

Identificación de cinco cepas de *Simplicillium* asociadas a pústulas de la roya del café en Costa Rica

Gerardo García-Nevarez¹

Leslie Carnero-Avilés^{1§}

Eduardo Hidalgo-Jaminson²

1 Campo Experimental Delicias-INIFAP. Carretera Delicias-Rosales km 2, Delicias, Chihuahua. CP. 33000. (garcia.gerardo@inifap.gob.mx).

2 Centro Internacional de Agricultura y Biociencias. Turrialba, Cartago, Costa Rica. CP. 30501. (e.hidalgo@cabi.org).

§Autora para correspondencia: carnero.leslie@inifap.gob.mx.

Resumen

La roya del café (*Hemileia vastatrix*) es una de las enfermedades de mayor importancia económica en el cultivo del café, debido a las pérdidas de producción de hasta un 50% que provoca. Además del control químico convencional de esta enfermedad, varios enemigos naturales, como los hongos micoparásitos, regulan su incidencia y severidad. El objetivo del estudio fue identificar y caracterizar cinco cepas de hongos asociadas al control natural de *H. vastatrix* aisladas de la zona cafetalera de Turrialba, Cartago, Costa Rica. Se identificaron cinco cepas de *Simplicillium* mediante análisis molecular; se hicieron mediciones de características macroscópicas, características microscópicas, crecimiento radial y producción de conidios. De acuerdo con el análisis en la base de datos del NCBI, las cinco cepas coincidieron con la especie *Simplicillium lanosoniveum*. En general, las características macroscópicas fueron similares entre las cepas aisladas; la diferencia más notable fue la coloración del medio de cultivo. Las cepas que mostraron un cambio de color de blanco a marrón tuvieron un crecimiento radial menor. La disposición de las fiálides, la forma y tamaño de los conidios y las características microscópicas fueron generalmente consistentes con el género *Simplicillium*. El tamaño y la producción de conidios fueron estadísticamente diferentes entre cepas ($p < 0.0001$). Además, las cepas con los conidios más grandes registraron los valores más bajos de producción de conidios. Estos resultados brindan el primer reporte que caracteriza cepas del género *Simplicillium* asociadas a *H. vastatrix* en Costa Rica.

Palabras clave:

caracterización cultural, caracterización fisiológica, control biológico natural.



Introducción

El cultivo de café enfrenta múltiples enfermedades, siendo la roya del café (*Hemileia vastatrix*) una de las más significativas económicamente. Esta enfermedad causa caída prematura de hojas y secado de ramas, lo que puede resultar en una pérdida superior al 50% de la cosecha e incluso la muerte de las plantas (Aristizábal y Johnson, 2022).

El brote de roya más devastador en Centroamérica ocurrió durante el ciclo 2012-2013, con pérdidas estimadas que superó los 499 millones de dólares, lo que llevó a varios países a declarar una emergencia nacional (Promecafé, 2013; IICA, 2013). Los métodos de control habituales para esta enfermedad incluyen el uso exclusivo de fungicidas convencionales o protectores a base de cobre, sin embargo, estos tienen efectos que pueden afectar la composición microbiana del suelo, alterando las funciones y procesos bioquímicos que ocurren en él, lo que también, provocó que las plantas sean más susceptibles a las enfermedades (Meena *et al.*, 2020). Como alternativa, se pueden implementar técnicas de manejo sostenible mediante el uso de enemigos naturales de *H. vastatrix* asociados a la roya del café (García-Nevárez *et al.*, 2019).

Anteriormente, el hongo micoparásito *Lecanicillium lecanii* (Zimmerman) (Guharay *et al.*, 2001), se reportó como controlador biológico de *H. vastatrix* (Santiago-Elena *et al.*, 2020). Este micoparásito ataca cuando la roya está activa (dentro del tejido vivo del huésped) introduciendo su tubo germinativo en las membranas celulares, para posteriormente producir metabolitos que inhiben la germinación, afectan la morfología de las uredosporas y provocan la muerte del hongo (Moricca y Ragazzi, 2008).

Debido a lo anterior, al aislar hongos parásitos de la roya, se asume que el hongo aislado es *Lecanicillium* (*Verticillium*), sin mayor evidencia que sustente su identificación. Esta suposición puede ser riesgosa, especialmente cuando se inician nuevos protocolos de investigación. La inclusión de nuevos hongos aislados asociados al control natural de plagas o enfermedades requiere una correcta identificación antes de establecer experimentos enfocados a un programa de control biológico y es fundamental para una producción de bioplaguicidas de calidad (Safavi, 2010).

