

IDENTIFICACIÓN MORFOLÓGICA Y MOLECULAR DE POTENCIALES HONGOS NEMATÓFAGOS EN FINCAS BANANERAS DE LA REGIÓN HUETAR ATLÁNTICA DE COSTA RICA*

Berlioth Ugalde-Monge¹, Roy Artavia-Carmona², Irena Hilje-Rodríguez³, Walter Peraza-Padilla^{4/**}

Palabras clave: control biológico; *Musa* AAA; nematodo barrenador; taxonomía; identificación.

Keywords: biological control; *Musa* AAA; burrowing nematode; taxonomy; identification.

Recibido: 20/05/24

Aceptado: 22/07/24

RESUMEN

Introducción. La producción de banano es una de las actividades económicas más significativas para el país. Sin embargo, enfrenta serios desafíos debido a la presencia de diversos patógenos, entre los más significativos se encuentran los nematodos fitoparásitos que afectan el rendimiento y la calidad del cultivo. El uso de hongos nematófagos (HN) para el control biológico de nematodos es una alternativa para reducir la aplicación de productos químicos en cultivos agrícolas. En Costa Rica existe gran variedad de hongos debido a la diversidad de los suelos, por lo que el aislamiento y la correcta identificación de estos hongos es crucial para determinar su potencial antagonista. **Objetivo.** Aislar e identificar potenciales hongos nematófagos (PHN) presentes en muestras de suelo de plantaciones

de banano de la región Huetar Atlántica. **Materiales y métodos.** Se analizaron seis muestras de suelo provenientes de cinco cantones de la región Huetar Atlántica de Costa Rica mediante el método de espolvoreado en placas con agar-agua en búsqueda de PHN. Para la selección y purificación de los PHN se utilizaron placas Petri con papa dextrosa agar (PDA), identificando las estructuras morfológicas para el diagnóstico a nivel de género. Los hongos identificados morfológicamente se replicaron y se conservaron en viales con PDA y en aceite mineral a 4°C. Se extrajo ADN de los PHN y mediante amplificación por PCR (Reacción de Cadena de la Polimerasa) y secuenciación de diferentes regiones del genoma (ITS, tef 1-alfa, rpb2 y β -tubulina), se identificaron molecularmente. **Resultados.** Se aislaron e identificaron doce hongos, entre ellos *Trichoderma asperellum*, *Penicillium steckii*,


* Este artículo científico formó parte de los resultados del trabajo final de graduación de Licenciatura en Agronomía del primer autor. Universidad Nacional (UNA). Costa Rica.

** Autor para correspondencia. Correo electrónico: walter.peraza.padilla@una.cr


1 Servicio Fitosanitario del Estado (SFE), San José, Costa Rica.

 0000-0002-7481-7561.


2 Universidad Nacional, Laboratorio de Nematología, Heredia, Costa Rica.

 0000-0003-0906-5444.

3 Universidad Nacional, Laboratorio de Biología Molecular, Heredia, Costa Rica.

 0009-0002-7616-8646.

4 Universidad Nacional, Laboratorio de Nematología, Heredia, Costa Rica.

 0000-0003-4651-5555.

Purpureocillium lilacinum, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium* sp., *Fusarium pseudocircinatum*, y *Talaromyces* sp. **Conclusión.** El descubrimiento e identificación correcta de PHN subraya la importancia de investigar su aplicación en programas de manejo integrado de plagas, así como la necesidad de evaluar su eficacia y seguridad en diferentes condiciones agroecológicas para maximizar su impacto positivo en la agricultura.

ABSTRACT

Isolation and identification of potential nematophagous fungi in banana farms from the Huetar Atlantic Region of Costa Rica.

Introduction. Banana production is one of the most significant economic activities for the country. However, it faces serious challenges due to the presence of various pathogens, among the most significant are plant-parasitic nematodes that affect crop yield and quality. The use of nematophagous fungi (NF) for biological control of nematodes is an alternative to reduce the application of synthetic chemicals in agricultural crops. In Costa Rica there is a great variety of fungi due to the diversity of soils. Therefore, the isolation and correct identification of these fungi is crucial to determine their antagonistic

potential. **Objective.** To isolate and identify the potential nematophagous fungi (PNF) present in soil samples from banana plantations at the Huetar Atlantic region. **Materials and methods.** Six soil samples from the Huetar Atlantic region of Costa Rica were analyzed by the agar-water sprinkling plates method in search of PNF. For PNF selection and purification, Petri dishes with potato dextrose agar (PDA) were used, identifying morphological structures for diagnosis at genus level. Morphologically identified fungi were replicated and preserved in vials with PDA and in mineral oil at 4°C. DNA was extracted from the isolated PNF and through PCR amplification (Polymerase Chain Reaction) and sequencing of different regions of the genome (ITS, tef 1-alpha, rpb2 and β -tubulin), they were molecularly identified. **Results.** Twelve fungi were isolated and identified, including *Trichoderma asperellum*, *Penicillium steckii*, *Purpureocillium lilacinum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium* sp., *Fusarium pseudocircinatum*, and *Talaromyces* sp. **Conclusion.** The correct discovery and identification of PNF underscores the importance of investigating its application in integrated pest management programs, as well as the need to evaluate its efficacy and safety under different agroecological conditions to maximize its positive impact on agriculture.

INTRODUCCIÓN

En Costa Rica, hay 43 444 hectáreas destinadas al cultivo de banano, distribuidas en 153 fincas. Los cantones de Matina, Siquirres y Pococí son los que poseen la mayor cantidad de área sembrada, representando el 26, 19 y 17% respectivamente (MAG 2022). Durante el 2019, la producción de banano destinada a la exportación alcanzó 121 millones de cajas, cada una con un peso promedio de 18,14 kg. Este desempeño representó un ingreso de divisas que superó los USD 1004,5 millones en el país (PRO-COMER 2020). Además, el sector bananero tuvo un impacto significativo en el empleo, ya que

proporcionó trabajo directo a unas 43 000 personas y generó de forma indirecta cerca de 100 000 empleos adicionales (Rojas-Contreras 2021).

Al igual que cualquier sistema productivo, las plantaciones de banano a nivel global enfrentan desafíos asociados con enfermedades y plagas, dado que los nematodos fitoparásitos (NF) son uno de los problemas más significativos. La infestación por nematodos puede causar daños de consideración en las raíces y los cormos de las plantas, lo que conduce a una reducción en el crecimiento y desarrollo de la planta. Este impacto afecta la calidad y la cantidad de frutos (Morales-García 2014, Robinson *et al.* 1999).

Entre los NF que afectan la producción de banano, *Radopholus similis* se destaca como la especie más perjudicial a nivel mundial (EPPO 2008). Esta plaga es especialmente problemática en plantaciones comerciales del subgrupo Cavendish ubicadas en regiones tropicales y subtropicales (Cañizares-Monteros 2003). En algunos países, la ocurrencia de nematodos ha causado reducciones de hasta el 50% en el rendimiento, lo que resulta en pérdidas económicas significativas para los pequeños productores (Valencia-Serna *et al.* 2014).

La estrategia más común para controlar NF en plantaciones de banano es mediante el uso de productos químicos como carbamatos y organofosforados (Gómez *et al.* 2008). Sin embargo, debido a la búsqueda de alternativas más sostenibles desde el punto de vista ambiental y económico para el manejo integrado de plagas, la investigación se ha centrado en explorar el potencial de diferentes microorganismos para el biocontrol. Este enfoque busca mejorar la eficiencia en el uso de los recursos, disminuir la dependencia de productos químicos sintéticos y reducir el impacto ambiental (Morales-García 2014, Vargas *et al.* 2017, Cedeño-Franco 2017). En este contexto, el uso de hongos como herramienta de manejo de plagas mediante el desarrollo de bioplaguicidas se ha convertido en una alternativa cada vez más empleada.

Se han identificado más de 700 especies de hongos nematófagos (HN) para el control biológico, entre las cuales existen algunos entomopatógenos eficaces en el control de una amplia variedad de insectos plaga, así como hongos que controlan otros hongos (Espinell-Correal *et al.* 2018). Los hongos nematófagos según su estrategia de captura, se clasifican en endoparásitos y depredadores (Cole y Kendrick 1981). Los hongos endoparásitos forman estructuras adhesivas o de ingestión (conidios adhesivos o ingeribles) que pueden infectar a los nematodos, o bien, parasitar huevos formando un apresorio (Barrón 1977 y Peraza-Padilla *et al.* 2011). En cambio, los hongos depredadores, producen una red de hifas extensa en el sitio donde se encuentran, las cuales pueden ser muy simples, como hifas

adhesivas septadas, o complejas, como redes adhesivas ramificadas, botones adhesivos, anillos constrictores y no constrictores (Lazcano-Torres *et al.* 2015).

La evidencia científica respalda la eficacia de la diversidad y el uso de hongos como agentes de control biológico de plagas (Acuña-Segura y Brenes-Madriz 2020). Varias especies de *Arthrobotrys* como *A. musiformis*, *A. oligospora*, *A. robusta*, *A. superba* y *A. oviformis* han sido utilizadas de forma exitosa en el control de parásitos de rumiantes (Rodríguez-Labastida 2019). Además, se ha documentado que otros hongos resultan altamente efectivos en el combate de NF. Especies como *Verticillium chlamyosporium*, *Trichoderma* spp., *Purpureocillium* spp., *F. oxysporum* y *Monacrosporium* spp., han demostrado su eficacia contra *Meloidogyne javanica* (Fernández-Jiménez *et al.* 2019, Quevedo *et al.* 2022).

Si bien diversos microorganismos del suelo pueden ser considerados como controladores biológicos, los géneros *Trichoderma* y *Fusarium* destacan como los hongos endofíticos más abundantes en los tejidos internos de raíces de banano (Álvarez-Ortega y Gutiérrez-Miranda 2022). Estos hongos han demostrado potencial como antagonistas de nematodos, ya que han logrado reducciones de hasta el 90% en poblaciones de *R. similis* en las raíces de plantas de banano que han sido protegidas con estos hongos (Chaves-Méndez 2007).

