

DIVERSIDAD DE HONGOS ASOCIADOS A COLMENAS DE *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae)

DIVERSITY OF FUNGI ASSOCIATED WITH HIVES OF *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae)

Alex Ríos-Moreno. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Panamá.

alex.morenom@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0003-3117-9659>

Franz Robles. Universidad Autónoma de Chiriquí, Vicerrectoría de Investigación y Posgrado. Panamá.

franz.robles@unachi.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0004-6820-7179>

Luis González. Universidad Autónoma de Chiriquí, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Panamá.

luis.gonzalez2@unachi.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0001-6771-3078>

Luis Vargas. Universidad Autónoma de Chiriquí, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Panamá.

luis.vargas1@unachi.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-9683-7547>

Roberto Guevara. Universidad Autónoma de Chiriquí, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Panamá.

roberto.guevara@unachi.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0007-6665-8605>

Aurelio Boya. Universidad Autónoma de Chiriquí, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Panamá.

aurelio.boyas@unachi.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0001-7630-7023>

*Óscar Martínez González. Universidad Autónoma de Chiriquí, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Panamá.

oscar.martinez@unachi.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0001-0720-8678>

*Autor de Correspondencia: oscar.martinez@unachi.ac.pa

Recibido: 21/02/2025

Aceptado: 19/03/2025

DOI <https://doi.org/10.48204/j.ia.v7n2.a7483>

RESUMEN. Las infecciones fúngicas son uno de los problemas emergentes más importantes para la salud de las colonias de abejas. Con el fin de identificar las especies de hongos presentes en las colmenas de *Apis mellifera*, y así reconocer si constituyen un problema en los apiarios de la región, se realizaron dos muestreos de hongos en tres colmenas escogidas al azar, pertenecientes a tres apiarios de la provincia de Chiriquí, (San Lorenzo, Los Algarrobos y Potrerillos), durante la temporada lluviosa y seca. Los hongos se aislaron de la pared y fondo de las colmenas (PF), Larvas de obreras (LO), pupas de obreras (PO), larvas de zánganos (LZ) y pupas de zánganos (PZ). Este estudio servirá como línea base en la identificación de hongos presentes en colmenas de *A. mellifera* en Panamá. Las especies de hongos identificados en las colmenas fueron: *Aspergillus terreus*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus caespitosus*, *Penicillium citrinum*, *Penicillium decumbens*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium commune*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium chlamydosporum*, *Cladosporium herbarum*, *Cladosporium cladosporioides*, *Chrysomya sitophila*, *Curvularia lunata*, *Rhizopus stolonifer*, *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces javanicus*. Considerados *B. bassiana* y *P. javanicus* como importantes entomopatógenos. El número de especies variaron por temporadas y por condiciones de las colmenas, registrando los géneros *Aspergillus* como los más abundantes y frecuentes en los tres sitios muestreados. Los índices de diversidad de Shannon-Wiener de especies de hongos fueron: San Lorenzo 'H= 1.69, Los Algarrobos 'H= 2.18 y Potrerillos 'H= 2.40. Los apiarios mostraron infecciones aceptables por hongos que provienen principalmente de las plantas hospederas que son visitadas por las abejas.

PALABRAS CLAVE: Apiarios, *Aspergillus*, *Beauveria*, colmena, *Fusarium*, *Penicillium*.

ABSTRACT. Fungal infections are one of the most important emerging problems for the health of bee colonies. To identify the fungal species, present in *Apis mellifera* hives, and thus recognize if they constitute a problem in the apiaries of the region, two fungal samples were taken in three randomly selected hives, belonging to three apiaries in

the province of Chiriqui (San Lorenzo, Los Algarrobos and Potrerillos), during the rainy and dry seasons. The fungi were isolated from the following sites: wall and bottom of the hives (PF), worker larvae (LO), worker pupae (PO), drone larvae (LZ), and drone pupae (PZ). This study will serve as a baseline for identifying fungi present in *Apis mellifera* hives in Panama. The fungal species identified in the hives were: *Aspergillus terreus*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus caespitosus*, *Penicillium citrinum*, *Penicillium decumbens*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium commune*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium chlamydosporum*, *Cladosporium herbarum*, *Cladosporium cladosporioides*, *Chrysomya sitophila*, *Curvularia lunata*, *Rhizopus stolonifer*, *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces javanicus*. *B. bassiana* and *P. javanicus* were considered important entomopathogens. The species varied by season and hive conditions, registering the genera *Aspergillus* as the most abundant and frequent in the three sampled sites. The fungal species diversity indices of Shannon-Wiener were San Lorenzo 'H= 1.69, Los Algarrobos 'H= 2.18, and Potrerillos 'H= 2.40. The sampled apiaries showed acceptable infections by fungi that come mainly from the host plants that are visited by honeybees.