Este proceso debe ser realizado por taxónomos especializados mediante la identificación por características morfológicas como son la forma, tamaño y velocidad de germinación de los conidios, así como la apariencia de la colonia (forma, elevación, apariencia superficial y color) (Hajek y Leger, 1994) y requiere el uso de marcadores moleculares, para su adecuada identificación. La identificación molecular por amplificación del espaciador transcrito interno Internal Transcribed Spacer (ITS), por sus siglas en inglés ofrece resultados rápidos y fiables para la mayoría de los taxones de hongos, por lo que actualmente se considera una de las principales herramientas de diagnóstico (Lücking *et al.*, 2020).

El objetivo del estudio fue realizar una caracterización cultural, fisiológica e identificación molecular de cepas fúngicas asociadas a pústulas de *H. vastatrix* en la zona cafetalera de Turrialba, Costa Rica.

Materiales y métodos

El estudio incluyó cinco cepas fúngicas de la zona cafetalera de Turrialba, Cartago, Costa Rica en las comunidades de San Juan Norte (SJ), Jabillos (JV), Aquíáres (AQ), Santa Rosa (SR) y CATIE (EC) donde los cafetos se ubicaron entre 600 y 950 msnm. Las muestras fueron hojas de café con lesiones avanzadas de roya y hongos creciendo sobre esta (Figura 1).



Figura 1. Hoja de café con pústulas de roya y crecimiento de *Simplicillium* sobre estas.



Aislamiento de cepas. Se realizaron sembrando el inóculo en placas con medio papa dextrosa agar (PDA), este inóculo se obtuvo de las pústulas que presentaban un crecimiento algodonoso sobre ellas.

Caracterización macroscópica. Se realizaron aislamientos monospóricos de 10 colonias por cepa mediante diluciones (10^{-4} , 10^{-5} y 10^{-6}), estas se sembraron e incubaron 25-28 °C, durante 15 días a 25-28 °C para después registrar el color (Munsell Color Company 1988) y la forma, elevación y estriado formado según los criterios propuestos por Fox (1999).

Identificación molecular

Se realizó la extracción del material genético según el protocolo descrito por Kuske *et al.* (1998), seguido de una amplificación de la región ITS utilizando los iniciadores ITS₁ (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') e ITS₄ (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') mediante reacción en cadena de la polimerasa Polymerase Chain Reaction (PCR), por sus siglas en inglés, el producto obtenido de la amplificación fue visualizado en un gel de agarosa al 1% para su posterior secuenciación. El consenso de las secuencias se realizó con el programa BioEdit y se compararon con las reportadas en la base de datos del National Center for Biotechnology Information (NCBI) mediante la herramienta Blast.

Caracterización microscópica

Se determinó el tamaño de muestra necesario para medir el tamaño de los conidios midiendo grupos con distintos números de conidios y calculando la desviación estándar (DE) en cada caso. Se seleccionó el tamaño de muestra que garantizara una DE estable (Cortez *et al.*, 2003). Basado en estos resultados, se realizaron mediciones en cinco repeticiones de colonias monospóricas de cada cepa. En cada repetición, se midieron cuatro grupos de conidios, observando 35 conidios por grupo, utilizando una cámara Omax ToupView® x 86 montada en un microscopio compuesto previamente calibrado.

Crecimiento radial y producción de conidios

Se utilizó la técnica de dilución seriada para aislar cada cepa monospórica y cultivarlas en PDA en cajas Petri. Tras 10 días de incubación a 25-28 °C, se midió el diámetro radial promedio con un vernier digital Truper® Caldi-6 MP. Para evaluar la producción de conidios, se suspendió un cm² de cada cepa en 10 ml de agua destilada estéril con Tween 80 al 0.1%, se sometió a un baño ultrasónico durante tres minutos y se agitó en un vortex por un minuto. Los conidios se contaron con una cámara de Neubauer. Se realizaron mediciones del crecimiento radial y conteos de conidios en 10 colonias por cepa.

Análisis estadístico

El experimento se llevó a cabo mediante un diseño completamente al azar, con 10 repeticiones de cada colonia para evaluar el crecimiento radial y cinco para evaluar el tamaño de conidios. El análisis se realizó utilizando modelos generales lineales y mixtos con el paquete estadístico InfoStat. Para las variables de número y tamaño de conidios se utilizó la prueba de separación de medias DGC ($p= 0.05$) con el fin de eliminar la falta de carácter transitivo entre medias y facilitar la discusión de los resultados. Para la variable crecimiento radial se realizó la prueba LSD ($p\leq 0.05$).

Resultados

Caracterización macroscópica. La diferencia más notable entre cepas fue el cambio de color al fondo de la caja Petri. Las cepas JV y SR exhibieron un color amarillo oliva, mientras que EC, AQ y SJ presentaron colores amarillo, blanco y amarillo pálido, respectivamente. El color blanco del micelio fue consistente entre todas las cepas, así como la forma circular y el borde elevado. Solo AQ mostró abundantes estrías en el medio de cultivo durante el crecimiento (Cuadro 1), que en ocasiones se podía apreciar desde la parte superior de la colonia (Figura 2).