En un estudio llevado a cabo por Ali *et al.* (2022) se comprobó el potencial nematicida de varias especies de *Trichoderma*, donde la más efectiva fue *T. harzianum*. Esta especie demostró un efecto ovicida y larvicida significativo, alcanzando un 100% de eficacia contra huevos y larvas de segundo estadio (J₂s) del nematodo *Meloidogyne incognita*.

Además, existen algunos aislamientos de *Fusarium* que son endofitos de plantas asintomáticas, como *Fusarium concentricum*, que puede producir sustancias promotoras de crecimiento vegetal y funciona como inductor de resistencia o tolerancia a diferentes fitopatógenos (Chinchilla-Salazar *et al.* 2020). Esta especie de hongo endofito se ha encontrado en musáceas, mostrando

actividad benéfica al inducir resistencia en las plantas. Estudios realizados en Uganda por Paparu *et al.* (2003) y Barrios (2006), observaron un incremento significativo en la biomasa de plantas de banano cultivadas en campo e inoculadas con esta especie de *Fusarium*.

De acuerdo con Silva-Valenzuela *et al.* (2020) la interacción entre *F. oxysporum*, plátano y *R. similis* permitió que los exudados radicales emanados por las plantas de plátano colonizadas con el hongo endófito redujeran el número de juveniles y adultos de *R. similis* hasta en un 50%, lo que mejoró la salud y el rendimiento del cultivo.

La eficacia de *Purpureocillium lilacinum* y en particular, su capacidad para incidir e infectar en las fases iniciales del desarrollo de huevos del nematodo agallador *M. enterolobii* fueron comprobadas por Silva *et al.* (2017). En dicha investigación, se observaron porcentajes de parasitismo que oscilaron entre un 57% y un 84% en comparación con los huevos no tratados.

Debido a su ubicación en una región tropical, Costa Rica alberga una amplia diversidad de

hongos en sus ecosistemas naturales y agrícolas. Esta riqueza fúngica le confiere un potencial significativo para aprovechar los hongos como una estrategia de control biológico (Varela-Benavides *et al.* 2017). Por lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo aislar e identificar potenciales hongos nematófagos presentes en muestras de suelo de plantaciones de banano de la Región Huetar Atlántica de Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de muestras de suelo

Se llevó a cabo una prospección de suelo en seis fincas comerciales y no comerciales de banano en los cantones de Limón, Guácimo, Pococí, Siquirres y Talamanca de la región Huetar Atlántica (Tabla 1). Se utilizó un muestreo al azar, con 25 submuestras en una hectárea por cada finca recolectadas a una profundidad de 0 a 25 cm.

Tabla 1. Características geográficas de los sitios de procedencia de las muestras de suelo analizadas. Región Huetar Atlántica, Costa Rica. 2021.

Cantón	Localización	Tipo de finca	Coordenadas	Zona de vida*	Altitud (msnm)
Limón	Cerere		9°70'82,69" N 82°99'43,65" O	bmh-T	11
Siquirres	El Carmen	Comercial	10°19'90,28" N 83°47'84,66" O	bmh-P	20
Guácimo	Duacaré N°2		10°34'42,15" N 83°62'93,68" O	bmh-P	37
	Tortuguero		10°29'44,23" N 83°37'08,56" O	bmh-T	16
Pococí	Lomas	No comercial	10°18'21,62" N 83°29'31,51" O	bmh-T	15
Talamanca	Bajo Coen		9°55'44,20" N 83°00'51,54" O	bh-T	94

*Según clasificación de Holdridge (Jiménez-Saa1982): bmh-T (Bosque muy Húmedo Tropical), bmh-P (Bosque Húmedo Premontano), bh-T (Bosque Húmedo Tropical).

El suelo se recolectó mediante una pala, evitando alterar la capa superficial de materia orgánica. Luego, se procedió a dividir el suelo en cuartos, hasta obtener una muestra de 1 kg, la cual fue depositada en bolsas de polietileno. Estas bolsas fueron debidamente identificadas con la fecha y ubicación de la recolección, así como las coordenadas geográficas correspondientes. Posteriormente, las muestras se transportaron en un recipiente herméticamente sellado, hasta el Laboratorio de Nematología de la Universidad Nacional para su procesamiento y análisis correspondiente.

Análisis de textura y pH de las muestras de suelo

Para llevar a cabo el análisis textural, se utilizó la metodología propuesta por Bouyoucos (Núñez-Solís 1996, Maldonado-Paucar 2016). Una vez calculados los porcentajes de partículas de arena, limo y arcilla, se utilizó el diagrama textural del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) para determinar la textura de cada muestra de suelo (Nesta-Silva y Rodrigues-Nunes 2014). En el caso de medición del pH se realizó según la metodología de López-Aguilar *et al.* (2002).

Aislamiento y purificación de PHN

Para el aislamiento y purificación de los hongos presentes en las muestras de suelo, se utilizó el método de “espolvoreado en placa” descrito por Barrón (1977) para el aislamiento de PHN. Esta técnica consistió en utilizar entre 0,5 a 1,0 g de suelo de cada muestra recolectada los cuales se colocaron en platos Petri de 9 cm de diámetro que contenían agar-agua (AA). Posteriormente, los platos se incubaron a temperatura ambiente (18-26°C) y con luz natural durante cinco días. Transcurrido ese tiempo, se inició la búsqueda de estructuras tales como hifas, conidios, esporas o nematodos parasitados.

Después de identificar la presencia de estas estructuras, se procedió al aislamiento individual de cada una de ellas. Para ello, se empleó

un pincel delgado con un cabello fino en su extremo. Cada estructura hallada fue transferida a placas Petri que contenían medio de cultivo (PDA-Papa Dextrosa Agar) y antibiótico [Tetraciclina al 0,1 % (p/v)] para evitar el crecimiento de bacterias y favorecer el crecimiento micelial (Sánchez-Miranda *et al.* 2021).

Después de una semana de crecimiento de las estructuras fúngicas mencionadas, se llevó a cabo la fase de purificación y replicación mediante tres repeticiones en platos Petri con PDA y antibiótico hasta obtener cultivos puros. Luego, mediante la técnica de cultivos monospóricos descrita por Nelson *et al.* (1994), se elaboró una suspensión de conidios de cada hongo en agua destilada estéril a baja concentración. Se extrajo 0,5 ml de esta suspensión y se incorporó a platos Petri con medio con agar-agua (AA), dispersando de manera uniforme mediante un triángulo de Drigalski. Se dejaron reposar los platos durante 24 horas. Pasado ese tiempo, se procedió a observar la germinación de los conidios bajo un estereoscopio. Una vez germinados, se transfirieron a cajas Petri que contenían medio PDA. Se establecieron tres repeticiones de cultivos monospóricos para cada aislamiento (Anama *et al.* 2021).

Finalmente se utilizó el “método de conservación en aceite mineral estéril” de Little y Gordon (1967) y adaptado por Deshmukh (2003). Este procedimiento consistió en la conservación de los hongos aislados después de su crecimiento en tres viales (repeticiones) de 25 ml, los cuales contenían PDA y aceite mineral. Estos viales se mantuvieron a una temperatura de 4°C, con la finalidad de disminuir la tasa metabólica de los hongos.

Identificación morfológica

Se llevó a cabo la preparación de un montaje para cada cepa, con el fin de caracterizar las estructuras responsables de la dispersión y supervivencia de los hongos aislados. El procedimiento de montaje incluyó el uso de una aguja de disección para realizar un raspado superficial de los hongos en los platos Petri, seguido por la

transferencia de estructuras a un portaobjetos. Este proceso se repitió para cada hongo aislado, lo que permitió facilitar la observación y el análisis detallado de estas estructuras.

Posteriormente, se añadió una gota de lactofenol azul como agente de contraste y se colocó un cubreobjetos sobre el montaje. Para la observación y captura de imágenes detalladas de las estructuras de los hongos aislados, se empleó un microscopio Nikon® Eclipse 80i con una ampliación de 100x, conectado a una cámara Nikon® DS-Fil. Además, se realizó un análisis comparativo de la morfología de cada hongo, recurriendo a las claves de identificación descritas por Cooke y Godfrey (1964) y Barnett y Hunter (1998).

También, se capturaron imágenes de los platos Petri mediante una cámara Canon® EOS Rebel T6 con el objetivo de identificar eventuales diferencias o similitudes en el crecimiento, color y forma de cada aislamiento. Finalmente, todas las fotografías obtenidas fueron editadas mediante el programa Adobe® Photoshop® CS6.

Extracción de ADN e identificación molecular

A partir de cultivos monospóricos de los hongos aislados se hizo extracción de ADN utilizando la metodología propuesta por Hoyos-Carvajal *et al.* (2008) con algunas modificaciones. Se verificó la calidad y la cantidad de los ADN's extraídos mediante electroforesis en geles de agarosa al 0,8% (p/v) teñidos con GelRed 1X y sometidos a luz UV. Para la identificación de los aislamientos se amplificaron diferentes regiones del genoma (ITS, factor de elongación de la transcripción 1-alfa y gen de la β -tubulina) mediante PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa). Cada reacción de PCR contenía un volumen total de 25 μ l distribuido en 7,25 μ l de agua ultrapura, 2,5 μ l de DreamTaq buffer 10X, 2,5 μ l de dNTPs, 2,5 μ l de cada imprimador (10 μ M), 0,25 μ l de enzima DreamTaq polimerasa y 7,25 μ l de ADN.