KEYWORDS: Apiaries, *Aspergillus*, *Beauveria*, *Fusarium*, hive, *Penicillium*.

INTRODUCCIÓN

La apicultura, es una actividad que se ha practicado desde tiempos ancestrales en diversas partes del mundo, y con el tiempo, ha evolucionado hacia una industria de importancia global. Según las estadísticas más recientes, China continúa siendo el principal productor mundial de miel, contribuyendo con más del 40% de la producción global, lo que subraya la relevancia económica de la apicultura a nivel mundial (FAO, 2023). A pesar de los avances tecnológicos en algunos países, los apicultores enfrentan desafíos significativos relacionados con el manejo de las colonias de abejas, como la proliferación de enfermedades y la presencia de parásitos, entre los que se incluyen los hongos patógenos (Biri y Alemany, 1979; Calderón Fallas *et al.*, 2021).

Las infecciones fúngicas son uno de los problemas emergentes más importantes para la salud de las colonias. Entre los hongos más notorios se encuentra *Ascosphaera apis*, el agente causal de la enfermedad conocida como "cría yesificada" (Root y Deyell, 1960). Este hongo afecta principalmente las larvas de las abejas, lo que puede llevar a la destrucción de las colonias (García Rondón, 2019). Además, otros hongos como *Nosema apis* y *Nosema ceranae*, están asociados con el debilitamiento de las colonias y la disminución en la productividad, afectando tanto a las abejas adultas como a las larvas (Magro, 2019).

En países como Panamá, la apicultura ha estado históricamente limitada por factores como el clima tropical, la falta de infraestructura adecuada y el escaso conocimiento sobre las prácticas apícolas modernas. A pesar de su potencial, la producción de miel en Panamá sigue siendo en su mayoría de subsistencia, con pocas iniciativas para su industrialización o exportación (MIDA, 2024). La provincia de Chiriquí tiene el mayor número de productores apícolas y mayor número de colmenas que el resto del país., sin embargo, ha mostrado un crecimiento en la actividad apícola, lo que podría representar una oportunidad para el desarrollo de la apicultura comercial y la creación de mercados locales e internacionales. Estudios en países como Costa Rica y Cuba, han documentado la presencia de diversas enfermedades fúngicas en los apiarios, lo que ha provocado pérdidas significativas en la producción de miel. La infección fúngica de las abejas ocurre principalmente durante las fases de desarrollo larval y pupal, afectando en mayor medida a las larvas de los zánganos, pero también a las obreras y, en menor medida, a las reinas (Arias Mota *et al.*, 2015; Tejerina *et al.*, 2019). Estos hongos se propagan más fácilmente en condiciones de alta humedad y temperatura, lo que favorece su proliferación dentro de las colmenas, especialmente cuando la ventilación es inadecuada y la población de abejas es baja (Crespo *et al.*, 1991).

La necesidad de monitorear y controlar las enfermedades fúngicas en las colmenas se ha vuelto aún más urgente debido al impacto que tienen no solo sobre la salud de las abejas, sino también sobre la calidad de la miel y otros productos apícolas. La escasez de estudios en Panamá sobre las especies de hongos que afectan a las abejas melíferas limita nuestra comprensión sobre la prevalencia y la severidad de estas infecciones. Por ello, este estudio se centró en la identificación y aislamiento de especies fúngicas presentes en *A. mellifera* y sus colmenas en la provincia de Chiriquí, con el objetivo de contribuir a la creación de una base de datos que sirva para el control y la prevención de enfermedades en la apicultura local.

