

Hongos asociados a *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en Tabasco, México

Fungi associated with *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Tabasco, Mexico

MAGDIEL TORRES-DE LA CRUZ¹; JOSÉ DEL CARMEN GERÓNIMO-TORRES²;
CARLOS FREDY ORTIZ-GARCÍA³; VICTORIA AYALA ESCOBAR⁴;
MANUEL PÉREZ-DE LA CRUZ⁵; SILVIA CAPPELLO-GARCÍA⁶

¹ Ph. D. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, CP 86039, Tabasco, México, magtorre@colpos.mx, <https://orcid.org/0000-0002-5030-5932>. ² M. Sc. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, CP 86039, Tabasco, México, jc.geronimo89@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9546-3339>. ³ Ph. D. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, CP 86500, Tabasco, México, cfortizg@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6820-9252>. ⁴ M. Sc. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, CP 56230, Texcoco, Estado de México, México, ayalav@colpos.mx, <https://orcid.org/0000-0001-5998-6175>. ⁵ Ph. D. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, CP 86039, Tabasco, México, perezmandoc@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0886-3025>. ⁶ Ph. D. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, CP 86039, Tabasco, México, cappellogs@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1354-6304>.

Autor para correspondencia: Manuel Pérez-De la Cruz, Ph. D. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, CP 86039, Tabasco, México, perezmandoc@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0886-3025>

Citación sugerida / Suggested citation:
TORRES-DE LA CRUZ, M.; GERÓNIMO-TORRES, J. D. C.; ORTIZ-GARCÍA, C. F.; AYALA ESCOBAR, V.; PÉREZ-DE LA CRUZ, M.; CAPPELLO-GARCÍA, S. 2019. Hongos asociados a *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en Tabasco, México. Revista Colombiana de Entomología 45 (2): e7960. <https://doi.org/10.25100/socolen.v45i2.7960>

Recibido: 02-mar-2018
Aceptado: 12-mar-2019
Publicado: 8-ene-2020

Revista Colombiana de Entomología
ISSN (Impreso): 0120-0488
ISSN (En línea): 2665-4385
<http://revistacolombianaentomologia.univalle.edu.co/>

Open access



BY-NC-SA 4.0
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>)

Publicadores / Publishers:
Sociedad Colombiana de Entomología
SOCOLEN (Bogotá, D. C., Colombia)
<http://www.socolen.org.co>
Universidad del Valle (Cali, Colombia)
<http://www.univalle.edu.co/>

© 2019 Sociedad Colombiana de Entomología
- SOCOLEN y Universidad del Valle - Univalle

Resumen: En el estado de Tabasco, México, la broca del café *Hypothenemus hampei*, se registró por primera vez en 2004. Desde entonces se ha convertido en la principal limitante insectil de la producción de café. El objetivo del presente trabajo fue identificar la micobiota asociada a adultos de *H. hampei*, recolectados en plantaciones de café en tres municipios de Tabasco: Teapa, Tacotalpa y Huimanguillo. Se recolectaron cerezas infestadas con la broca y se extrajeron los adultos de *H. hampei*. Los hongos que crecieron sobre los cadáveres de este Scolytinae se aislaron e identificaron morfológicamente. Dos aislamientos de cada especie morfológica se identificaron molecularmente. Se obtuvo un total de 74 aislamientos de la cutícula de *H. hampei*, de los cuales, 52 presentaron afinidad morfológica con *Fusarium solani*, cinco con *F. oxysporum*, cinco con *F. verticillioides*, uno con *Geotrichum candidum* y 11 con *Beauveria bassiana*. Las secuencias de ADN mostraron similitud con secuencias del GenBank, con homologías de 99 y 100 %, las cuales coincidieron con cada especie morfológica. La especie más abundante fue *F. solani* (70,2 %), seguida de *B. bassiana* (14,8 %). Las especies *F. verticillioides* y *F. oxysporum* representaron cada una el 6,7 %. La menos abundante fue *G. candidum* (1,3 %). Los hallazgos de *F. verticillioides* y *G. candidum* son nuevos registros de hongos micromicetos asociados a *H. hampei*.

Palabras clave: Broca del café, *Beauveria bassiana*, *Fusarium*, *Geotrichum*, control biológico, Coleoptera, Curculionidae, región Neotropical.

Abstract: In the state of Tabasco, Mexico, the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*, was reported for the first time in 2004. Since then it has become the main insect pest of coffee in this area. The aim of the present study was to document the mycobiota associated to *H. hampei* adults in coffee plantations of three localities of Tabasco: Teapa, Tacotalpa and Huimanguillo. Coffee berries infested with the coffee berry borer were collected from the field and adults of *H. hampei* were extracted. The fungi that grew on the Scolytinae cadavers were isolated and identified using taxonomic keys. Two isolates of each morphological species were molecularly identified. A total of 74 isolates was obtained from the cuticle of *H. hampei*. Of them, 52 presented morphological affinity with *Fusarium solani*, five with *F. oxysporum*, five with *F. verticillioides*, one with *Geotrichum candidum* and 11 with *Beauveria bassiana*. The DNA sequences showed similarity with sequences found in GenBank, with homologies of 99 % and 100 %, which coincided with each morphological species. The most abundant species was *F. solani* (70.2 %), followed by *B. bassiana* (14.8 %). The species *F. verticillioides* and *F. oxysporum* represented each one, at 6.7 %, respectively. The least abundant was *G. candidum* (1.3 %). The findings of the species *F. verticillioides* and *G. candidum* are new reports of micromycetes fungi associated with *H. hampei*. This study contributes to the knowledge of the diversity of fungi associated with *H. hampei*.