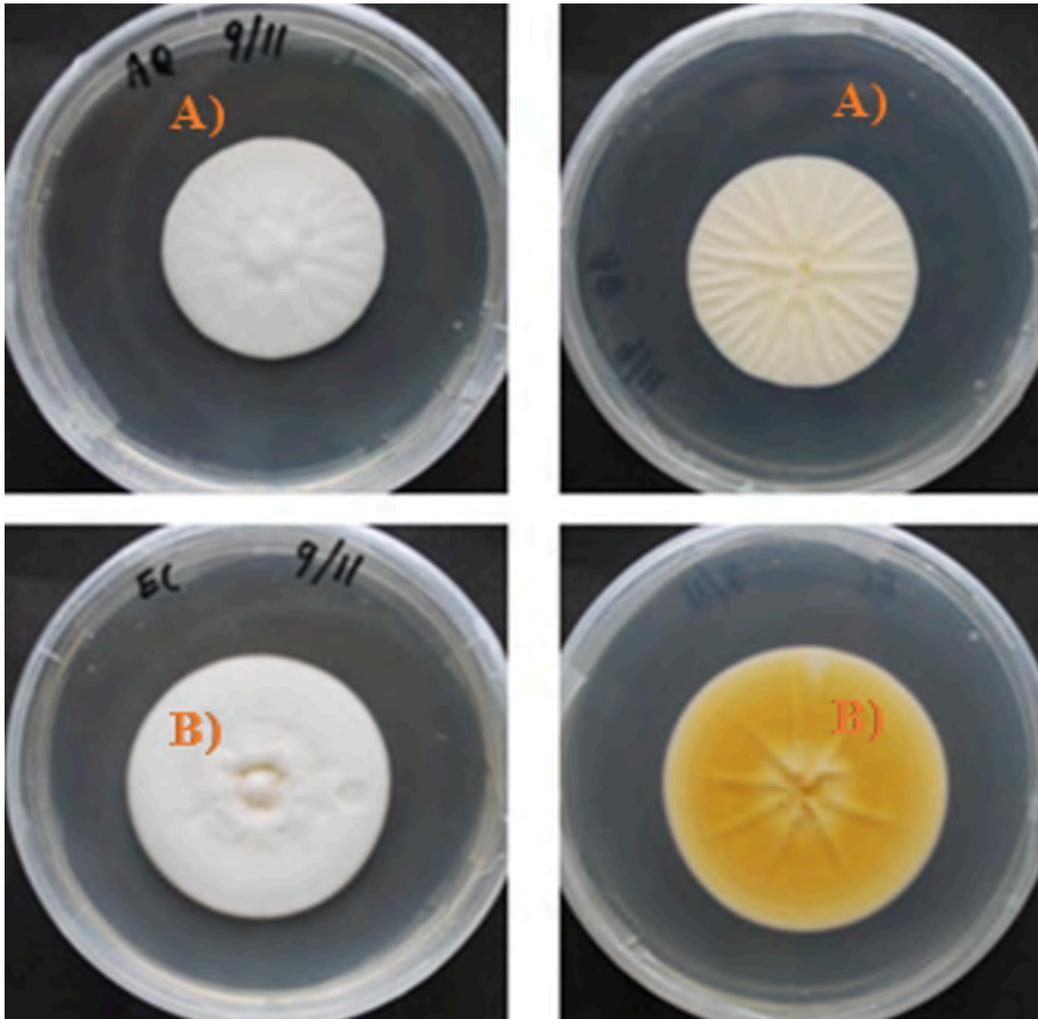
Cuadro 1. Morfología colonial de cepas de hongos asociados a pústulas de *Hemileia vastatrix*.

Cepa	Color arriba/abajo	Notación Munsell	Forma	Borde	Relieve	Formación de estrías
EC	Blanco/amarillo	2.5Y 7/8	Circular	Completo	Elevada	Baja
AQ	Blanco/blanco	5Y 8/2	Circular	Completo	Elevada	Abundante
JV	Blanco/ amarillo oliva	2.5Y 6/6	Circular	Completo	Elevada	Baja
SR	Blanco/ amarillo oliva	2.5Y 6/6	Circular	Completo	Elevada	Baja
SJ	Blanco/ amarillo pálido	2.5Y 8/4	Circular	Completo	Elevada	Baja

SR= cepa de Santa Rosa; AQ= Aquiares; CE= CATIE; JV= Jabillos; SJ= San Juan Norte.