El presente trabajo proporciona información sobre la diversidad y abundancia de las especies fúngicas que pueden afectar a *A. mellifera*, con un enfoque en su identificación morfológica, así

como la asociación entre factores climáticos, como la temperatura y la humedad, y la proliferación de estos patógenos. Esta investigación no solo servirá para futuras iniciativas de control, sino también como base para la mejora de la productividad de las colmenas y el desarrollo sostenible de la apicultura en Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y colecta de la muestra

La investigación se llevó a cabo en la provincia de Chiriquí, donde se seleccionaron tres apiarios ubicados en el área de San Lorenzo que se localiza entre los 8°18'36'' latitud norte y 82°06'12'' Los Algarrobos que se ubica entre los 8°29'42'' latitud norte y 82°25'32'' longitud oeste y Potrerillos, ubicado a 8°37'58'' latitud norte y 82°30'14' longitud oeste'. En todos los apiarios se realizaron giras de colecta en temporada lluviosa y en temporada seca.

En cada apiario se examinaron tres colmenas escogidas al azar. En cada gira de colecta, de las colmenas seleccionadas se tomaron tres muestras de la pared y fondo. Se utilizaron hisopos estériles para la recolección de muestras. Estos se pasaron por la pared y el fondo de la colmena y luego fueron guardados individualmente en tubos de ensayos estériles. Los hisopos utilizados en la recolección de muestras fueron sembrados en platos Petri con Agar Extracto de Malta (MEA). Se colectaron además tres larvas y tres pupas de obreras y tres larvas y tres pupas de zángano, utilizando pinzas estériles y fueron depositadas en platos Petri estériles, que contenían MEA con antibióticos. Se utilizó el antibiótico cloranfenicol 0.05 g/L, para evitar el crecimiento de bacterias. En cada apiario de colecta se registraron los datos de temperatura ambiental y humedad relativa para posibles correlaciones a la presencia o no de las diversas especies de hongos.

Análisis de laboratorio

Todos los platos Petri fueron colocados en un sitio seco libre de humedad, a una temperatura ambiente. Las colonias desarrolladas en los platos Petri se observaron macroscópicamente en forma pura mediante transferencia a platos Petri con MEA que luego se incubaran a 32 °C aproximadamente. Los hisopos se esterilizaron en la autoclave. Luego fueron sembrados mediante la técnica de estriado en platos Petri con MEA para comprobar la pureza del cultivo.

La identificación de los hongos desarrollados en los cultivos puros se realizó mediante la técnica de montaje semipermanente para microscopia de luz, utilizando un microscopio de luz (marca: Stemi SV6. Carl Zeiss). Las observaciones se contrastaron con las claves taxonómicas de de Hoog *et al.*, (2000) y Domsch *et al.*, (2007). Las especies de hongos identificados fueron dibujadas y fotografiadas, utilizando microscopios de luz con escala en micras.

Análisis de Estadístico

Los resultados de aislamientos y número de especies de hongos por apiario y por temporada, se analizaron mediante ANOVA de un factor con el programa Minitab 22. En las comparaciones donde se obtuvieron diferencias significativas se procedió a realizar la prueba post-hoc Tukey con el programa Minitab 22.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presentan aspectos morfológicos de los hongos asociados a colmenas de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). La Figura 2 se muestra imágenes de los hongos asociados a las colmenas en Chiriquí, Panamá.

Figura 1

Hongos asociados a colmenas de Apis mellifera (Hymenoptera: Apidae), (**A**: *A. niger*, **B**: *A. terreus*, **C**: *A. flavus*, **D**: *B. bassiana*, **E**: *A. caespitosus*, **F**: *P. commune*, **G**: *C. lunata*, **H**: *P. javanicus*, **I**: *P. crisogenum*).