Keywords: Coffee berry borer, *Beauveria bassiana*, *Fusarium*, *Geotrichum*, biocontrol, Coleoptera, Curculionidae, Neotropical region.

Introducción

Hypothenemus hampei (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), es el insecto plaga más perjudicial en muchos países productores de café (*Coffea* spp.) (Vega *et al.* 2015; Infante 2018). Este insecto es originario de África Central y fue

introducido a Brasil en 1913, de donde se dispersó a los demás países productores de café de América y el Caribe (Infante *et al.* 2014). En 1978, la broca del café ingresó a México desde Guatemala a través del Soconusco, Chiapas (Baker 1984), dispersándose a todas las áreas productoras de café en el país. En el estado de Tabasco, *H. hampei* se registró por primera vez en el año 2004 (Ramírez-Del Ángel *et al.* 2007) y se ha convertido en el principal insecto plaga del café en la entidad.

Hypothenemus hampei utiliza los frutos de café como hábitat y para alimentación de estados inmaduros y adultos (Le Pelley 1968). Para ello, las hembras adultas perforan el fruto del café y colocan sus huevos en el endospermo. Cuando nacen las larvas se alimentan de la semilla del café, provocando disminución del rendimiento hasta de un 50 % (Mathieu *et al.* 1999). La broca del café pasa la mayor parte de su vida dentro del fruto de café, lo cual dificulta su control (Murphy y Moore 1990).

Muchas especies de Scolytinae presentan relaciones mutualistas con hongos, los cuales les sirven de alimento (Nakashima 1971). En otros casos, los hongos asociados se comportan como patógenos para la planta hospedera del insecto o pueden ser patógenos del insecto plaga (Posada *et al.* 1993). En Chiapas, México, Pérez *et al.* (2003), reportaron 15 hongos asociados a *H. hampei*; así también, Carrión y Bonet (2004) registraron 11 especies asociadas a *H. hampei* en plantaciones de café del estado de Veracruz. En Brasil, Gama *et al.* (2006), reportaron 10 géneros de hongos asociados con *H. hampei*.

El estudio de los hongos asociados a *H. hampei* contribuye al conocimiento de la biodiversidad y en el caso de hongos entomopatógenos podría resultar en una alternativa sustentable para el control de esta plaga. Al respecto, Bustillo *et al.* (1999) registraron a *Paecilomyces lilacinus* (Samson, 1974) atacando a *H. hampei*. Carrión y Bonet (2004) reportaron a *Beauveria bassiana* (Balsamo, 1835) asociada a la broca del café, y este hongo se considera el principal controlador de la broca del

café (Bustillo 2004). Debido a que la micobiota de la broca del café no ha sido estudiada en Tabasco, el objetivo de la presente investigación fue identificar los hongos asociados a la cutícula de los adultos de *H. hampei*, recolectados en agroecosistemas de café del estado de Tabasco, México.

Materiales y métodos

Los sitios de muestreo se ubicaron en los tres municipios que concentran la producción de café en el área: Teapa, Tacotalpa y Huimanguillo. En cada municipio se establecieron seis sitios de muestreo (Tabla 1). El muestreo se realizó de octubre a diciembre de 2015. En cada parcela se recolectaron 100 cerezas brocadas. Las cerezas se disecaron para buscar y recolectar todos los adultos (vivos y muertos) en el interior de la cereza.

Obtención de aislamientos. Las brocas que se extrajeron de las cerezas se desinfectaron superficialmente en una solución de hipoclorito de sodio al 0,5 %, durante 5 min, y se enjuagaron tres veces con agua destilada estéril. Posteriormente, los insectos se colocaron individualmente en cámara húmeda a 25 °C, durante 8 días, para permitir la expresión de hongos sobre los cadáveres. Los hongos que se desarrollaron sobre la cutícula de *H. hampei*, se aislaron y se multiplicaron en medio de cultivo agar-dextrosa de Sabouraud + 0,1 % de extracto de levadura (ADS + EL) (Feng-Yan y Quing-Tao 1991).

Caracterización morfológica. Las especies de hongos se identificaron con base en las estructuras reproductivas, según Samson (1981), Humber (1997), Watanabe (2002) y el manual de laboratorio de *Fusarium* de Leslie y Summerell (2006). Para ello, los aislamientos se crecieron en cajas de Petri con medio ADS + EL durante 14 d, para determinar las características de la colonia: tamaño, forma y conidiación. Además, una suspensión de esporas fue inoculada sobre discos

Tabla 1. Sitios de muestreo y aislamientos de hongos obtenidos a partir de la cutícula de *Hypothenemus hampei*, en plantaciones de café de Tabasco, México.