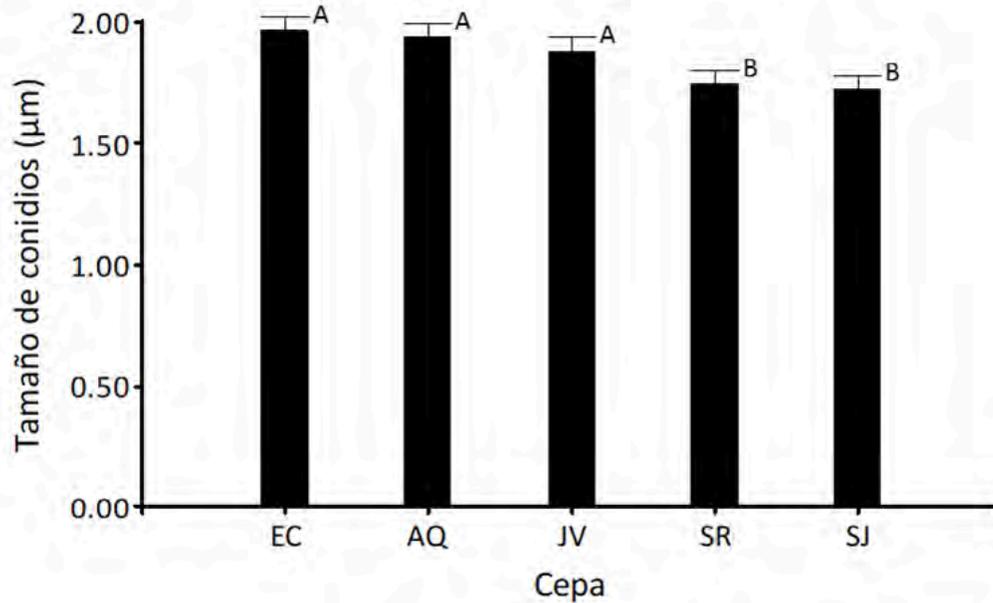
Figura 2. Colonias monospóricas de cepas de A) Aquíares y B) CATIE. Vistas desde arriba y abajo.



El tamaño de los conidios fue significativamente diferente entre cepas ($p \leq 0.003$). Las cepas EC, AQ y JV, que tuvieron un tamaño de 1.97, 1.94 y 1.88 μm , respectivamente, fueron estadísticamente iguales (DGC= 0.05), pero con diferencia significativa respecto a SR (1.75 μm) y SJ (1.73 μm)(Figura 3).



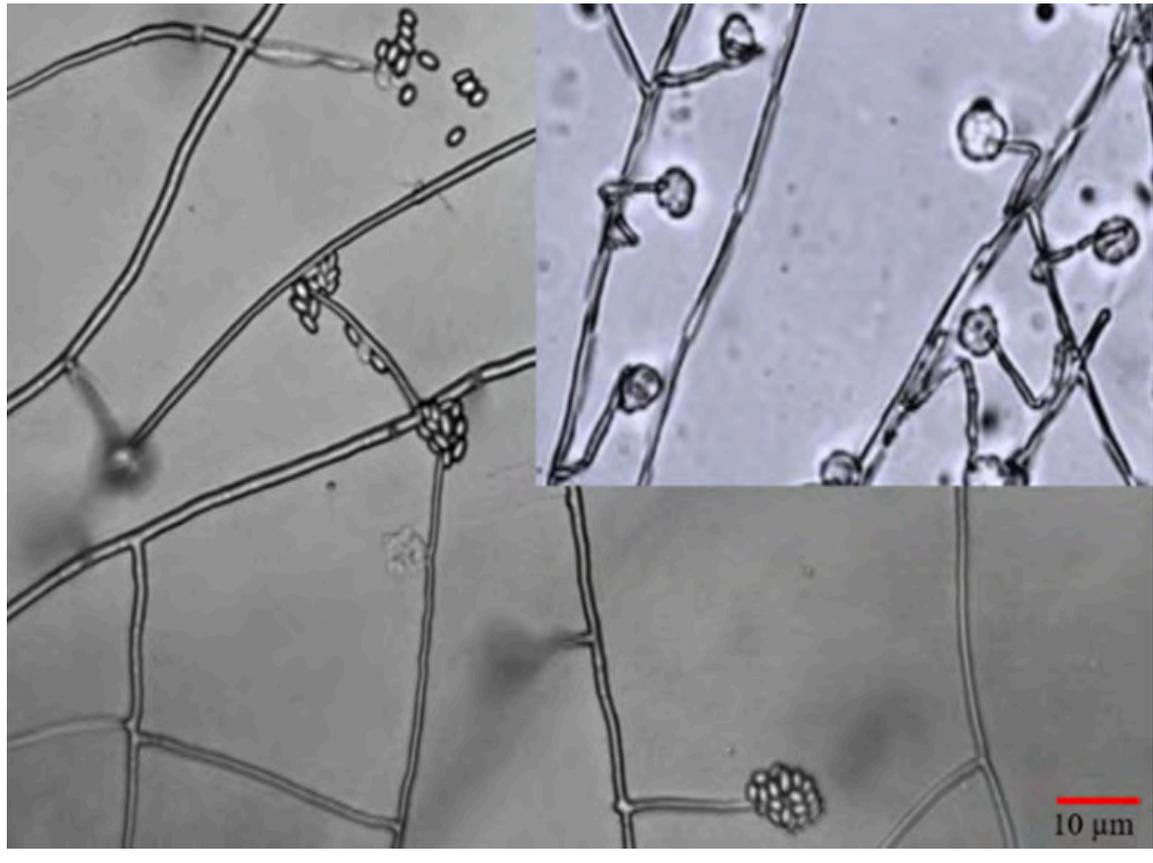
Figura 3. Tamaño de conidios (μm) de cepas de *Simplicillium* sp. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($p \geq 0.05$) (DGC= 0.05). CE= cepa CATIE; AQ= AQUIÁRES; JV= JABILLOS; SR= Santa Rosa; SJ= San Juan Norte.