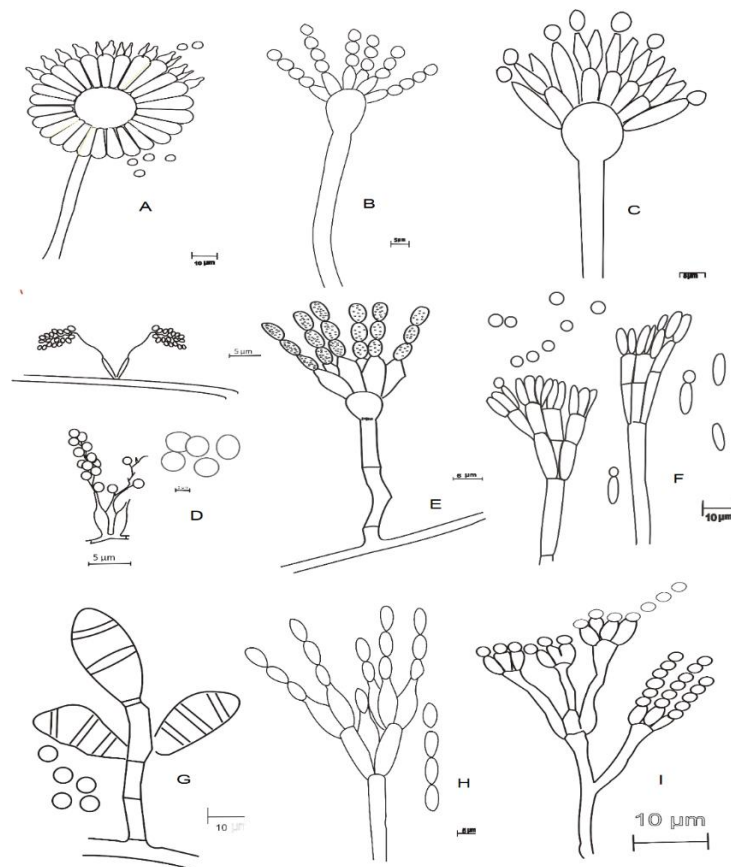
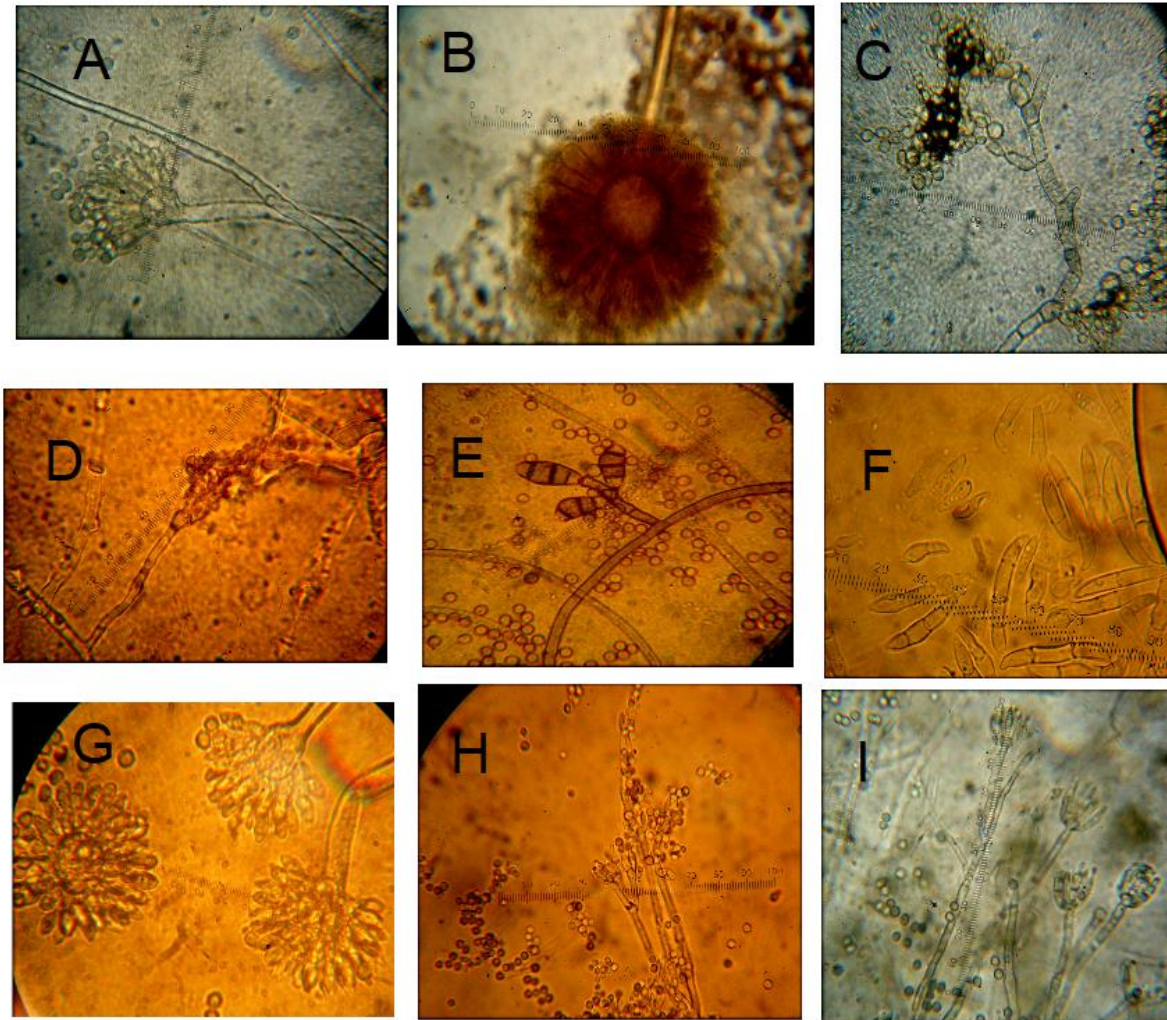