Municipio	Localidad	Georreferenciación		Altitud (m)	Aislamientos obtenidos
Huimanguillo	R/a. Arena 1ª sección	N17°24'11"	O093°33'06"	46	Hh1, Hh2, Hh3, Hh4, Hh5, Hh6
	R/a. Pedregalito 1ª sección	N17°27'35"	O093°32'48"	59	Hh7, Hh8, Hh9
	Ejido Chimalapa 2ª sección	N17°24'43"	O093°37'47"	91	Hh10, Hh11, Hh12, Hh13, Hh14
	Francisco J. Mujica	N17°22'31"	O093°38'49"	407	Hh15
	Malpasito	N17°20'23"	O093°36'03"	238	Hh16
	Chimalapa	N17°26'52"	O093°34'31"	203	Hh17, Hh18, Hh19, Hh20
	Ejido Tapijulapa	N17°27'30"	O092°45'41"	200	Hh21, Hh22, Hh23, Hh24, Hh25, Hh26, Hh27, Hh28, Hh29, Hh30, Hh31, Hh32, Hh33
Tacotalpa	Ejido Cerro Blanco 4ª sección	N17°25'60"	O092°48'52"	456	Hh34, Hh35, Hh36, Hh37, Hh38, Hh39, Hh40
	Ejido Cerro Blanco 2ª sección	N17°25'04"	O092°48'17"	371	Hh41, Hh42, Hh43, Hh44, Hh45, Hh46, Hh47, Hh48, Hh49, Hh50
	Ejido Cerro Blanco 5ª sección	N17°26'55"	O092°49'16"	194	Hh51, Hh52, Hh53, Hh54, Hh55, Hh56, Hh57
	Ejido Palo Quemado	N17°25'08"	O092°50'09"	947	Hh58, Hh59
	Ejido Zonu y Pastatal	N17°28'08"	O092°49'09"	188	Hh60, Hh61, Hh62, Hh63, Hh64, Hh65
Teapa	Vicente Guerrero	N17°31'42"	O092°55'57"	93	Hh66, Hh67
	Arcadio Zentella	N17°31'56"	O092°51'36"	45	Hh68, Hh69, Hh70, Hh71
	Nicolás Bravo 2ª sección	N17°29'46"	O092°57'27"	473	Hh72, Hh73, Hh74

de ADS + EL de 0,5 cm de diámetro, bajo un cubre objetos, para obtener estructuras microscópicas de cada aislamiento. Todos los discos inoculados se incubaron a 25 °C en cámara húmeda durante 5 d. Las características microscópicas de conidióforos, conidios y clamidosporas se observaron bajo el microscopio de campo claro y foto documentadas mediante digitalización de imágenes. La morfometría se realizó con el software Image Tool® (Wilcox *et al.* 2002). Los aislamientos “voucher” o comprobantes se depositaron en la colección de hongos entomopatógenos de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), en Villahermosa, Tabasco. La sinonimia

aceptada está basada en la información ofrecida en Index Fungorum (2018), MycoBank (2018) y EOL (2018).

Caracterización molecular. Dos aislamientos de cada especie morfológica se caracterizaron molecularmente. El ADN de los hongos estudiados se obtuvo de acuerdo con Ahrens y Seemüller (1992). La amplificación de las regiones ITS1 e ITS2 de los genes ribosomales (RNAr) se efectuó mediante la técnica de PCR, utilizando los iniciadores universales ITS4 (TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC) e ITS5 (GGA AGT AAA AGT CGT AAC AAG G) (White *et al.* 1990).