Para la identificación de los aislamientos del género *Trichoderma*, se amplificó parcialmente el factor de elongación de la traducción

(TEF1- α). Para ello se utilizaron los cebadores EF-728M (5'-CATYGAGAAGTTCGAGAA GG) y EF-2R (5'-GGARGT ACCAGTSATCATGTT) reportados previamente por Todd *et al.* (2019) y Umaña-Castro *et al.* (2019).

Para el género *Fusarium* se emplearon dos pares de cebadores, EF1F (5' ATGGGTAA-GGARGACAAGAC) y EF2R (5' GGARGTAC-CAGTSATCATGTT) que amplifican el TEF1- α junto con el ITS1 (5' TCC GTA GGT GAA CCT GCG G) e ITS4 (5' TCCTCCGCTTATTGATATGC) que amplifican los espaciadores internos transcritos del ADN ribosomal, según los protocolos propuestos por O'Donnell *et al.* (2008) y Hernández-Medina *et al.* (2015).

Para los hongos *Penicillium* sp. y *Talaromyces* sp., se utilizaron dos pares de cebadores, Bt2a (5' GGT AAC CAA ATC GGT GCT GCT TTC) y Bt2b (5' ACC CTC AGT GTA GTG ACC CTT GGC) que amplifican parcialmente el gen de la β -tubulina, a una temperatura de hibridación de 58°C, y frpb2-5F (5' GAY GAY MGW GAT CAY TTY GG) junto con frpb2-7CR (5' CCC ATR GCT TGY TTR CCC AT) que amplifican una región de la subunidad 2 de la ARN polimerasa, a una temperatura de hibridación de 57°C según lo propuesto por Liu *et al.* (1999).

En el caso de *Purpureocillium lilacinum* también se emplearon dos pares de cebadores, Bt2a/Bt2b e ITS4 (5'TCCTCCGCTTATTGATATGC)/ITS5 (5' GGAAGTAAAAGTCGTAA-CAAGG) reportados por Maldonado-Haro (2019) y Almaraz-Sánchez *et al.* (2012) bajo las mismas condiciones de termociclado anteriormente descritas para esos cebadores.

Los productos de PCR se evaluaron por medio de electroforesis en geles de agarosa Top-Vision al 1% teñidos con GelRed 1X y sometidos a luz UV. Posteriormente, se enviaron los productos de PCR obtenidos de todos los hongos aislados a la empresa MacroGen Inc. (Corea del Sur) para su purificación y secuenciación en ambas direcciones mediante el método Sanger (1977).

Una vez obtenidas las secuencias se construyeron secuencias consenso y se editaron utilizando el programa BioEdit Sequence Alignment

Editor versión 7.2.5, a partir de las dos hebras (forward y reverse) con respecto al electroferograma obtenido. Finalmente, se compararon las secuencias de ADN obtenidas con accesiones reportadas en el GenBank® por medio de la herramienta BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) del NCBI (National Center for Biotechnology Information) para la identificación de especies.

RESULTADOS

Identificación taxonómica y molecular de potenciales hongos nematófagos

Se logró aislar 12 especies de hongos a partir de las muestras suelo obtenidas de los cantones de Limón, Guácimo, Pococí, Siquirres y Talamanca.

Las especies de hongos identificadas fueron *Trichoderma asperellum*, *Fusarium oxysporum*, *F. pseudocircinatum*, *F. solani*, *Purpureocillium lilacinum*, *Penicillium steckii* y *Talaromyces* sp. (Tabla 2). El 50% de los aislamientos fueron del género *Fusarium*, 25% de *Trichoderma* y un 8,33% de cada uno de los géneros *Penicillium*, *Purpureocillium* y *Talaromyces*. De los hongos aislados, en la literatura se reporta a *T. asperellum*, *F. oxysporum*, *F. solani* y *P. lilacinum* como PHN. Cabe destacar que varias de estas especies podrían también desempeñar otras funciones en el suelo, incluyendo actividades fitopatógenas, lo que puede afectar tanto la salud del suelo como la de las plantas. Por lo tanto, es fundamental realizar evaluaciones de estas especies para entender su impacto en el ecosistema y si pueden ser consideradas en prácticas de manejo agrícolas.

Continúa...

Tabla 2. Identificación molecular de potenciales hongos nematófagos aislados de plantaciones comerciales y no comerciales de banano en la Región Huetar Atlántica.

Cantón	Código	Identificación*	Región del genoma amplificada	Accesión	País de referencia	Referencia
Limón	Fox1	<i>Fusarium oxysporum</i>	TEF1- α ITS	MN386726 MT560381	Malasia China	Kee <i>et al.</i> (2020) Wang 2020
	Trich1	<i>Trichoderma asperellum</i>	TEF1- α	MZ442656	Paraguay	Florentin 2022
	Trich2	<i>Trichoderma asperellum</i>	TEF1- α	MZ442656 GU198293	Paraguay Perú	Florentin 2022 Samuels <i>et al.</i> (2015)
Siquirres	Fox2	<i>Fusarium oxysporum</i>	TEF1- α ITS	MN386726 OR388100	Malasia México	Kee <i>et al.</i> (2020) Valencia-Yah <i>et al.</i> (2023)
	Fox4	<i>Fusarium oxysporum</i>	TEF1- α ITS	MN386726 DQ016213	Malasia Estados Unidos	Kee <i>et al.</i> (2020) Stewart <i>et al.</i> (2006)
Talamanca	Pli	<i>Purpureocillium lilacinum</i>	β -tubulina ITS	KY488512 GU980035	Brasil Tailandia	Amatuzzi <i>et al.</i> (2017) Ridkaew <i>et al.</i> (2012)
	Fps	<i>Fusarium pseudocircinatum</i>	TEF1- α	MT011003	Países Bajos	Yang <i>et al.</i> (2020)
Pococi	Trich3	<i>Trichoderma asperellum</i>	TEF1- α	MZ442656	Paraguay	Florentin 2022
	Fox3	<i>Fusarium oxysporum</i>	TEF1- α ITS	MN386726 KU939031	Malasia China	Kee <i>et al.</i> (2020) Wang <i>et al.</i> (2018)
	Pst	<i>Penicillium steckii</i>	rbp2 β -tubulina	KX650039 KY469196	Brasil Canadá	Cardoso <i>et al.</i> (2021) Visagie <i>et al.</i> (2020)
Güacimo	Tal	<i>Talaromyces sp.</i>	rbp2 β -tubulina	KX657522 MK951834	Estados Unidos Sudáfrica	Peterson y Jurjević 2017 Visagie y Houbraeken 2020
	Fsol	<i>Fusarium solani</i>	TEF1- α ITS	KF255484 FJ224382	Países Bajos Puerto Rico	Van Diepeningen <i>et al.</i> (2014) Estévez y Abad 2009

*Identificación obtenida utilizando la herramienta en línea BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) del NCBI (Centro Nacional de Información Biotecnológica).

Del total de especies aisladas en esta investigación, once fueron identificadas mediante el uso de distintas regiones del genoma (ITS, TEF1- α , rpb2 y β -tubulina, respectivamente). El único aislamiento que no se pudo identificar molecularmente a nivel de especie fue *Talaromyces* sp. (Tal).

A continuación, se realiza una descripción morfológica y molecular de cada uno de los hongos identificados.

Purpureocillium lilacinum

Se identificó el hongo *P. lilacinum* en la muestra de suelo recolectada en el cantón de Talamanca. A partir del quinto día de incubación, se observó la formación de micelio en la placa Petri. Dos días después, se observó un desarrollo micelial de 4 cm de diámetro, de color blanco, de consistencia algodonosa y rápida esporulación (Figura 1). En los días siguientes a la esporulación, el hongo adquirió una tonalidad lilácea con un crecimiento expandido.

Morfológicamente, se observó la presencia de fiálides abultadas en la base, las cuales se estrechaban hacia las puntas (Figura 1a). En estas estructuras, se observó la presencia de conidios unicelulares con forma globosa (Figura 1b). Los conidióforos de *P. lilacinum* eran erectos y agrupados formando ramificaciones. Estos conidióforos libres son llamados también verticilados debido a su disposición en verticilos (Figura 1c).

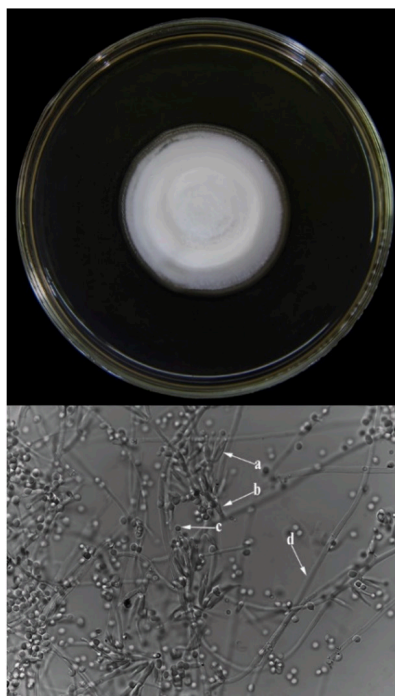


Figura 1. Estructuras de caracterización morfológica y microscópica del hongo *Purpureocillium lilacinum* en medio PDA, a. Fiálides, b. Conidióforos, c. Conidios y d. Hifas de *P. lilacinum* (Pli) de Talamanca.

Con base a las secuencias de ADN, *P. lilacinum* presentó un nivel de homología del 99,7% (303pb/304pb) de la secuencia parcial del gen de la β -tubulina y una cobertura de 100% con respecto a *P. lilacinum* (KY488512) reportado en Brasil. Además, este mismo aislamiento presentó 100% de homología (560pb/560pb) y cobertura de la región ITS de su ADN ribosomal con *P. lilacinum* (GU980035) reportado en Tailandia.