Caracterización microscópica. La división del género *Verticillium* realizada por Zare y Gams (2004) se basa en estudios sistemáticos, separa los taxones formados por fiálides solitarias del género *Lecanicillium* y los ubica dentro del género *Simplicillium*. Desde esta perspectiva, las características microscópicas de las cepas evaluadas coinciden con las de este último género. También se observaron conidios ovalados (1.7 a $1.97 \mu\text{m}$) dentro de cabezas globosas que estaban suspendidas de fiálides solitarias y a veces, postradas (Figura 4).



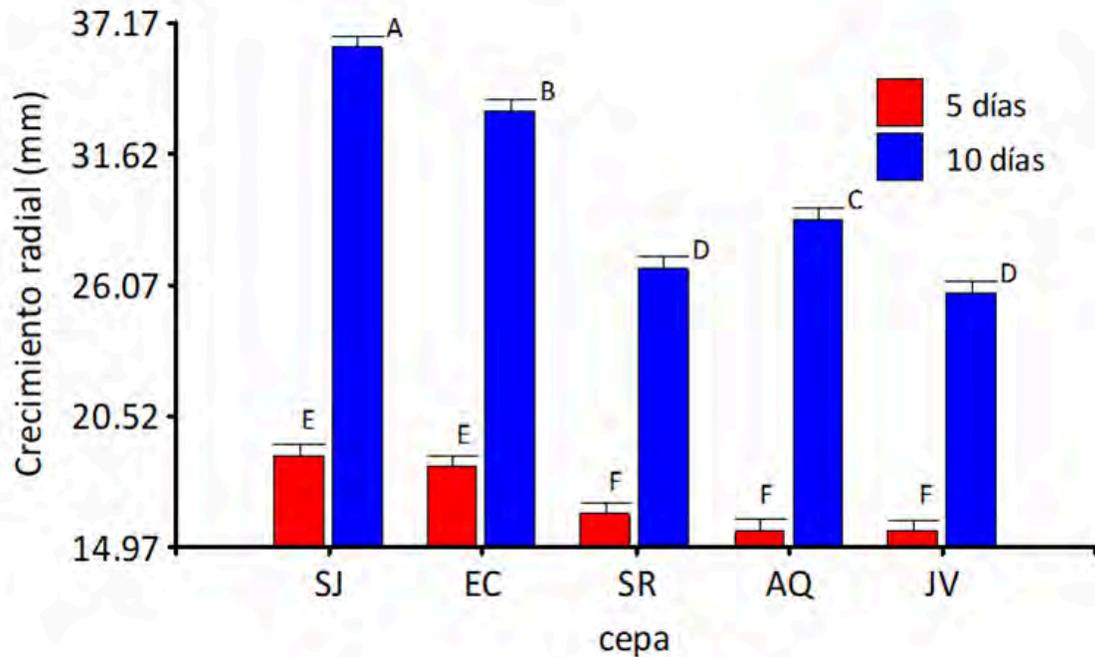
Figura 4. Fiálides solitarias y conidios de *Simplicillium* sp. (cepa del CATIE).



Crecimiento radial y producción de conidios. Hubo una diferencia altamente significativa entre las cepas con respecto al crecimiento radial después de cinco y diez días de crecimiento en PDA ($p < 0.0001$). Las cepas que presentaron mayor crecimiento a los cinco días fueron SJ y EC con 18.9 y 18.39 mm, respectivamente, mientras que SR, AQ y JV mostraron los menores valores con 16.44, 15.67 y 15.65 mm, respectivamente y no difirieron estadísticamente entre sí ($p \geq 0.05$). Después de 10 días, los mayores valores de crecimiento los obtuvieron las cepas SJ (36.1 mm) y EC (33.5 mm), seguidas de AQ (28.8 mm), mientras que SR (26.8 mm) y JV (25.7 mm) presentaron los menores valores. Estos resultados indican una gran variabilidad dentro del mismo género (Figura 5).