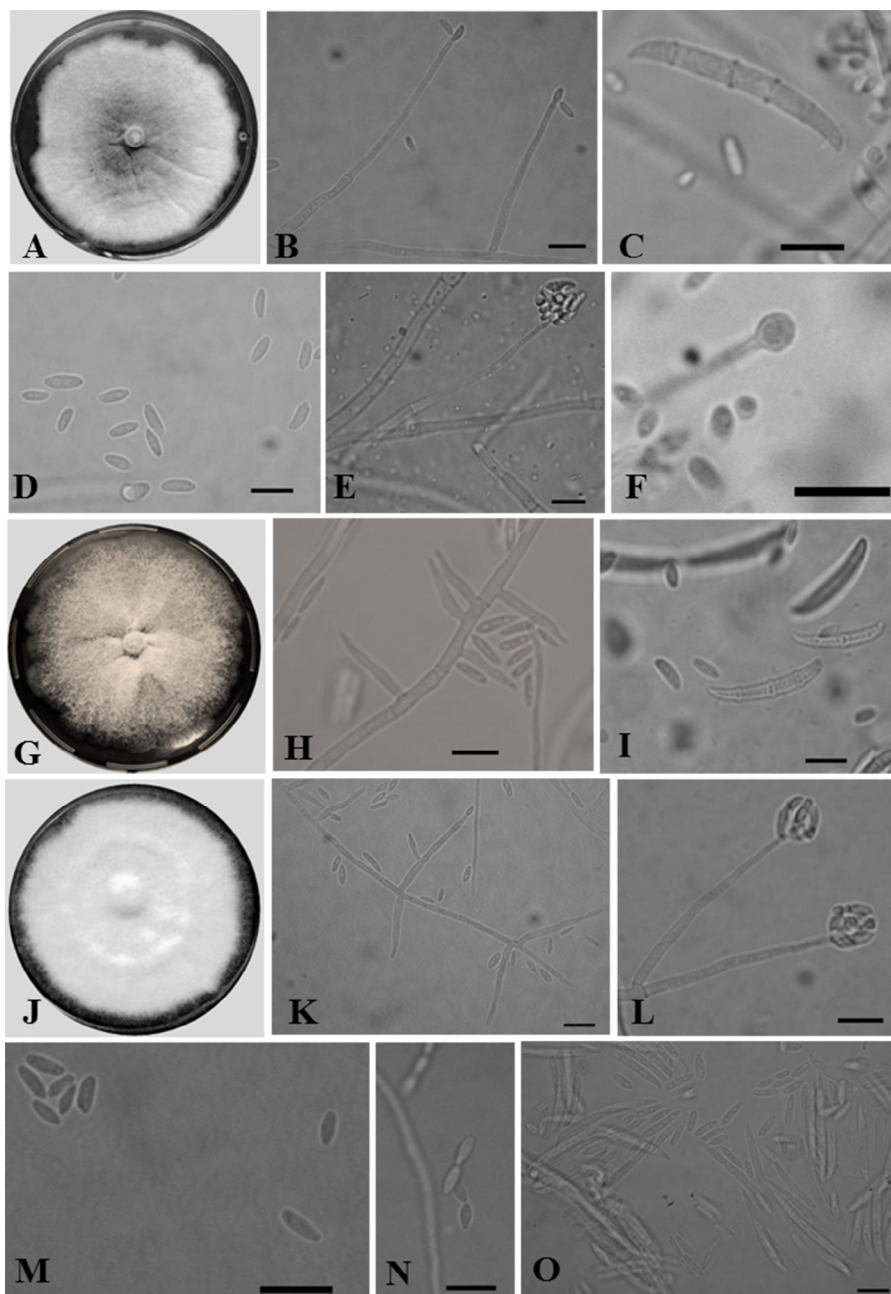


Figura 1. Hongos asociados a la cutícula de *Hypothenemus hampei*, en medios de cultivo PDA, a 25 °C. **A.** Colonia de *F. solani*; **B, C, D, E y F.** Conidióforo, macroconidios, microconidios, falsas cabezas y clamidospora terminal de *F. solani*, respectivamente. **G.** Colonia de *F. oxysporum*. **H, I.** Conidióforos cortos, microconidios y macroconidios de *F. oxysporum*. **J.** Colonia de *F. verticillioides*. **K, L, M, N, O.** Conidióforos, falsas cabezas, microconidios, microconidios en cadenas, macroconidios, respectivamente, de *F. verticillioides*. Descripción: Leslie y Summerell (2006). Barra = 10 µm.

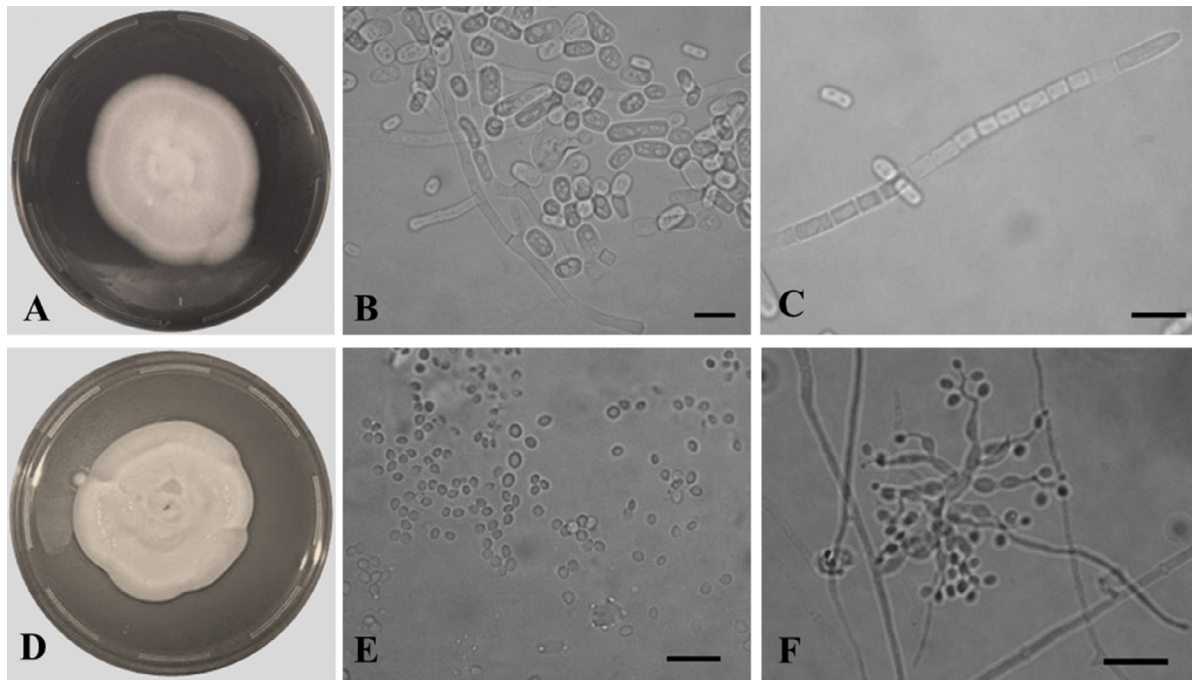


Figura 2. Hongos de los géneros *Geotrichum* y *Beauveria*, asociados a la cutícula de *Hypothenemus hampei*, en medio de cultivo PDA. **A.** Colonia. **B.** Artrosporas. **C.** Hifas de *G. candidum* dividida en cadena de arthroconidios; descripción: Watanabe (2002). **D.** Colonia. **E.** Conidios. **F.** Conidióforos de *B. bassiana*; descripción: Samson (1981) y Humber (1997). Barra = 10 µm.

La amplificación y visualización de los productos finales se realizó según el protocolo de Ahrens y Seemüller (1992). Los productos amplificados se purificaron con el kit Wizard (Promega®) y se enviaron para secuenciación a Macrogen®. Las secuencias se compararon con la base de datos del banco de genes del National Center for Biotechnology Information (NCBI 2015). Para la comparación de los valores generados con la secuencia de estudio se consideró una similitud $\geq 97\%$ (Stackebrandt y Goebel 1994).