Figura 2

Hongos asociados a colmenas de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae), Chiriquí- Panamá (A: *A. flavus*, B: *A. niger*, C: *A. terreus* D: *A. caesillus*. E: *C. lunata*, F: *F. clamosporum*, G: *A. flavus*, H: *P. crysogenum*, I: *P. decumbens*).

**Total, de especies por sitio de muestreo:**

De los tres apiarios muestreados se tomaron un total de 90 muestras (Tablas 1, 2 y 3), en seis giras realizadas durante las temporadas lluviosa y seca. De las 90 muestras se lograron aislar 103 muestras de hongos, de los cuales se identificaron 9 géneros y 17 especies, 65 aislamientos en temporada lluviosa y 38 en temporada seca Figura 1 y 2. Los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* fueron los más aislados. La especie más abundante fue *Aspergillus flavus* con 17 aislamientos con presencia en los tres apiarios (Tabla 1, 2 y 3).

Los datos obtenidos en este estudio son comparables a los obtenidos por Crespo *et al.* (1991), quien obtuvo 98 muestras, 11 géneros y 21 especies en su estudio de especies de hongos, realizado

en apiarios de Puerto Rico, lo que aparentemente puede estar relacionado por la ubicación de los apiarios, en regiones tropicales.

Especies por apiario

Tabla 1

Especies de hongos presentes en la colmena de Apis mellifera en diferentes épocas del año en el apiario de San Lorenzo. Chiriquí, Panamá.

Taxa	PF		LO		PO		LZ		PZ		Total
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
<i>Aspergillus flavus</i>	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	8
<i>Aspergillus niger</i>	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	8
<i>Curvularia lunata</i>	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	6
<i>Paecilomyces javanicus</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Penicillium citrinum</i>	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	7
<i>Penicillium decumbens</i>	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	3
Total	5	4	3	4	2	2	5	4	3	2	34

I: Temporada lluviosa, II: Temporada seca, PF: Pared y fondo de la colmena, LO: Larva de obrera, PO: Pupa de obrera, LZ: Larva de zángano, PZ: Pupa de zángano.

En el apiario de San Lorenzo se identificaron seis especies en cuatro géneros de hongos en 34 aislamientos, 18 en época lluviosa y 16 en época seca. De PF y LZ se obtuvieron nueve aislamientos. Las especies con mayor presencia fueron *A. flavus* y *A. niger* con ocho cada una y *P. javanicus* fue la menos aislada con dos. *A. niger* se aisló en todas las secciones de la colmena (Tabla 1, Figura 1 y 2). Todas especies muy abundantes en el medio ambiente y cosmopolitas, las cuales se pueden aislar de muchas variedades de plantas y sustratos diversos (Mier *et al.*, 2002; Conradie *et al.*, 2024).