Trichoderma asperellum

Los aislamientos de *Trichoderma asperellum*, Trich1 y Trich2 se obtuvieron a partir de muestras de suelo del cantón de Limón, mientras que el aislamiento Trich3 se aisló de muestras de suelo del cantón de Pococí. Las

Figuras 2A, 2B, y 2C ilustran los aislamientos de *T. asperellum* obtenidos en las distintas localidades que se caracterizaron por presentar colonias con micelio plano y compacto.

Estas colonias exhibieron un crecimiento rápido, alcanzando diámetros de 6 a 8 cm en tan solo cinco días, y posteriormente cubrieron por completo la superficie de los medios de cultivo de 9 cm de diámetro.

Inicialmente, el hongo en el plato Petri mostró un color blanco que posteriormente fue adquiriendo una tonalidad verde con una esporulación generalizada. Las colonias presentaron de dos a tres anillos concéntricos bien definidos: uno blanco que correspondió al micelio y otros verdes que representaban los conidios. La pigmentación

de los aislamientos varió de una tonalidad verde claro a verde oscuro típico de este género.

Los resultados de las observaciones microscópicas de los aislamientos Trich1, Trich2 y Trich3 revelaron varios rasgos distintivos. Se observaron clamidosporas (Figura 2A.a) en abundancia con una forma globosa. También fiálides dispuestas en grupos de tres (Figura 2B.b) a lo largo del conidióforo el cual presentaba ramificaciones no muy abundantes (Figura 2B.a). Estas fiálides se caracterizaron por ser más anchas en el centro que en la base (Figura 2 A.b) y su ápice presentaba forma curva. Además, estas estructuras presentaban conidios de forma elipsoidal (Figura 2B.c) de coloración verde, dispuestos en grupos de 6.

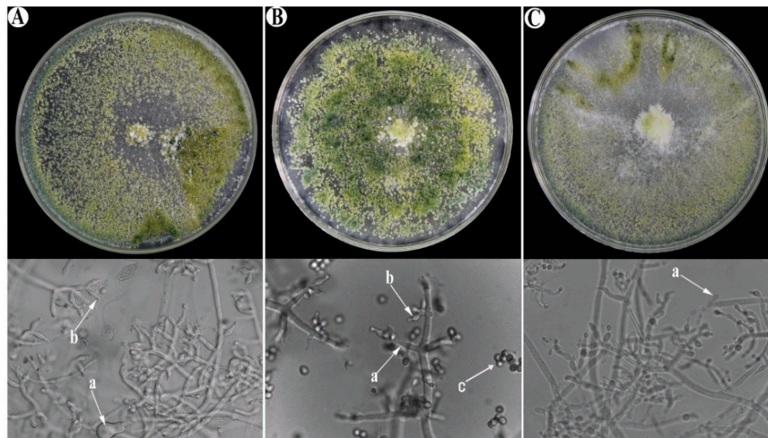


Figura 2. Estructuras de caracterización morfológica y microscópica de especies del hongo *Trichoderma* en medio PDA. A. a. Clamidosporas y b. Fiálides de *T. asperellum* (Trich3) de Pococí. B. a. Ramificaciones de conidióforos. b. Fiálides y c. Conidios of *T. asperellum* (Trich2) de Limón. C. a. Conidios de *T. asperellum* (Trich1) de Limón.

La secuencia de nucleótidos de los productos amplificados de la región *TEF1- α* de los aislamientos Trich1 y Trich3 presentaron 100% de cobertura y homología de secuencia, 550pb/550pb y 551pb/551pb respectivamente, con *T. asperellum* (MZ442656) reportado en

Paraguay, mientras que Trich2 mostró sólo 98,2% (546pb/556pb) de similitud con esa misma aceción. Adicionalmente, Trich2 también mostró 100% de similitud (532pb/532pb) con *T. asperellum* (GU198293) reportado en Perú (Tabla 2).

***Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*
y *Fusarium pseudocircinatum***

Los aislamientos de *F. oxysporum* (Fox1, Fox2, Fox3 y Fox4) se recolectaron de muestras de suelo provenientes de los cantones de Limón, Siquirres, Guácimo y Talamanca. De las muestras obtenidas de Pococí y Guácimo, se identificaron las especies *F. pseudocircinatum* (Fps) y *F. solani* (Fsol) respectivamente.

La especie *F. oxysporum* tuvo un desarrollo micelial algodonoso abundante, de coloración blanquecina los primeros días de crecimiento. Debido al desarrollo de los conidios, cambió a un tono morado (Figura 3).

Este hongo produjo macroconidios y microconidios. Los macroconidios eran hialinos y curvos (Figura 3a), mientras que los microconidios, la mayoría carecían de septos y presentaban una forma ovalada (Figura 3b).

La secuencia de nucleótidos de la región TEF1- α de los aislamientos Fox1, Fox2, Fox3 y Fox4 presentaron 100% de homología de secuencia (500pb/500pb, 654pb/654pb, 654pb/654pb y 661pb/661pb, respectivamente) y cobertura de 100% con *F. oxysporum* (MN386726) reportado en Malasia. Adicionalmente, el aislamiento Fox1 presentó 100% de cobertura y similitud (499pb/499pb) de la región ITS, con un aislamiento de *F. oxysporum* (MT560381) reportado en China, así como con otras accesiones del GenBank.



Figura 3. Estructuras de caracterización morfológica y microscópica del hongo *F. oxysporum* (Fox2) de Siquirres en medio PDA. A. Microconidios y b. Red de hifas.

El aislamiento Fox2 presentó 100% de cobertura y similitud (503pb/503pb) de la región ITS con *F. oxysporum* (OR388100) reportado en México mientras que la región ITS del aislamiento Fox3 presentó 99,81% de homología (539pb/545pb) con un aislamiento de *F. oxysporum* (KU939031) reportado en China. Además, el aislamiento Fox4 presentó 100% de homología de la región ITS con un aislamiento de *F. oxysporum* (DQ016213) reportado en Estados Unidos.

En el caso de *F. solani* (Fsol) procedente de muestras de suelo del cantón de Guácimo, mostró a partir del quinto día de incubación, abundante micelio aéreo, algodonoso y blanco con pigmentación en la base color rojizo (Figura 4).

Asimismo, presentó abundantes microconidios, unicelulares los cuales estaban ubicados en falsas cabezas (Figura 4a) a partir

de monofiálides alargadas sobre conidióforos (Figura 4b) no ramificados. Este aislamiento presentó homología de secuencia y cobertura del 100% (688pb/688pb) de la región TEF1- α con *F. solani* (KF255484) reportado en Los Países Bajos y 100% de homología de la región ITS con *F. solani* (FJ224382) reportado en Puerto Rico.

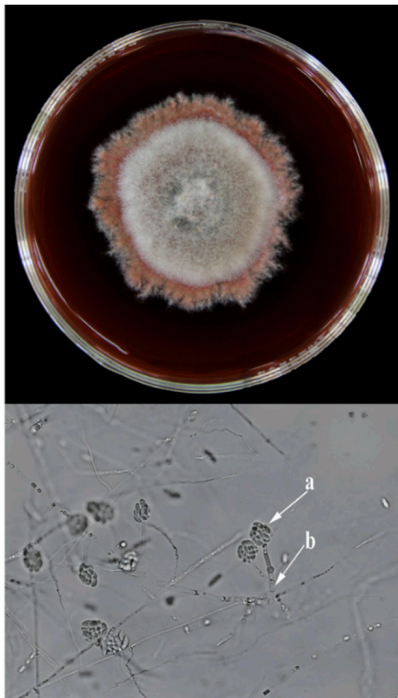


Figura 4. Estructuras de caracterización morfológica y microscópica del hongo *F. solani* (Fsol) de Guácimo en medio PDA. a. Microconidios y b. Conidióforos.

Las colonias de *F. pseudocircinatum* (Fps) provenientes de muestras de suelo de Pococí presentaron micelio algodonoso de color rosado que posteriormente se tornó de color morado principalmente en el centro de la colonia (Figura 5).



Figura 5. Estructuras de caracterización morfológica y microscópica de especies del hongo *F. pseudocircinatum* (Fps) de Pococí en medio PDA. a. Macroconidios. b. Microconidios y c. Hifas enrolladas.

Adicionalmente, este hongo presentó escasos macroconidios, alargados, delgados (Figura 5a) con célula apical puntiaguda. También mostró microconidios ovoides y sin septos (Figura 5b), con hifas en forma espiral enrolladas (Figura 5c), característica de gran relevancia taxonómica para la identificación de esta especie. El análisis de secuencias de la región TEF1- α de Fps mostró homología del 99,7% y 100% de cobertura (664pb/666pb) con diferentes secuencias de *F. pseudocircinatum*, entre ellas MT011003 y MN386745 reportadas en Los Países Bajos y Malasia, respectivamente.

Penicillium steckii

P. steckii (Pst) se aisló de muestras de suelo procedentes del cantón de Guácimo. Este hongo presentó un crecimiento circular de 4 cm y un micelio de color verde a turquesa con bordes blancos (Figura 6). En el lado inferior, la tonalidad fue de color crema. También se caracterizó por presentar conidióforos monoverticilados (Figura 6b) que formaban conidios esféricos en cadena, en una estructura ramificada similar a un pincel (Figura 6d). Además, se observaron tres estructuras llamadas métulas (Figura 6a), con células terminales llamadas fiálides (Figura 6c).

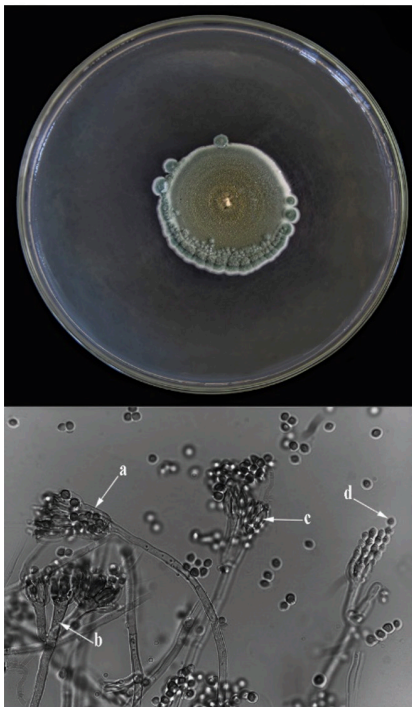


Figura 6. Estructuras de caracterización morfológica y microscópica del hongo *Penicillium steckii* (Pst) de Guácimo en medio PDA. a. y b. Métulas. c. Fiálides y d. Conidios.