Resultados

Un total de 74 aislamientos de micromicetos fue obtenido de la cutícula de *H. hampei*. De ellos, 52 presentaron afinidad morfológica con *Fusarium solani* (Martinus) Saccardo, 1881; cinco con *F. oxysporum* (Schlechtendahl) Snyder y Hansen,

1940; cinco con *F. verticillioides* (Saccardo) Nirenberg, 1976, (Fig. 1); uno con *Geotrichum candidum* (Link, 1809) y 11 con *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, 1912 (Fig. 2, Tabla 2).

La región amplificada de los aislamientos Hh7 y H16, especie morfológica *B. bassiana*, presentó un tamaño de 581 pb. La región de los aislados H12 y H61, especie morfológica *F. solani*, obtuvo un tamaño de 568 pb. Así también, las cepas Hh37 y Hh69, especie morfológica *F. oxysporum*, mostraron un tamaño de 556 pb. Las cepas Hh19 y Hh48 obtuvieron 563 pb y el aislamiento Hh20, especie morfológica *G. candidum*, presentó 361 pb. Las secuencias de estudio mostraron similitud con secuencias del GenBank, con homologías del 99 y 100 %, las cuales coincidieron con especies correspondientes a la especie morfológica, confirmando que los hongos aislados de la cutícula de *H. hampei* corresponden a cinco especies mencionadas (Tabla 3).

Tabla 2. Especies de hongos micromicetos aislados a partir de la cutícula de *Hypothenemus hampei*, identificados por taxonomía clásica.

Aislamiento	Especie morfológica
Hh6, Hh10, Hh11, Hh12, Hh13, Hh14, Hh15, Hh17, Hh18, Hh21, Hh22, Hh23, Hh24, Hh25, Hh26, Hh27, Hh28, Hh29, Hh30, Hh31, Hh32, Hh33, Hh34, Hh35, Hh36, Hh38, Hh41, Hh43, Hh44, Hh45, Hh49, Hh50, Hh51, Hh53, Hh54, Hh55, Hh56, Hh57, Hh58, Hh59, Hh60, Hh61, Hh62, Hh63, Hh64, Hh66, Hh67, Hh70, Hh71, Hh72, Hh73, Hh74	<i>Fusarium solani</i>
Hh37, Hh39, Hh42, Hh68, Hh69	<i>Fusarium oxysporum</i>
Hh5, Hh19, Hh47, Hh48, Hh52	<i>Fusarium verticillioides</i>
Hh20	<i>Geotrichum candidum</i>
Hh1, Hh2, Hh3, Hh4, Hh7, Hh8, Hh9, Hh16, Hh40, Hh46, Hh65	<i>Beauveria bassiana</i>

Tabla 3. Especies de hongos presentes en la cutícula de *Hypothenemus hampei*, determinados por amplificación de los espaciadores transcritos internos (ITS) 1 y 2, y de la región 5.8 S del ADN ribosomal.

Cepa	Identificación morfológica y molecular	Homología (%)	Cepa de referencia (GenBank)
Hh7	<i>Beauveria bassiana</i>	100	JQ266172
Hh16	<i>Beauveria bassiana</i>	99	JQ320361
Hh12	<i>Fusarium solani</i>	99	JQ723750
Hh61	<i>Fusarium solani</i>	99	KX078455
Hh37	<i>Fusarium oxysporum</i>	99	KJ715962
Hh69	<i>Fusarium oxysporum</i>	99	EU839381
Hh19	<i>Fusarium verticillioides</i>	99	KP003945
Hh48	<i>Fusarium verticillioides</i>	99	KX196811
Hh20	<i>Geotrichum candidum</i>	99	KJ579946

La especie más abundante fue *F. solani* (70,2 %), seguida de *B. bassiana* (14,8 %). *Fusarium verticillioides* y *F. oxysporum* representaron cada una el 6,7 % respectivamente. La especie menos abundante fue *G. candidum* (1,3 %) (Fig. 3).

Discusión

Este trabajo se constituye el primer estudio de los hongos micromicetos asociados a la cutícula de *H. hampei* a partir de brocas recolectadas en los municipios que concentran la producción de café en Tabasco. En plantaciones de café del estado de Chiapas, Pérez *et al.* (2003) reportaron 15 especies fúngicas en las que se incluye *F. solani*. Así también, Carrión y Bonet (2004) en Veracruz encontraron 11 especies, en las que se incluyen *F. solani*, *F. oxysporum* y *B. bassiana*. Para Brasil, Gama *et al.* (2006), registraron 10 géneros de hongos asociados con *H. hampei*, en las que se mencionan *Fusarium*, *Geotrichum* y *Beauveria*, los cuales también son reportados en la presente investigación. En nuestro estudio, la abundancia de especies encontradas sobre *H. hampei* fue menor a la encontrada por otros autores, lo cual pudo obedecer a diferencia de los métodos utilizados. También es importante señalar que, en esta investigación, el muestreo se realizó solamente en la época de lluvias, por lo que la microbiota asociada a *H. hampei* puede variar con respecto a otras épocas del año.

De las especies aisladas sobre *H. hampei*, *F. solani* fue la especie más abundante, lo cual fue similar a lo encontrado por Pérez *et al.* (2003) en el estado de Chiapas y por Gama *et al.* (2006), en Brasil. Morales *et al.* (2000), reportaron que *F. solani* mantiene una relación simbiótica mutualista con *H. hampei*; sin embargo, Pérez *et al.* (2005) concluyeron que no existe dicha relación. *Fusarium solani* también ha sido descrito como causante de la muerte descendente de ramas de café (Wellman 1977). Esta especie causa diversos tipos de enfermedades en al menos 111 especies de 87 géneros de plantas (Kolattukudy y Gamble 1995). Otros autores lo han descrito como parásito de diferentes insectos (Feng-Yan y Quing-Tao 1991) y como agente causal de enfermedades en humanos (Hernández *et al.* 2011).