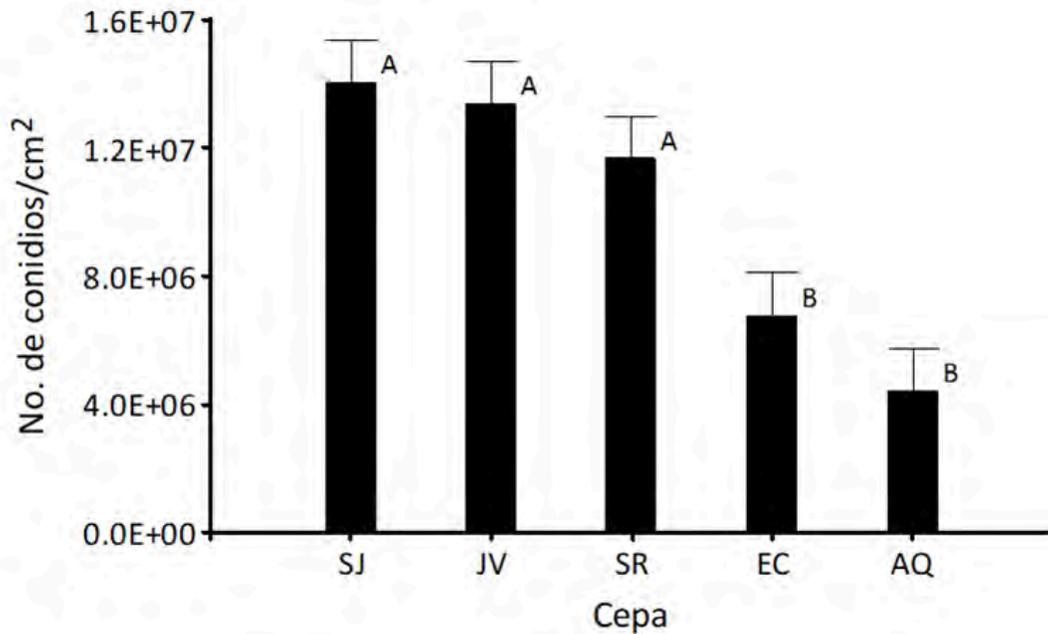
Figura 5. Crecimiento radial (mm) de cepas de *Simplicillium* sp. Medias con la misma letra no difieren estadísticamente (LSD= 0,05). SJ= cepa de San Juan Norte; CE= CATIE; SR= Santa Rosa; AQ= Aquíeres; JV= Jabillos.



La producción de conidios varió significativamente entre las cepas ($p \neq 0.0001$). Las cepas SJ, JV y SR mostraron una mayor producción con valores de 1.4×10^7 , 1.3×10^7 y 1.2×10^7 cm^{-2} , a su vez las cepas SR y SJ presentaron el tamaño de conidios más pequeño (1.75 y 1.73 μm). Por el contrario, se registró que las cepas EC y AQ disponían estructuras más grandes (1.97 y 1.94 μm , respectivamente); sin embargo, produjeron significativamente menos= EC produjo 6.8×10^6 conidios cm^{-2} y AQ 4.4×10^6 conidios cm^{-2} valores no difirieron estadísticamente entre sí ($p \geq 0.05$) (Figura 6).



Figura 6. Producción de conidios de cepas *Simplicillium* sp. Medias misma letra son estadísticamente iguales (DGC= 0.05). SJ= cepa de San Juan Norte; JV= Jabillos; SR= Santa Rosa; CE= CATIE; AQ= Quiáres.



Identificación molecular. Las cepas EC, AQ, SR, SJ y JV aisladas y analizadas en la base de datos del NCBI coincidieron con la especie *Simplicillium lanosoniveum*. Las secuencias para cada cepa identificada se seleccionaron para ser registradas en la base de datos NCBI GeneBank (Cuadro 2).

Cuadro 2. Especies identificadas y número de acceso generado en el NCBI, en base a porcentajes de similitud.

Cepa	Organismos	Núm. de acceso de NCBI
CATIE (CE)	<i>Simplicillium lanosoniveum</i>	OQ325474
Aquíares (AQ)	<i>Simplicillium lanosoniveum</i>	OQ325475
Santa Rosa (SR)	<i>Simplicillium lanosoniveum</i>	OQ325476
San Juan Norte (SJ)	<i>Simplicillium lanosoniveum</i>	OQ325477
Jabillos (JV)	<i>Simplicillium lanosoniveum</i>	OQ325478

Discusión

Los resultados de este estudio contrastan con otras publicaciones que involucran el control biológico natural (CBN) de *H. vastatrix* en la misma región de Costa Rica. Esta diferencia se debe principalmente a que publicaciones anteriores señalan al hongo *L. lecanii* como el principal enemigo natural de la roya del café (Vandermeer *et al.*, 2009; Jackson *et al.*, 2012), mientras que, en la presente investigación, las cepas analizadas correspondieron *Simplicillium lanosoniveum*. La incorrecta determinación del controlador natural de *H. vastatrix* puede ser causado por la apariencia similar del hongo mientras parasita a la roya, tanto *Simplicillium* como *Lecanicillium* forman una capa algodonosa blanca. Además, estos géneros comparten características morfológicas, lo que muchas veces conduce a una clasificación incorrecta (Lim *et al.*, 2014).