Este hongo presentó homología de secuencia del 99,9% (911pb/912pb) de la región rpb2 con *P. steckii* (KX650039) reportado en Brasil,

mientras que la secuencia parcial del gen de la β -tubulina de este mismo aislamiento, presentó 100 % de homología (442pb/442pb) con *P. steckii* (KY469196) reportado en Canadá.

Talaromyces sp

Talaromyces sp. (Tal) se aisló de muestras de suelo procedentes del cantón de Guácimo. Este hongo mostró un diámetro de 3 cm a partir del quinto día de incubación, presentó un micelio de color blanco que posteriormente cambió a color amarillo (Figura 7) con una rápida esporulación en pocos días. Sus conidióforos eran largos y cilíndricos, relativamente estrechos (Figura 7c). Además, presentó fiálides unicelulares dispuestas en verticilos no ramificados (Figura 7b) a partir de las cuales se producen conidios de forma elipsoidal (Figura 7a).

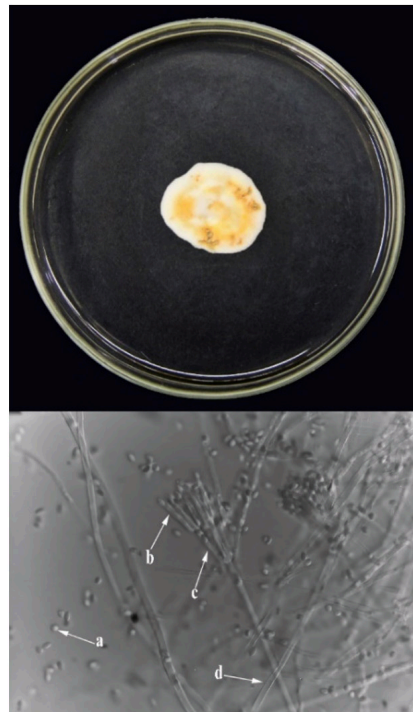


Figura 7. Estructuras de caracterización morfológica y microscópica del hongo *Talaromyces* sp. (Tal) de Guácimo en medio PDA. a. Conidios. b. Fiálides. c. Métulas y d. Red de hifas de *Talaromyces* sp.

La secuencia parcial del gen de la β -tubulina de *Talaromyces* sp. (Tal) mostró baja cobertura lo que resultó en una homología reducida, donde alcanzó un 96,74% (356pb/368pb) con valores similares a los reportados en Sudáfrica (MK951834) para este mismo hongo. Asimismo, la secuencia parcial del gen de la rpb2 de este mismo aislamiento presentó baja cobertura y homología del 93,97% (950 pb/1011pb), con *Talaromyces delawarensis* (KX657522) reportado en Estados Unidos, así como con otras especies de *Talaromyces*.

Relación de pH y textura con la presencia de los hongos nematófagos

Se analizaron seis muestras de suelo provenientes de cinco cantones de la región Huetar Atlántica de Costa Rica, donde se determinó la textura del suelo y los niveles de pH los cuales pueden tener alguna relación con la ocurrencia de PHN. Todas las localidades compartieron características similares en cuanto a la textura del suelo franco, con una mezcla equilibrada entre partículas de arena, limo y arcillas.

Se observó que tanto la localidad de Bajo Coen en el Cantón de Talamanca, como Lomas en el Cantón de Pococí, tienen texturas franco arenosas, es decir, existe presencia significativa de partículas de arena en la textura del suelo. Las demás localidades y cantones mostraron textura franco limosa (Cerere, Limón), franco arcillosa (Tortuguero, Pococí), franco arcillo limosa (El Carmen, Siquirres) y franca (Duacaré N°2, Guácimo). Con respecto a los valores de pH, estuvieron en el rango de 5,8 a 6,5 (Tabla 3).

Tabla 3. Características de suelos según valores de textura y pH de diferentes localidades de la Región Huetar Atlántica de Costa Rica. 2021.

Cantón	Localización	Textura	pH
Limón	Cerere	Franco limoso	6,20
Pococí	Tortuguero	Franco arcilloso	6,28
	Lomas	Franco arenoso	6,39
Siquirres	El Carmen	Franco arcillo limoso	5,84
Guácimo	Duacaré N° 2	Franco	6,51
Talamanca	Bajo Coen	Franco arenoso	5,98

DISCUSIÓN

En el proceso de caracterización molecular no se logró identificar *Talaromyces* a nivel de especie, ya que se obtuvo bajo porcentaje de cobertura y homología de las secuencias obtenidas (β -tubulina y rpb2) con las de las especies reportadas en el GenBank. Este inconveniente puede atribuirse a la escasa información disponible en la base de datos analizada respecto a este aislamiento. Además, es probable que las regiones amplificadas en este estudio no proporcionarían información específica de este hongo o bien, se trate de una nueva especie no reportada aún.

En lo que respecta a factores antagonistas de algunas especies de hongos identificadas en este estudio, como por ejemplo *Trichoderma*, se destaca por la producción de enzimas como quitinasas, gluconasas, proteasas y células, que tienen la capacidad nematocida y antagonista, demostrada en estudios llevados a cabo por Gezzin *et al.* (2020), y Lyubenova *et al.* (2023) y Mesa-Vanegas *et al.* (2019). Estas enzimas pueden inducir deformaciones y limitar la movilidad de los nematodos (Carranza-González 2014).

El hongo *Trichoderma* spp. sobresale como uno de los agentes de control biológico más efectivos y utilizados, principalmente por su habilidad micoparasítica (Chaves-García 2006). Esta capacidad radica en que logra adherirse al hospedero y envuelve sus hifas alrededor de él formando un apresorio; estructura con la que

logran penetrar las células hospederas y finalmente provoca colapso del hospedero (Todd *et al.* 2019). También presentan capacidad antagónica contra nematodos (Rojas-Villacorta *et al.* 2017, Moo-Koh 2018) debido a la producción de metabolitos secundarios (Rivera-Méndez *et al.* 2018).

Dentro del género *Fusarium* existen especies saprófitas que actúan como biocontroladores. Por ejemplo, *Fusarium solani* ha sido evaluado contra huevos y juveniles de *Nacobbus aberrans*, mostrando un parasitismo del 86% y 90%, respectivamente; sin causar patogenicidad en plantas de chile (*Capsicum annuum*) (Cortez-Hernández *et al.* 2019). Otra especie, *Fusarium oxysporum*, puede inducir resistencia sistémica en la planta hospedera contra diferentes nematodos (Manobanda-Duche 2022) y también estimular la producción de metabolitos que, al igual que *Trichoderma*, inhiben el desarrollo de nematodos fitoparásitos y fomentan la producción de compuestos de defensa en las plantas contra patógenos (Morales-García 2014, Cortez-Hernández *et al.* 2019).

Aunque *F. pseudocircinatum* se reporta en la literatura como un hongo fitopatógeno en varios cultivos, incluido el banano (Iñiguez-Moreno *et al.* 2022, Tarnowski *et al.* 2010), resulta crucial comprender su interacción en el suelo con la biodiversidad microbiana y la dinámica de los ecosistemas. Este hongo podría desempeñar un papel significativo en el ciclo de nutrientes y en las interacciones con otras especies de hongos, aspectos microbiológicos que aún no están investigados.

A pesar de que algunas especies de *Fusarium* actúen favorablemente, es fundamental reconocer que muchas de ellas también son patógenas y pueden causar daños significativos a los cultivos. Esta doble naturaleza, tanto beneficiosa como perjudicial, debe ser cuidadosamente considerada para evitar confusiones y malentendidos en la implementación de estrategias de control biológico.

Algunos hongos como *Trichoderma* y *Fusarium* tienen la capacidad de crear “biofilms” o biopelículas en las raíces, las cuales

son complejas comunidades creadas por una variedad de microorganismos, entre los cuales se incluyen hongos (Triveni *et al.* 2012). Estos hongos poseen la capacidad de establecer interacciones simbióticas con las plantas y de formar colonias microbianas. Estas interacciones beneficiosas pueden contribuir al control de patógenos y estimular el crecimiento de las plantas (Poveda-Arias 2018).

Las cinco localidades muestreadas en este estudio presentaron suelos de textura franca, lo cual promueve la retención y disponibilidad de nutrientes para diversos organismos edáficos, incluidos los hongos (Capcha-Ospina 2017, Jiménez-Zappa 2013). Además, el tipo de suelo influye en la composición y función de las especies de hongos, ya que la mayoría se desarrollan mejor en ambientes ácidos (Ferreri 2020). Sin embargo, algunos hongos como *Trichoderma* sp., *Fusarium* sp., *Rhizopus* sp. y *Penicillium* sp., se pueden encontrar en suelos de textura francoarenosa, franco arcillosa y arenosa lo cual podría estar asociado principalmente a su función antagónica en el suelo, que incluye la producción de metabolitos inhibitorios y competencia con patógenos (Macías-Echeverri *et al.* 2019). Las condiciones edáficas y de pH, están estrechamente relacionados con factores ambientales y la cantidad de materia orgánica, los cuales desempeñan un papel fundamental en la distribución y ocurrencia de HN (Gortari *et al.* 2007).