Del género *Fusarium* también se identificaron las especies *F. oxysporum* y *F. verticillioides*. La presencia de *F. oxysporum* asociada a *H. hampei* coincide con los

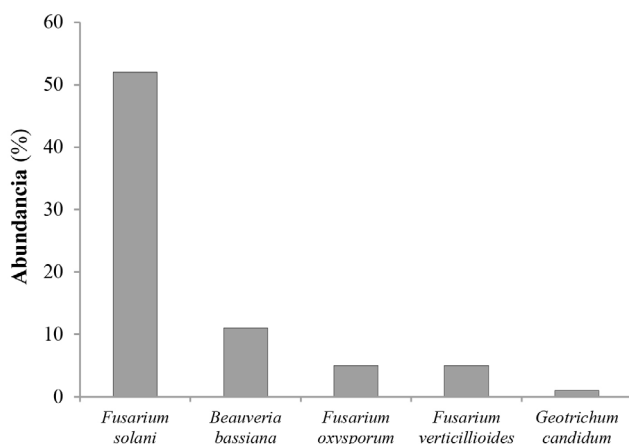


Figura 3. Abundancia relativa de micromicetos asociados a la cutícula de adultos de *Hypothenemus hampei* en plantaciones de café de Tabasco, México.

resultados de Carrión y Bonet (2004), en plantaciones de café de Veracruz. De acuerdo con estos autores, la presencia de *F. oxysporum* y *F. solani* en la cutícula de *H. hampei* y en sus galerías, puede tener repercusiones en la salud de la planta. Al respecto, Wellman (1977) reportó a *F. oxysporum* como agente causal de marchitez en plantas de café. *F. oxysporum* es cosmopolita y parasita más de 100 especies de plantas, gimno y angiospermas, en diferentes formas especiales (Bosland 1988). Otros autores lo han descrito como parásito de insectos (Sumling *et al.* 2013; Feng-Yan y Quing-Tao 1991). Por su parte, *F. verticillioides* no había sido asociado a *H. hampei*; sin embargo, se le ha reportado como entomopatógeno de *Tropidacris collaris* y *Ronderosia bergi* (Orthoptera: Acridoidea) (Pelizza *et al.* 2010). Por otro lado, *F. verticillioides* es considerado el principal patógeno de *Zea mays*, ya que es capaz de provocar pudriciones en la raíz, el tallo y la mazorca (Desjardins 2006).

Geotrichum candidum fue la especie menos abundante y no había sido reportada asociada a *H. hampei*; aunque Gama *et al.* (2006), habían registrado al género asociado a la broca. Así también, se tienen reportes de *G. candidum* como patógeno de plantas, causando pudrición en frutas y hortalizas (Trigos *et al.* 2008) aunque se desconoce su efecto sobre las cerezas de café. Por otro lado, *G. candidum*, agente causal de la geotricosis en humanos (Caretta 1959), no presenta registro alguno como entomopatógeno. Esta especie y *F. verticillioides* se suman a la lista de micromicetos asociados a *H. hampei*, junto con aquellos reportados por Pérez *et al.* (2003) y Carrión y Bonet (2004).

Beauveria bassiana fue la especie más abundante, después de *F. solani* y se encontró en el 40 % de los sitios muestreados. *B. bassiana* es el hongo entomopatógeno más utilizado en el control biológico de *H. hampei*. Al respecto, Bustillo (2004) reportó que, bajo condiciones de campo, *B. bassiana* (1×10^9 conidios/árbol) mostró el 30 % de efectividad sobre la broca, a los cinco días después de la aplicación. Por otro lado, *B. bassiana* es usado para el control de otros insectos plaga y es la especie de entomopatógeno más utilizada en el mundo (Alves *et al.* 2003).

Conclusiones

Se identificaron cinco especies de hongos asociados a cadáveres de *H. hampei*. Cuatro de ellas registradas como especies fitopatógenas de diferentes cultivos de las cuales, *F. solani* y *F. oxysporum* se han reportado como fitopatógenos del café y otras plantas tropicales. Las tres especies de *Fusarium*, identificadas en esta investigación, han sido descritas como parásitos de otros insectos; sin embargo, se desconoce el papel que desempeñan sobre *H. hampei*. La abundancia de especies asociadas a *H. hampei*, obtenida en cámaras húmedas, fue menor a la de otros autores. Las especies *F. verticillioides* y *G. candidum* son nuevos reportes de hongos micromicetos asociados a *H. hampei*. Se detectó la presencia de *B. bassiana* parasitando a *H. hampei* en el 40 % de los sitios de muestreo. Este estudio es un aporte al conocimiento de la diversidad de hongos asociados a *H. hampei*.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el Programa de Fomento a la Investigación de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, clave: UJAT-2012-IB-02.