El apiario de San Lorenzo pertenece al IPT Abel T. Miranda, el cual es un colegio agropecuario del oriente Chiricano, por lo que el mismo es utilizado constantemente para instruir a los estudiantes de colegio en la rama de la apicultura. Esta práctica lleva consigo el buen manejo de un apiario (Conradie *et al.*, 2024). Por otro lado, Forsgren *et al.* (2018), indican que las prácticas de manejo y limpieza de los apiarios contribuyen a la prevención y detección de enfermedades en la abeja melífera. Además, estos autores señalan que ayudan a evitar la invasión de diversos agentes patológicos que afectan a esta especie, a la producción de miel, los derivados y a la colmena en general, entre las cuales se asocian algunas especies de hongos, los cuales causan grandes pérdidas a esta industria.

De las seis especies identificadas en este apiario, *A. flavus*, *A. Níger*, *P. citrinum*, *P. decumbens*, *C. lunata* son muy comunes y se han reportado como hongos de ambientes (de Hoog *et al.*, 2000), los cuales también han sido reportados como contaminantes de mieles, vinos y alimentos (Douthat *et al.*, 2006). La especie *Paecilomyces javanicus*, es reportada como frecuente en hojarasca y materia orgánica, aunque pertenece a un género utilizado en el control de insectos y nematodos. Crespo *et al.* (1991), reportaron, *P. variotii* en las paredes y fondos de la colmena, esta especie ha

sido aislada de insectos momificados y utilizada actualmente como control biológico contra insectos parásitos de diversas plantaciones (Domsch *et al.*, 2007). Sin embargo, la poca cantidad de especies identificadas en 34 aislamientos efectuados en el apiario de San Lorenzo muestra una diversidad y riqueza de especies hongos muy baja ($H'=1.69$), lo que concuerda con lo expuesto por Forsgren, *et al.* (2018), los cuales sugieren, entre otras medidas, que la limpieza constante de la colmena es importante para reducir la invasión de hongos, bacterias y ácaros perjudiciales a la colmena. Esta práctica podría explicar la baja diversidad de especies de hongos en el micro ecosistema de la colmena, que se ve constantemente intervenido por el personal encargado de prácticas, permitiendo esto que las especies que se adaptan a tales condiciones de estrés dominen en abundancia, debido a la poca competencia que tienen de otras especies. Otra posible explicación se apoya en lo indicado por Becchimanzi y Nicoletti (2022), quienes sugieren que las especies del género *Aspergillus*, ejercen una presión de selección como saprófito debido a su abundante reproducción lo que aparentemente no permite el crecimiento de otros hongos que pudieran ser perjudiciales a la colmena.

Tabla 2

Especies de hongos presentes en la colmena de Apis mellifera en diferentes épocas del año en el apiario de Potrerillos Chiriquí, Panamá.

Taxa	PF		LO		PO		LZ		PZ		Total
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
<i>Aspergillus caespitosus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Aspergillus flavus</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
<i>Aspergillus niger</i>	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	6
<i>Aspergillus terreus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Chrysonilia sitophila</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2
<i>Curvularia lunata</i>	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	4
<i>Fusarium chlamydosporum</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
<i>Fusarium oxysporum</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Penicillium citrinum</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2
<i>Penicillium decumbens</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2
<i>Penicillium chrysogenum</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	3
<i>Rhizopus stolonifera</i>	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	3
Total	4	0	6	1	6	3	4	1	5	0	30

I: Temporada lluviosa, II: Temporada seca, PF: Pared y fondo de la colmena, LO: Larva de obrera, PO: Pupa de obrera, LZ: Larva de zángano, PZ: Pupa de zángano.

En el apiario de Potrerillos, se logró un total de 30 aislamientos, para identificar 7 géneros y 13 especies, 25 en temporada lluviosa y 5 en temporada seca con una diversidad de $H'=2.40$. De PO y LO se obtuvieron seis aislamientos. La especie con mayor presencia fue *A. niger* con seis, que se ubicó en todas las secciones de la colmena (Tabla 2). Este apiario es utilizado por el propietario, para la extracción de miel y su venta a la empresa Cítricos de Chiriquí S.A., ubicado en la misma región. El propietario del apiario mantiene un constante monitoreo en las colmenas, lo que incluye limpieza, alimentación, e intercambio de celdas de las colmenas. Sin embargo, a pesar de este continuo mantenimiento, se identificó en este apiario la mayor cantidad de especies de hongos.