La presencia de los potenciales hongos nematófagos en este estudio, podría estar relacionada con la notable compatibilidad de estos organismos a suelos con pH ácido. Aunque algunas especies de *Trichoderma* tienen habilidad de crecer en suelos con un amplio rango de pH, desde 5,5 hasta 8,5 debido a su capacidad de adaptación, sus valores óptimos se sitúan entre 5,5-6,5, lo que sugiere una preferencia por ambientes ligeramente ácidos (Pozo-Enríquez 2020). Esta condición podría explicar la presencia de potenciales hongos nematófagos en condiciones de variabilidad de pH del suelo como los encontrados en este estudio.

En esta investigación, los valores de pH obtenidos concuerdan con el rango óptimo recomendado para el desarrollo de *Fusarium* spp., el cual se encuentra entre 3,8 a 5,0 (Pérez-Rivera 2014) es decir, con suelos ácidos. Asimismo, los resultados de textura del suelo se relacionan con los requeridos para la ocurrencia de estos hongos, en suelos de textura fina, franco y arenosa. No obstante, la mayoría de las especies de *Fusarium*, tienen la capacidad adaptarse a diversas condiciones agroambientales como un amplio rango de pH entre 2,0 a 9,0 y en ocasiones pH superiores, debido a que este factor no incide en su desarrollo micelial (López-Courrau *et al.* 2018). Esta situación podría también explicar la presencia de este hongo en las muestras de suelo con pH ácido en los cantones Limón, Siquirres, Guácimo y Talamanca.

Con respecto al hongo *P. lilacinum* el cual fue aislado de muestras de suelo del cantón de Talamanca el análisis de pH fue de 5,98. Este hongo presenta una gran tolerancia al pH, debido a que el pH óptimo para su desarrollo es de 2,0 a 10,0 (Manobanda-Duche 2022), por lo que puede adaptarse a diferentes condiciones de suelo.

CONCLUSIONES

Los hallazgos de este estudio proporcionan información valiosa sobre la diversidad y potencial de los hongos nematófagos en el control de plagas y enfermedades en cultivos de banano. Además, destaca la importancia de realizar análisis relacionados al desarrollo de estrategias efectivas para su identificación como las utilizadas en esta investigación y a la implementación y aplicación en programas de manejo integrado de plagas.

La identificación precisa de estos antagonistas mediante diversos criterios establece la base para que investigaciones futuras puedan explorar su potencial como agentes de control de nematodos fitoparásitos, no solo en cultivos de musáceas, sino también en otros sistemas productivos especialmente en países en desarrollo.

Según los resultados, se recomienda, amplificar y secuenciar otras regiones del genoma de

Talaromyces sp. y así obtener un estudio genético más completo y detallado que permita la identificación a nivel de especie ya que en las bases de datos de secuencias genéticas no existe suficiente información sobre este aislamiento.

Este estudio resalta la necesidad de realizar investigaciones adicionales sobre los potenciales HN en plantaciones de banano y otros cultivos en la región. Es fundamental llevar a cabo pruebas de patogenicidad para asegurar que algunos de los potenciales HN, no solo sean eficaces en la lucha contra los nematodos, sino que también sean seguros para las plantas hospedadoras. Las perspectivas futuras del uso de HN como agentes de control biológico son muy prometedoras, ya que cada vez se utilizan más en programas de manejo integrado de plagas, debido a la preocupación que existe por los efectos negativos que provocan los pesticidas sintéticos al medio ambiente y a la salud humana.

AGRADECIMIENTOS

Las personas autoras desean agradecer toda la ayuda brindada a los ingenieros agrónomos Steffany Orozco Cayasso y Jefferson Araúz Badilla.

LITERATURA CITADA

- Acuña-Segura, R; Brenes-Madriz, J. 2020. Evaluación en casa malla del efecto de cuatro productos biológicos para el combate de jobotos (*Phyllophaga* sp.). Revista Tecnología en Marcha 33(4):140-154. DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v33i4.4376>
- Ali, A; Eldeeb, A; Ramadan, M; El-Ashry, R. 2022. Nematicidal Effect of Three *Trichoderma* spp. on the Suitability of Tomato Plants for *Meloidogyne incognita* Reproduction. Egyptian Journal of Agronematology 21(2):59-78. DOI: 10.21608/EJAJ.2022.257669
- Almaraz-Sánchez, A; Alvarado-Rosales, D; Tlapal-Bolaños, B; David-Espinoza, V. 2012. Identificación de hongos antagonistas a *Phytophthora cinnamomi* Rands en bosques de encino del Arrayanal, Colima y Tecoaapa, Guerrero. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 18(3):341-355. DOI: <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2011.09.061>

- Álvarez-Ortega, V; Gutiérrez-Miranda, C. 2022. Uso de *Purpureocillium lilacinum*, *Trichoderma harzianum* y *Pimenta dioica* (L.) Merrill para control de nematodos en plátano (*Musa paradisiaca* L.), en el centro experimental El Plantel (en línea). Tesis Lic. Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 44 p. Consultado 12 ene. 2023. Disponible en <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4510>
- Amatuzzi, RF; Poitevin, CG; Poltronieri, AS; Zawadneak, MAC; Pimentel, IC. 2017. Entomopathogenic fungi as a biological control agent against *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae). Basic Pathology, Federal University of Parana State, Centro Politécnico, Curitiba, Parana 91531990. Brasil 10(1):18.
- Anama, Y; Díaz, R; Duarte, D; Lagos, T. 2021. Morphological and pathogenic characterization of *Fusarium oxysporum* in Lulo (*Solanum* spp.). Revista de Ciencias Agrícolas 38(1):20-37. DOI: <https://doi.org/10.22267/rcia.213801.142>
- Barnett, H; Hunter, B. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. The American Phytopathological Society. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington State University, Pullman. USA, St. Paul, Minnesota, APS Press. 218 p.
- Barrios, M. 2006. Estudio de hongos endofíticos como inductores de resistencia para el control de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en plátano. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 56 p.
- Barrón, GL. 1977. The nematode destroying fungi. Lancaster, Pennsylvania, USA, Lancaster Press, Inc. 140 p.
- Cañizares-Monteros, C. 2003. Estudio sobre poblaciones de hongos endofíticos provenientes de suelos supresivos al nematodo barrenador *R. similis* (Cobb) Thorne en plantaciones comerciales de plátano en la zona de Talamanca, Costa Rica (en línea). Tesis M.Sc. CATIE. Costa Rica. 87 p. Consultado 15 nov. 2022. Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5562>
- Capcha-Ospina, E. 2017. Eficiencia de hongos nematófagos en el control de *Meloidogyne exigua* Goeldi, en vivero de *Coffea arabica* L. variedad catimor (en línea). Tesis Lic. Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú. 105 p. Consultado 20 oct. 2023. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12894/4027>
- Cardoso, E; Ferreira, D; Moreira, G; Pfening, L; Rodrigues-Filho; Abreu, Lucas. 2021. MALDI-TOF mass spectrometry-based identification of Eurotiales from different substrates and locations in Brazil. Mycological Progress 20:539-548. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11557-021-01691-y>
- Carranza-González, G. 2014. Evaluación in vitro de la patogenicidad del hongo *Paecilomyces lilacinus* sobre el nemátodo *Pratylenchus* sp (en línea). Tesis Lic. Guatemala. Universidad Rafael Landívar. 54 p.
- Cedeño-Franco, MJ. 2017. Determinación de los costos del uso de nematocidas en el cultivo de banano en la hacienda Adriana Carolina, del cantón Valencia, provincia de Los Ríos (en línea). Tesis Bach. Ecuador, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 88 p. Consultado 15 dic. 2022. Disponible en <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3351>
- Chaves-García, MO. 2006. Producción de *Trichoderma* sp. y evaluación de su efecto en cultivo de crisantemo (*Dendranthema grandiflora*) (en línea). Tesis Lic. Pontificia Universidad Javeriana, Colombia. Repositorio Universidad Javeriana. s. p. Consultado 13 jul. 2023. Disponible en <https://repositorio.javeriana.edu.co/handle/10554/8312>
- Chaves-Méndez, NP. 2007. Utilización de bacterias y hongos endofíticos para el control biológico del nemátodo barrenador *Radopholus similis* (Cobb) Thorn (en línea). Tesis M.Sc. CATIE, Costa Rica. Repositorio del CATIE. s. p. Consultado 05 feb. 2024. Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5635>
- Chinchilla-Salazar, G; Blanco-Meneses, M; Castro-Zúñiga, Ó. 2020. Identificación molecular y morfológica de las especies de *Fusarium* spp., asociadas al cultivo de pimienta negra (*Piper nigrum*) en Sarapiquí y Guatuso en Costa Rica. Agronomía Costarricense 44(2):1-30. DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/rac.v44i2.43087>
- Cole, GT; Kendrick, B. 1981. Biology of Conidial Fungi, Volumen 1. Academic Press. EUA. 486 p.
- Cooke, R; Godfrey, B. 1964. A key to the nematode-destroying fungi. Transactions of the British Mycological Society 47(1):61-74. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(64\)80081-4](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(64)80081-4)
- Cortez-Hernández, MA; Rojas-Martínez, R; Pérez-Moreno, J; Ayala-Escobar, V; Silva-Valenzuela, M; Zavaleta-Mejía, E. 2019. Control biológico de *Nacobbus aberrans* mediante hongos antagonistas (en línea). Tesis M.Sc. Texoco, México. Institución de enseñanza e investigación en Ciencias Agrícolas. 53 p. Consultado 19 abr. 2023. Disponible en <http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/3189>
- Deshmukh, S. 2003. The Maintenance and Preservation of Keratinophilic Fungi and Related Dermatophytes. Mycoses 46:203-207, Alemania. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1439-0507.2003.00860.x>
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 2008. Diagnostics Report *Radopholus similis*. EPPO Bull. 38:374-378.