Literatura citada

- AHRENS, U.; SEEMÜLLER, E. 1992. Detection of DNA of plant pathogenic mycoplasma-like organisms by a polymerase chain reaction that amplifies a sequence of the 16S rDNA gene. *Phytopathology* 82 (1): 828-832. <https://doi.org/10.1094/Phyto-82-828>
- ALVES, S. B.; PEREIRA, R. M.; LOPES, R.; TAMAI, M. B. 2003. Use of entomopathogenic fungi in latin America. pp. 193-211. En: Upashyay, R. K. (Ed.). *Advances in microbial control of insect pest*. Kluwer Academic. New York. 340 p. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4437-8_11
- BAKER, P. S. 1984. Some aspects of the behavior of the coffee berry borer in relation to its control in southern Mexico (Coleoptera, Scolytidae). *Folia Entomológica Mexicana* 61: 9-24.
- BOSLAND, P. W. 1988. *Fusarium oxysporum* a pathogen of many plant species. *Advances in Plant Pathology* 6 (1): 281-289. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-033706-4.50023-2>
- BUSTILLO, A. E.; BERNAL, M. G.; CHÁVEZ, B.; BENAVIDES, P. 1999. Dynamics of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* infecting *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) populations emerging from fallen coffee berries. *Florida Entomologist* 82 (4): 49-498. <https://doi.org/10.2307/3496468>
- BUSTILLO, P. A. E. 2004. ¿Cómo participa el hongo *Beauveria bassiana* en el manejo integrado del café? *Brocarta Cenicafé* (Colombia) 37 (1): 1-4.
- CARETTA, G. 1959. Caratteristiche morfo-biologiche di ceppi fungini del genere *Geotrichum* isolati da materiale umano. *Mycopathologia* 11 (3): 217-237. <https://doi.org/10.1007/BF02063079>
- CARRIÓN, G.; BONET, A. 2004. Mycobiota associated with the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae) and its galleries in fruit. *Annals of the Entomological Society of America* 97 (3): 492-499. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2004\)097\[0492:MAWT CB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2004)097[0492:MAWT CB]2.0.CO;2)
- DESJARDINS, A. E. 2006. *Fusarium* mycotoxins: chemistry, genetics and biology. *American Phytopathological Society*, St. Paul, MN. 268 p.
- EOL - ENCYCLOPEDIA OF LIFE. 2018. *Trichoderma reesei* E. G. Simmons 1977. Disponible en: <http://eol.org/pages/192915/names>. [Fecha revisión: 20 enero 2018].
- FENG-YAN, B.; QUING-TAO, C. 1991. *Fusarium* species on some insects from China. *Acta Mycologica Sinica* 10 (1): 120-128.
- GAMA, F.; TEIXEIRA, C.; GARCIA, A.; COSTA, J.; LIMA, D. 2006. Diversidade de fungos filamentosos associados a *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) e suas galerias em frutos de *Coffea canephora* (Pierre). *Neotropical Entomology* 35 (5): 573-578. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2006000500002>
- HERNÁNDEZ, C. C.; NÚÑEZ, Q. A.; RODRÍGUEZ, F. Y.; CARNOT, U. J.; MUÑO, P. J.; PÉREZ, R. G.; CHÁVEZ, M. R.; MOYA, P. I.; LLANES, R. N.; HART, C. M. 2011. Sepsis sistémica por *Fusarium solani* en pacientes con leucemias agudas. Reporte de dos casos. *Revista de Hematología Mexicana* 12 (4): 287-292.
- HUMBER, R. 1997. Fungi: identification. pp. 153-185. En: Lacey, L. (Ed.). *Manual of techniques insect pathology*. Academic press, New York, EE. UU. 369 p. <https://doi.org/10.1016/B978-012432555-5/50011-7>
- INDEX FUNGORUM. 2018. Disponible en: www.indexfungorum.org/ [Fecha revisión: 18 enero 2018].
- INFANTE, F. 2018. Pest management strategies against the coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 66 (21): 5275-5280. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04875>
- INFANTE, F.; PÉREZ, J.; VEGA, F. E. 2014. The coffee berry borer: the centenary of a biological invasion in Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 74 (3): 125-126. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.15913>
- KOLATTUKUDY, P. E.; GAMBLE, D. L. 1995. *Nectria haematococca*: pathogenesis and host specificity in plant diseases. pp. 83-102. En: Singh, U. S.; Singh, R. P.; Kohmoto, K. (Eds.). *Pathogenesis and host specificity in plant pathogenic fungi and nematodes*, Vol. 2 Eukaryotes. Pergamon, Oxford. 300 p.
- LE PELLEY, R. H. 1968. *Pests of coffee*. Longmans Green and Co., Londres. 590 p.
- LESLIE, J. F.; SUMMERELL, B. A. 2006. *The Fusarium laboratory manual*. Blackwell Publishing Professional. EE. UU. 388 p. <https://doi.org/10.1002/9780470278376>
- MATHIEU, F.; BRUN, L. O.; FRÉROT, B.; SUCKLING, D. M.; FRAMPTON, C. 1999. Progression in field infestation is linked with trapping of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Col., Scolytidae). *Journal of Applied Entomology* 123 (9): 535-540. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.1999.00400.x>
- MYCOBANK. Database. Disponible en: www.mycobank.org. [Fecha revisión: 20 enero 2018].
- MORALES, R. J.; ROJAS, M. G.; SITTERTZ, B. H.; SALDAÑA, G. 2000. Symbiotic relationship between *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) and *Fusarium solani* (Moniliales: Tuberculariaceae). *Annals of the Entomological Society of America* 93 (3): 541-547. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2000\)093\[0541:SRBHHC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2000)093[0541:SRBHHC]2.0.CO;2)
- MURPHY, S. T.; MOORE, D. 1990. Biological control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae): previous programmes and possibilities for the future. *Biocontrol News and Information* 11 (1): 107-117.
- NAKASHIMA, T. 1971. Notes on the associated fungi and the mycetangia of the ambrosia beetle, *Crossotarsus niponicus* Blandford (Coleoptera: Platypodidae). *Applied Entomology and Zoology* 6 (1): 131-137. <https://doi.org/10.1303/aez.6.131>
- NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION (NCBI). 2015. Disponible en: <http://ncbi.nlm.nih.gov> [Fecha revisión: 15 octubre 2015].
- PELIZZA, S. A.; STENGLEIN, S. A.; CABELLO, M. N.; DINOLFO, M. I.; LANGE, C. E. 2010. First record of *Fusarium verticillioides* as an entomopathogenic fungus of grasshoppers. *Journal of Insect Science* 11 (70): 1-8. <https://doi.org/10.1673/031.011.7001>
- PÉREZ, J.; INFANTE, F.; VEGA, E. F.; HOLGUÍN, F.; MACÍAS, J.; VALLE, J.; NIETO, G.; PETERSON, S. W.; KURTZMAN, C. P.; O'DONNELL, K. 2003. Mycobiota associated with the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in Mexico. *Mycological Research* 107 (7): 879-887. <https://doi.org/10.1017/S0953756203007986>
- PÉREZ, J.; INFANTE, F.; VEGA, F. E. 2005. Does the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae) have mutualistic fungi? *Annals of the Entomological Society of America* 98: 483-490. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2005\)098\[0483:DTCBBC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2005)098[0483:DTCBBC]2.0.CO;2)
- POSADA, F. J.; BUSTILLO, A. E.; SALDARRIAGA, G. 1993. Primer registro del ataque de *Hirsutiella eleutheratorum* sobre la broca del café en Colombia. *Cenicafé* (Colombia) 44 (4): 155-158.
- RAMÍREZ-DEL ÁNGEL, M. M.; GONZÁLEZ C.; BELLO, R.; ROMERO, B. 2007. Campaña nacional contra la broca del café en México: Operación y perspectivas. pp. 73-81. En: Barrera, J. F.; García, A.; Domínguez, V.; Luna C. (Eds.). *La broca del café en América tropical: Hallazgos y enfoques*. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México. 141 p.
- SAMSON, R. A. 1981. Identification the entomopathogenic Deuteromycetes. pp. 93-106. En: Burgers, H. D. (Ed.). *Microbial control of pest and plant disease*. Academic Press. Londres. 949 p.
- STACKEBRANDT, E.; GOEBEL B. M. 1994. Taxonomic note: a place for DNA-DNA reassociation and 16S rRNA sequence analysis in the present species definition in bacteriology. *International Journal of Systematic Bacteriology* 44 (4): 846-849. <https://doi.org/10.1099/00207713-44-4-846>
- SUMLING, Y.; CASTILLO, J. A. B.; LEZCANO, J.; PIEPENBRING, M.; CÁCERES, O. 2013. Hongos entomopatógenos asociados

