Riqueza foliar de hongos endófitos cultivables aislados de plantas de banano (*Musa spp.*) con manejo orgánico. *Bioteconología y Sustentabilidad*, 7(1), 1-13. <https://doi.org/10.57737/bioteconologiaysust.v7i1.1394>
- Regalado, J. G., Plaza, A. M., & Sánchez, C. P. (2019). Amenazas de las manchas foliares de Sigatoka, *Mycosphaerella* spp., en la producción sostenible de banano en el Ecuador. *Revista Verde de Agroecología e Desarrollo Sustentável*, 14(5), 591-596. <https://doi.org/10.18378/rvads.v14i5.6623>
- 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>
- Saraswathi, M., 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(3), 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). Hibridación, ancestros silvestres desaparecidos y domesticación de plátanos diploides cultivados. *Frontiers in Plant Science*, 13, Article 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. *Plant Microbiology*, 15(2), Article e02533-23. <https://doi.org/10.1128/mbio.02533-23>
- Souza Jr., C. A., Marcon, J., Andrade, P. A. M., Silva, J. A., Faraldo, M. I. F., Verdi, M. C. O., Melo, F. 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 Guanoluísa, 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>
- 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>
- Ustate, L. M. T., Gambasica, N. V. P., & Martínez, M. L. C. (2024). Role of precision agriculture in mitigating black Sigatoka in banana cultivation under climate change: A review and bibliometric analysis. *TecnoLógicas*, 61, Article 3158. <https://doi.org/10.22430/22565337.3158>
- 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, Article 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). Análisis dinámico de la comunidad fúngica y el metaboloma asociado con enfermedades poscosecha en cáscara de banano en condiciones naturales. *Postharvest Biology and Technology*, 222, Article 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://doi.org/10.21315/tlsr2018.29.2.8>
- Zapata-Ramón, C. G., Paladines-Montero, A., León-Reyes, A., & Ramírez-Villacís, D. X. (2022). Caracterización del microbioma de plantas de banano (*Musa × paradisiaca* L.) bajo sistemas de producción orgánica y convencional. *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), Article 2330. <https://doi.org/10.3390/agronomy14102330>
- Zhu, M., Zhang, W., Duan, X., Yan, S., Cai, Y., Gong, S., Fahad, S., & Qiu, Z. (2024). Potencial de biocontrol de *Cladosporium sphaerospermum* contra el hongo del mildiú polvoroso del trigo *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*. *Desinfección de Plantas*, 108(10), 2983-2988. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-24-0433-SC>

Manuscrito aceptado