- Espinel-Correal; Torres-Torres, L; Villamizar-Rivero, L; Bustillo-Pardey, A; Zuluaga-Mogollón, I; Cotes-Prado, A. 2018. Hongos entomopatógenos en el control biológico de insectos plaga. COTES, AM Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros (en línea). Mosquera, Colombia: Agrosavia. Repositorio Agrosavia. s. p. Consultado 11 mar. 2023. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/329247684>
- Estévez, C; Abad, G. 2009. *Fusarium solani* species complex newly identified to cause root rot in hydroponically grown lettuce and cilantro in Puerto Rico. *Plant Pathology* 58(4):801-801.
- Fernández-Jiménez, M; Bulla-Castañeda, D; Sanabria-Villate, A; Pulido-Medellín, M. 2019. Implementación de hongos nematófagos para el control de parásitos gastrointestinales (en línea). *Pensamiento y Acción* (27):7-20. Consultado 23 oct. 2022. Disponible en https://revistas.upc.edu.co/index.php/pensamiento_accion/article/view/10201
- Ferreri, N. 2020. Caracterización de la microbiota de suelos salino-sódicos de cangrejales de la Reserva Campos del Tuyú Prov. de Buenos Aires: Su potencial como fuente de enzimas de interés biotecnológico. Tesis Ph.D. Argentina. Universidad Nacional de La Plata. 177 p. DOI: <https://doi.org/10.35537/10915/121954>
- Florentin, M. 2022. FLOR Biotecnología (en línea). Facultad de Ciencias Químicas, Mcal. López, San Lorenzo, Paraguay. s. p. Consultado 02 ene. 2024. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/MZ442656.1>
- Gezgin, Y; Gül, D; Şenşatar, S; Kara, C; Sargın, S; Sukan, F. 2020. Evaluation of *Trichoderma atroviride* and *Trichoderma citrinoviride* growth profiles and their potentials as biocontrol agent and biofertilizer. *Turkish Journal of Biochemistry* 45(2):163-175. DOI: <https://doi.org/10.1515/tjb-2018-0378>
- Gómez, M; Mario, J; Rojas, M. 2008. Efecto de dos especies de hongos simbioses en el crecimiento de plátano (*Musa AAB*) cv “Curaré” y el control del nematodo barrenador *R. similis* Cobb (en línea). *Revista Tumbaga* 3:30-42. Ibagué: Universidad del Tolima. Repositorio RIUT. Consultado 26 jun. 2023. Disponible en <http://repository.ut.edu.co/handle/001/1353>
- Gortari, C; Cazau, C; Hours, R. 2007. Hongos nematófagos de huevos de *Toxocara canis* en un paseo público de La Plata, Argentina. *Revista Iberoamericana de Micología* 24(1):24-28. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1130-1406\(07\)70005-0](https://doi.org/10.1016/S1130-1406(07)70005-0)
- Hernández-Medina, C; Velasco Belalcázar, M; Gómez-López, E; Henao-Henao, E. 2015. Caracterización morfológica y molecular de aislados de *Fusarium* asociadas aguacate (*Persea americana* Mill), en el Valle del Cauca. *Fitopatología Colombiana* 39(2):51.
- Hoyos-Carvajal, L; Chaparro, P; Abramsky, M; Chet, I; Orduz, S. 2008. Evaluación de aislamientos de *Trichoderma* spp. contra *Rhizoctonia solani* y *Sclerotium rolfsii* bajo condiciones in vitro y de invernadero (en línea). *Agronomía Colombiana* 26(3):451-458. Consultado 23 jun. 2023. Disponible en <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/11477>
- Iñiguez-Moreno, M; Calderón-Santoyo, M; Barros-Castillo, J.C; Miss-Zacarías, D. M; Díaz, J. A; Ragazzo-Sánchez, J. A. 2022. Nanofibers added with citral: Characterization and their application to postharvest control of *Fusarium pseudocircinatum* in bananas. *Journal of Food Processing and Preservation* 46, e17188. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.17188>
- Jiménez-Saa, H. 1982. Anatomía del sistema de clasificación Holdridge (zonas de vida, utilización de la tierra, formaciones vegetales) (en línea). Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Repositorio CATIE. 29 p. Consultado 15 mar. 2023. Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/401>
- Jiménez-Zappa, R. 2013. Diversidad de géneros de hongos formadores de micorrizas arbusculares asociados a pasto colosuana (*Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus) en suelos compactados y no compactados del municipio de San Marcos departamento de Sucre (en línea). Tesis Lic. Colombia, Universidad de Sucre, Repositorio Universidad de Sucre. s. p. Consultado 05 nov. 2022. Disponible en <http://repositorio.unisucre.edu.co/handle/001/570>
- Kee, Y; Zakaria, L; Mohd, M. 2020. Morphology, phylogeny and pathogenicity of *Fusarium* species from *Sansevieria trifasciata* in Malaysia. *Plant Pathology* 69(3):442-454. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppa.13138>
- Lazcano-Torres, G; Ángeles-Hernández, S; Ojeda-Ramírez, D; Mendoza-De Gives, P; Peláez-Acero, A. 2015. Identificación taxonómica del hongo nematófago *Arthrobotrys oligospora* aislado en Tulancingo de bravo, Hidalgo. *Boletín De Ciencias Agropecuarias Del ICAP1(2)*. DOI: <https://doi.org/10.29057/icap.v1i2.989>
- Little, G; Gordon, M. 1967. Survival of Fungal Cultures Maintained Under Mineral Oils for Twelve Years. *Mycologia* 59 (4):733-736. DOI: <https://doi.org/10.2307/3757105>
- López-Aguilar, R; Murillo-Amador, B; Benson-Rosas M; López-Arce, E; Valle-Meza, G. 2002. Manual de análisis químicos de suelos. Editorial. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, B.C.S. México. s. p. Consultado 08 abr. 2023. Disponible en <http://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/2065>

- López-Courrau, K; Rivera-Méndez, W; Brenes-Madriz, J; Zúñiga-Vega, C. 2018. Establecimiento de un protocolo para el crecimiento y multiplicación de *Setophoma terrestris* y *Fusarium* spp. provenientes de un cultivo de cebolla (*Allium cepa* L). Revista Tecnología en Marcha 31(4):37-48. DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v31i4.3958>
- Liu, Y; Whelen, S; Hall, B. 1999. Phylogenetic relationships among ascomycetes: evidence from an RNA polymerase II subunit. Molecular Biology and Evolution 16(12):1799-1808. DOI: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a026092>
- Lyubenova, A; Rusanova, M; Nikolova, M; Slavov, S. 2023. Plant extracts and *Trichoderma* spp: possibilities for implementation in agriculture as biopesticides. Biotechnology & Biotechnological Equipment 37(1):159-166. DOI: <https://doi.org/10.1080/13102818.2023.2166869>
- Macías-Echeverri, E; Marín-Pavas, A; Osorio-Vega, W; Hoyos-Carvajal, L. 2019. Suelos y microorganismos rizosféricos asociados en la reserva de biosfera "Seaflower". Journal of the Selva Andina Biosphere 7(2):73-87.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica). 2022. Nama Musáceas. Biblioteca virtual. Asuntos Internacionales. Costa Rica. s. p.
- Maldonado-Haro, M. 2019. Caracterización molecular de cepas de *Penicillium expansum* de manzanas provenientes de España y Argentina (en línea). Tesis M.Sc. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires. 69 p. Consultado 15 ene. 2023. Disponible en https://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n6672_MaldonadoHaro
- Maldonado-Paucar, D. 2016. Evaluación de diferentes dosis de hexametáfosfato de sodio (NaPO₃)₆, en la determinación de tres tipos texturales de suelo, mediante el método de Bouyoucos (en línea). Tesis Lic. Ecuador. Universidad Central del Ecuador. 77 p. Consultado 07 jul. 2023. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/8135>
- Manobanda-Duche, ND. 2022. Evaluación de la eficiencia de nematocidas biológicos sobre poblaciones de *Meloidogyne incognita*, en el cultivo de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*), a nivel de invernadero, en el cantón Joya de Los Sachas (en línea). Tesis Lic. El Coca, Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 66 p. Consultado 15 feb. 2024. Disponible en <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5968>
- Mesa-Vanegas, AM; Marín, A; Calle-Osorno, J. 2019. Metabolitos secundarios en *Trichoderma* spp. y sus aplicaciones biotecnológicas agrícolas. Actualidades biológicas, 41(111):32-44. DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v41n111a02>
- Morales-García, D. 2014. Bioprospección de hongos endófitos para el control biológico del nematodo barrenador *R. similis* (Cobb) Thorne en el cultivo del banano (en línea). Tesis M.Sc. Costa Rica, Tecnológico de Costa Rica. 54 p. Consultado 23 jun. 2023. Disponible en <https://hdl.handle.net/2238/5797>
- Moo-Koh, F. 2018. Contribución al estudio de especies de *Trichoderma* con aplicación agrícola. Tesis Ph.D. México, Tecnológico Nacional de México. 86 p.
- Nesta-Silva; Rodrigues-Nunes, J. 2014. O Tecnógeno na cidade de Presidente Prudente-SP / The Technogene in the city of Presidente Prudente, São Paulo, Brazil. Sociedade & Natureza 26(3). DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-451320140307>
- Nelson, P; Dignani, M; Anaissie, E. 1994. Taxonomy, biology, and clinical aspects of *Fusarium* species. Clinical Microbiology Reviews 7(4):479-504.
- Núñez-Solís, J. 1996. Manual de Laboratorio de Edafología. Costa Rica, EUNED. 160 p.
- O'Donnell, K; Sutton, D; Fothergill, A; McCarthy, D; Rinaldi, M; Brandt, M; Geiser, DM. 2008. Molecular phylogenetic diversity, multilocus haplotype nomenclature, and in vitro antifungal resistance within the *Fusarium solani* species complex. Journal of Clinical Microbiology 46(8):2477-2490. DOI: <https://doi.org/10.1128/jcm.02371-07>
- Paparu, P; Niere, B; Gold, C; Coyne, D; Adipala, E; Dubois, T. 2003. Colonization of banana by fungal endophytes. African Crop Science Conference Proceedings 6:381-384.
- Pérez-Rivera, N. 2014. Evaluación de diferentes tratamientos químicos y biológicos para el control preventivo de *Fusarium* spp. en el cultivo de arveja, diagnóstico y servicios en las fincas y planta de empaque de grupo hortícola de exportación Ghortex municipio de Sumpango, Chimaltenango, Guatemala, c.a. (en línea). Tesis Lic. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Repositorio de Universidad de San Carlos de Guatemala. s. p. Consultado 15 nov. 2022. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2917.pdf
- Peraza-Padilla, W; Orozco-Aveces, M; Esquivel-Hernández, A; Rivera-Coto, G; Chaverri-Fonseca, F. 2011. Aislamiento e identificación de hongos nematófagos nativos de zonas arroceras de Costa Rica. Agronomía Mesoamericana 22(2):233-243. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v22i2.11797>
- Peterson, S; Jurjević, Ž. 2017. New species of *Talaromyces* isolated from maize, indoor air, and other substrates. Mycologia 109(4):537-556. DOI: [10.1080/00275514.2017.1369339](https://doi.org/10.1080/00275514.2017.1369339)
- Poveda-Arias, J. 2018. Investigación básica y aplicada en la interacción *Trichoderma*-Brassicaceae (en línea). Tesis Ph.D. España, Universidad de Salamanca. 286 p. Consultado 04 ene. 2023. Disponible en <http://hdl.handle.net/10366/139861>