- a insectos recolectados en plantaciones de café en el oeste de Panamá. *Tecnociencia* 15 (2): 29-391.
- TRIGOS, A.; RAMÍREZ, K.; SALINAS, A. 2008. Presencia de hongos fitopatógenos en frutas y hortalizas y su relación en la seguridad alimentaria. *Revista Mexicana de Micología* 28 (1): 125-129.
- VEGA, F. E.; INFANTE, F.; JOHNSON, A. J. 2015. The genus *Hypothenemus*, with emphasis on *H. hampei*, the coffee berry borer. pp. 427-494. En: Vega, F. E.; Hoffstetter, R. W. (Eds.). *Bark beetles: Biology and ecology of native and invasive species*. Academic Press. EE. UU. 620 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00011-3>
- WATANABE, T. 2002. Pictorial atlas of soil and seed fungi: Morphologies of cultured fungi and key to species. CRC Press. Florida. 486 p. <https://doi.org/10.1201/9781420040821>
- WELLMAN, F. L. 1977. Dictionary of tropical American crops and their diseases. The Scarecrow Press, Inc. Nueva Jersey. 515 p.
- WHITE, T.; BRUNS, T.; LEE, S.; TAYLOR, J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. pp. 315-322. En: Innis, M. A.; Gelfand, D. H.; Shinsky, J. J.; White, T. J. (Eds.). *PCR Protocols: a guide to methods and applications*. Academic Press. San Diego. 322 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1>
- WILCOX, C. D.; DOVE, S. B.; MCDAVID, W. D.; GREER, D. B. 2002. UTHSCSA Image Tool version 3.0: Freeware software available from the Department of Dental Diagnostic Science at the University of Texas Health Science Center at San Antonio, San Antonio, USA.

Origen y financiamiento

Este trabajo forma parte del proyecto "Hongos entomopatógenos asociados al agroecosistema café en Tabasco, México, y su potencial de biocontrol in vitro hacia Hypothenemus hampei" financiando por el Programa de Fomento a la Investigación de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, clave: UJAT-2012-IB-02.

Contribución de los autores

Magdiel Torres-de la Cruz: Líder del estudio, se encargó de coordinar el trabajo en equipo, y conciliar las diversas contribuciones. Responsable de la identificación morfológica y molecular.

José del Carmen Gerónimo-Torres: Responsable del muestreo y aislamiento de los hongos.

Carlos Fredy Ortiz-García: Responsable de la foto documentación de las características morfológicas de los aislamientos fúngicos.

Victoria Ayala Escobar: Se encargó de la extracción de ADN y PCR.

Manuel Pérez-de la Cruz: Fue responsable de la identificación morfológica de Hypothenemus hampei.

Silvia Cappello-García: Asesora en la identificación morfológica de los hongos.