La característica cultural con mayor variación entre cepas fue el color de las colonias visto desde el fondo de la caja Petri. Una explicación para esto podría ser la formación de estructuras de resistencia sumergidas en el medio de cultivo, aspecto descrito por Inderbitzin *et al.* (2011) en especies de *Verticillium*. Luego de 15 días de crecimiento, se observó que las cepas JV y SR tienden a formar estructuras de resistencia en menor tiempo, ya que el color del micelio sumergido cambió de blanco a amarillo oliva (2.5Y 6/6 en la escala de Munsell) durante la incubación; observaciones similares fueron registradas por Cortez *et al.* (2003) sobre aislamientos de *Lecanicillium*.

La tendencia de las cepas a crear estructuras de resistencia en un menor tiempo puede ser consecuencia de un menor crecimiento radial, como se observa en nuestros resultados que muestran que las cepas JV y SR presentaron los valores de crecimiento más bajos (Figura 5). Además, los cambios de color en el medio de cultivo pueden asociarse a la capacidad de la cepa para producir metabolitos secundarios (VanderMolen *et al.*, 2013).

Dado que la información sobre la capacidad de *Simplicillium* para producir conidios es muy limitada en este momento, se pueden realizar comparaciones con taxones relacionados como *Verticillium* o *Lecanicillium*. James *et al.* (2016) encontraron una alta diversidad de hongos mediante análisis molecular en discos de hojas de café infectados por roya. Con base en las comparaciones de discos foliares sin presencia de roya, los autores asumieron que había 15 posibles hongos micoparásitos.

Sin embargo, no se realizaron pruebas de efectividad para examinar si estos hongos realmente tenían algún grado de control sobre *H. vastatrix*. En un estudio realizado en zonas cafetaleras de Veracruz, México, Gómez *et al.* (2017) aislaron hongos micoparásitos de pústulas de roya y encontraron un hongo del género *Simplicillium* con altas propiedades de control biológico. En un estudio reciente realizado por Si *et al.* (2022) registraron a *S. lanosoniveum* como un nuevo hiperparásito de la roya del trigo *Puccinia graminis*, a pesar de tratarse de diferente cultivo esta investigación también confirma que este hongo está asociado al control biológico de royas.

Conclusiones

Los resultados obtenidos proporcionan la primera caracterización de cepas de *Simplicillium lanosoniveum* asociadas a pústulas de *H. vastatrix* en Costa Rica.

Bibliografía

- 1 Aristizábal, L. F. and Johnson, M. A. 2022. Monitoring coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*) on commercial coffee farms in Hawaii: early insights from the first year of disease incursion. *Agronomy*. 12(5):1134-1149. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051134>.
- 2 Cortez, M. H.; Alatorre, R. R.; Mora, A. G.; Bravo, M. H.; Ortiz, C. F. and Aceves, N. L. A. 2003. Characterization of multispore and monospore isolates of *Lecanicillium* (= *Verticillium*) *lecanii* for the management of *Toxoptera aurantii* in cocoa. *BioControl*. 48(3):312-334.
- 3 Fox, D. 1999. Microbiology. *In: a laboratory manual*. 5th Ed. Sherman. California, United States of America. 28 p. ISBN: 0-8053-7646-1.
- 4 García-Nevárez, G. and Hidalgo-Jaminson, E. 2019. Efficacy of indigenous and commercial *Simplicillium* and *Lecanicillium* strains for controlling *Hemileia vastatrix*. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 37(2):237-250. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1810-4>.
- 5 Gómez, D. C. I.; Pérez, P. E.; Escamilla, P. E.; Martínez, B. M.; Carrion, V. G. L. L. y Hernández, L. T. I. 2017. Selección *in vitro* de micoparásitos con potencial de control biológico sobre roya del café (*Hemileia vastatrix*). *Revista Mexicana de Fitopatología*. 36(1):172-183. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1708-1>.
- 6 Guharay, F.; Monterroso, D. y Staver, C. 2001. El diseño y manejo de la sombra para la supresión de plagas en cafetales de América Central. *Agroforestería en las Américas*. 8(29):22-29.