- Pozo-Enríquez, AE. 2020. *Trichoderma asperellum* en el enriquecimiento proteico de residuos lignocelulósicos (en línea). Tesis Ph.D. Ecuador, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra. 106 p. Consultado 15 abr. 2023. Disponible en <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/39476>
- PROCOMER (Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica). 2020. Anuario Estadístico 2019. s. p.
- Quevedo, A; Magdama, F; Castro, J; Vera-Morales, M. 2022. Interacciones ecológicas de los hongos nematófagos y su potencial uso en cultivos tropicales. *Scientia Agropecuaria* 13(1):97-108. DOI: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.009>
- Ridkaew, R; Luangsa, J; Hywel, N; Samson, R. 2012. A phylogeny including the medically important *Paecilomyces lilacinus*. *Phylogenetics Laboratory, National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, Thailand*. s. p.
- Rivera-Méndez, W; Brenes-Madriz, J; Zúñiga-Vega, C. 2018. Efectos de la aplicación de *Trichoderma asperellum* y su filtrado en el crecimiento de almácigos de cebolla (*Allium cepa*). *Tecnología en Marcha* 31(2):98-105.
- Robinson, JC; Daneel, M; Schoeman, PS. 1999. Cultural practices in relation to integrated pest management in bananas (en línea). *Mobilizing IPM for sustainable banana production in Africa*. INIBAP, Montpellier, France. p. 283-289. Consultado 20 oct. 2022. Disponible en www.musalit.org/seeMore.php?id=5517
- Rodríguez-Labastida, M. 2019. Evaluación nematocida in vitro de filtrados obtenidos a partir de hongos nematófagos cultivados en medios elicitados con extracto larval del parásito *Haemonchus contortus* (en línea). Tesis M.Sc. Yucatán, México, Centro de Investigación Científica de Yucatán. 141 p. Consultado 15 dic. 2023. Disponible en <https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1003/1626>
- Rojas-Contreras, L. 2021. Estrategia de mercadeo para el lanzamiento del fungicida Belanty® para el combate de *Pseudocercospora fijiensis* en el cultivo de banano en Costa Rica (en línea). Tesis M.Sc. Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 111 p. Consultado 05 jun. 2023. Disponible en <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/f9b17a1b-9b01-4736-b26b-37991361c645/content>
- Rojas-Villacorta, W; Cox-Trigoso, G; Burgos Wilson, N; Morey-León, G; Wilson-Krugg, J. 2017. Aislamiento, selección e identificación de especies nativas de *Trichoderma* spp. con efecto biocontrolador sobre nematodos noduladores que afectan al cultivo de *Asparagus officinalis* de la empresa Agroindustrial Camposol S.A. *Veritas* 15(1):80-91.
- Samuels, GJ; Ismael, A; Bon, MC; De Respínis, S; Petrini, O. 2015. *Trichoderma asperellum* sensu lato consists of two cryptic species. *Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, USDA. Mycologia* 102(4):944-966. DOI: <https://doi.org/10.3852/09-243>
- Sánchez-Miranda, MD; Moreno-Mayorga, LF; Páramo-Aguilera, LA. 2021. Identificación morfológica y molecular de especies autóctonas *Trichoderma* spp., aisladas de suelos de importancia agrícola. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo* 11(1):26-42. DOI: <https://doi.org/10.5377/elhigo.v11i1.11715>
- Sanger, F; Nicklen, S; Coulson, AR. 1977. DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 74(12):5463-5467. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.74.12.5463>
- Silva, SD; Carneiro, RMDG; Faria, M; Souza, DA; Monnerat, RG; Lopes, RB. 2017. Evaluation of *Pochonia chlamydosporia* and *Purpureocillium lilacinum* for Suppression of *Meloidogyne enterolobii* on Tomato and Banana. *Journal of Nematology* 49(1):77-85. DOI: <https://doi.org/10.21307/jofnem-2017-047>
- Silva-Valenzuela, M; Rojas-Martínez, RI; Manzanilla-López, RH; Macías-Rubalcava, ML; Aranda-Ocampo, S; Zavaleta-Mejía, E. 2020. Hongos endófitos: una alternativa biológica para el manejo de nematodos fitoparásitos. *Nematropica* 50(1):101-117.
- Stewart, JE; Kim, MS; James, RL; Dumroese, RK; Klopfenstein, NB. 2006. Molecular characterization of *Fusarium oxysporum* and *Fusarium commune* isolates from a conifer nursery. *Phytopathology* 96(10):1124-1133. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-1124>
- Tarnowski, TL; Pérez-Martínez, JM; Ploetz, RC. 2010. Fuzzy pedicel: A new postharvest disease of banana. *Plant Disease* 94:621-627.
- Todd, J; Islas, I; Canché, B. 2019. Análisis bioquímico-molecular de la interacción de *Pseudocercospora fijiensis* y *Trichoderma harzianum* (en línea). Tesis M.Sc. Yucatán, México. Centro de Investigación Científica de Yucatán. 149 p. Consultado 15 abr. 2023. Disponible en <http://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1003/1635>
- Triveni, S; Prasanna, R; Saxena, AK. 2012. Optimization of conditions for in vitro development of *Trichoderma viride*-based biofilms as potential inoculants. *Folia Microbiologica* 57:431-437. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12223-012-0154-1>
- Umaña-Castro, J; Orozco-Cayasso, S; Umaña-Castro, R; Molina-Bravo, R. 2019. Identificación molecular y características fisiológicas de aislamientos de *Trichoderma* para el biocontrol de dos patógenos en la piña. *Revista De Ciencias Ambientales* 53(1):125-142. DOI: <https://doi.org/10.15359/rca.53-1.7>

- Valencia-Serna, R; Guzmán- Piedrahita, O; Villegas-Estrada, B; Castaño- Zapata, J. 2014. Manejo integrado de nematodos fitoparásitos en almácigos de plátano Dominico Hartón (*Musa* AAB Simmonds). *Revista Luna Azul* (39):165-185.
- Valencia-Yah, T; Martin-Mex, R; Cruz-López, JR; Pérez-Brito, D; Magana-Álvarez, A; Cortes-Velázquez, A; Nexticapán-Garcéz, A. 2023. Identification and molecular characterization phytopathogenic fungi in Agave tequilana in Mexico (en línea). México. Consultado 08 ene. 2024. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/OR388100.1>
- Van Diepeningen, AD; Feng, P; Ahmed, S; Sudhadham, M; Bunyaratavej, S; Hoog, GS. 2014. *Fusarium* infections in a tropical dermatologic clinic: a MLST and evidence-based evaluation (en línea). *Ecology of Clinical Fungi*. The Netherlands. Consultado 23 jun. 2023. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/KF255484.1>
- Varela-Benavides, I; Durán-Mora, J; Guzmán-Hernández, T de J. 2017. Evaluación in vitro de diez cepas de hongos nematófagos para el control de *Meloidogyne exigua*, *Meloidogyne incognita* y *Radopholus similis*. *Revista Tecnología en Marcha* 30(1):27-37.
- Vargas, A; Watler, W; Morales, M; Vignola, R. 2017. Ficha técnica cultivo de banano. Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de banano en Costa Rica. s. p.
- Visagie, C; Houbraeken, J. 2020. Updating the taxonomy of *Aspergillus* in South Africa. *Studies in mycology* 95(1):253-292. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2020.02.003>
- Visagie, C; Yilmaz, N; Seifert, K. 2020. New fungi isolated from house dust. *Mycology, Agriculture and Agri-Food, Canada* (en línea). s. p. Consultado 23 jun. 2023. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/KY469196.1>
- Wang, L; Wang, JM; Li, XF; Xu, YM. 2018. The evaluation of DNA barcode for *Fusarium*. College of Agronomy, Shanxi Agricultural University, China. s. p.
- Wang, X. 2020. Identification and pathogenic *Fusarium* of potato root rot Ningxia Hui Autonomous Region (en línea). China. Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Institute of Plant Protection, Yellow River Road, ying chuan, ning xia 750002. Consultado 15 feb. 2024. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/MT560381.1>
- Yang, M; Zhang, H; Van der Lee, T; Waalwijk, C; Van, A; Feng, J; Chen, W. 2020. Population genomic analysis reveals a highly conserved mitochondrial genome in *Fusarium asiaticum*. *Frontiers in Microbiology* 11:839. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00839>