- 7 Hajek, A. E. and Leger, R. J. 1994. Interactions between fungal pathogenesis and insect hosts. *Annual Review of Entomology*. 39(1):293-322.
- 8 Inderbitzin, P.; Bostock, R. M.; Davis, R. M.; Usami, T.; Platt, H. W. and Subbarao K. V. 2011. Phylogenetics and taxonomy of the fungal vascular wilt pathogen *Verticillium*, with the descriptions of five new species. *Plos One*. 6(12):e28341.
- 9 Jackson, D. W.; Zemenick, K. and Huerta, G. 2012. Occurrence in the soil and dispersal of *Lecanicillium lecanii*, a fungal pathogen of the green coffee scale (*Coccus viridis*) and coffee rust (*Hemileia vastatrix*). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 15(2):389-401.
- 10 James, T. Y.; Marino, J. A.; Perfecto, I. and Vandermeer, J. 2016. Identification of putative coffee rust mycoparasites via single-molecule DNA sequencing of infected pustules. *Applied and Environmental Microbiology*. 82(2):631-639. <https://doi.org/10.1128/AEM.02639-15>.
- 11 Kuske, C. R.; Banton, K. L.; Adorada, D. L.; Stark, P. C.; Gil, K. K. and Jackson, J. P. 1998. Small-scale DNA sample preparation method for filed PCR detection of microbial cells and spores in soil. *Applied and Environmental Microbiology*. 64(7):2463-2472. <https://doi.org/10.1128/AEM.64.7.2463-2472.1998>.
- 12 Lim, S. Y.; Lee, S.; Kong, H. G. and Lee, J. 2014. Entomopathogenicity of *Simplicillium lanosoniveum* isolated in Korea. *Mycobiology*. 42(4):317-321. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2014.42.4.317>.
- 13 Lücking, R.; Aime, M. C.; Robbertse, B.; Miller, A. N.; Ariyawansa, H. A.; Aoki, T.; Cardinali, G.; Crous, P. W.; Druzhinina, I. S.; Geiser, D. M.; Hawksworth, D. L.; Hyde, K. D.; Irinyi, L.; Jeewon, R.; Johnston, P. R.; Kirk, P. M.; Malosso, E.; May, T.; Meyer, W. T. and Schoch, C. L. 2020. Unambiguous identification of fungi: where do we stand and how accurate and precise is fungal DNA barcoding?. *IMA Fungus*. 11(1):1-32. 10.1186/s43008-020-00033-Zty-jour.
- 14 Meena, R. S.; Kumar, S.; Datta, R.; Lal, R.; Vijayakumar, V.; Brtnicky, M.; Sharma, M. P.; Yadav, G. S.; Jhariya, M. K.; Jangir, C. K.; Pathan, S. I.; Dokulilova, T.; Pecina, V. and Marfo, T. D. 2020. Impact of agrochemicals on soil microbiota and management: A Review. *Land*. 9(2):34-54. <https://doi.org/10.3390/land9020034>.
- 15 Moricca, S. and Ragazzi, A. 2008. Biological and integrated means to control rust diseases. *In: Ciancio, A. and Mukerji, K. G. Ed. Integrated management of diseases caused by fungi, Phytoplasma and Bacteria*. Springer 3. Dordrecht, Netherlands. 303-329 pp. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8571-0-15>.
- 16 Munsell Color Company. 1988. *Munsell Soil Color Charts*. Baltimore, Maryland, USA.
- 17 Promecafé. 2013. Programa cooperativo regional para el desarrollo tecnológico y la modernización de la caficultura y Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). La crisis del café en Mesoamérica, causas y respuestas apropiadas. Guatemala. Boletín Promecafé. 135:10-15.
- 18 Safavi, S. A. 2010. Isolation, identification and pathogenicity assessment of a new isolate of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* in Iran. *Journal of Plant Protection*. 50(2):158-162. 10.2478/v10045-010-0027-z.
- 19 Santiago-Elena, E.; Zamora-Macorra, E. J.; Zamora-Macorra, M. and Elizalde-Gaytan, K. G. 2020. Interaction between *Mycodiplosis* and *Hemileia vastatrix* in three scenarios of coffee crop management (*Coffea arabica*). *Revista Mexicana de Fitopatología*. 38(3):320-336. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2005-2>.
- 20 VanderMolen, M. K.; Raja, A. H.; El-Elimat, T. and Oberlies, H. N. 2013. Evaluation of culture media to produce secondary metabolites in a natural products screening program. *Amb. Express*. 3(1):71-78. 10.1186/2191-0855-3-71.
- 21 Zare, R. and Gams, W. 2004. A monograph of *Verticillium* section Prostrata. *Rostaniha*. 5(3):51-109.



Identificación de cinco cepas de *Simplicillium* asociadas a pústulas de la roya del café en Costa Rica

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 November 2024
Date accepted: 01 February 2025
Publication date: 20 March 2025
Publication date: Jan-Feb 2025
Volume: 16
Issue: 1
Electronic Location Identifier: e3392
DOI: 10.29312/remexca.v16i1.3392

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

caracterización cultural
caracterización fisiológica
control biológico natural.

Counts

Figures: 6
Tables: 3
Equations: 0
References: 21
Pages: 0