Durante las dos primeras giras de muestreo se observó, que el área donde se ubican las colmenas estaba cubierta por una densa vegetación y cercana a una quebrada, lo que puede contribuir a mayor cobertura vegetal. Si le sumamos otros factores ambientales como su alta precipitación y humedad relativa, propia del área, se reúnen las condiciones necesarias para que prosperen las diversas colonias de hongos (Arias Mota *et al.*, 2015). Las condiciones descritas pueden ser la causa de que en menos cantidad de aislamientos se hayan podido identificar mayor cantidad de especies que en los otros dos sitios de muestreo.

Tabla 3

Especies de hongos presentes en la colmena de Apis mellifera en diferentes épocas del año en el apiario de Los Algarrobos. Chiriquí, Panamá.

Taxa	PF		LO		PO		LZ		PZ		Total
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
<i>Aspergillus flavus</i>	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	7
<i>Aspergillus terreus</i>	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	6
<i>Beauveria bassiana</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2
<i>Chrysosporium sitophilum</i>	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	7
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
<i>Cladosporium herbarum</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	3
<i>Fusarium chlamydosporum</i>	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	6
<i>Paecilomyces javanicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Penicillium commune</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
<i>Penicillium decumbens</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Rhizopus stolonifera</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
Total	3	3	4	6	6	3	4	4	5	1	39

I: Temporada lluviosa, II: Temporada seca, PF: Pared y fondo de la colmena, LO: Larva de obrera, PO: Pupa de obrera, LZ: Larva de zángano, PZ: Pupa de zángano.

En el apiario de Los Algarrobos, se lograron un total de 39 aislamientos, 22 en la época lluviosa y 17 en la época seca, LO y PO fueron las secciones con mayores aislamientos 10 y 9 respectivamente en 8 géneros y 11 especies, para una diversidad de $H' = 2.18$, y riqueza de especies de 11 (Tabla 1 y 4). *A. flavus* y *B. bassiana* fueron las más aisladas con 7 cada una, *P. javanicus* y *P. decumbens* las menos aislada con solo uno (Tabla 3). Es importante indicar que el apiario de Los Algarrobos es de uso privado para la venta de miel a la población aledaña; La ubicación del apiario se da en una zona de abundante vegetación y excesiva maleza alrededor de las colmenas, por lo que se entiende que los cuidados que recibe la colmena de *Apis mellifera*, durante el año no son los más apropiados según el manual de patología. Puesto que el propietario indica que sólo puede visitarlas en la época de alimentarlas y de cosechar la miel, se obtienen pocos datos del manejo, de producción y cantidad de abejas de la colmena. Según, Forsgren, *et al.* (2018), Arias Mota *et al.* (2015), las condiciones descritas favorecen la colonización de especies de hongos que pueden o no afectar a las abejas; a su vez se detectó la presencia de ácaros en las larvas y pupas de la abeja melífera los cuales son reportados en el manual de patologías apícola como un problema serio entre las colmenas de abejas y provocado por la falta de limpieza (Torres y Torres, 2020).

Aislamientos por sitio de la colmena

Tabla 4

Número de aislamientos de especies de hongos presentes, dentro de la colmena, en diferentes épocas del año. San Lorenzo, Los Algarrobos y Potrerillos Chiriquí, Panamá.

Sección de la colmena San Lorenzo	I	II	Total
PF	5	4	9
LO	3	4	7
PO	2	2	4
LZ	5	4	9
PZ	3	2	5
Total	18	16	34
Sección de la colmena Los Algarrobos	I	II	34
PF	3	3	6
LO	4	6	10
PO	6	3	9
LZ	4	4	8
PZ	5	1	6
Total	22	17	39
Sección de la colmena Potrerillos	I	II	Total
PF	4	0	4
LO	6	0	6
PO	6	3	9
LZ	4	1	5
PZ	5	1	6
Total	25	5	30

PF: Pared y fondo de la colmena, LO: Larva de obrera, PO: Pupa de obrera, LZ: Larva de zángano, PZ: Pupa de zángano. I: Temporada lluviosa, II: Temporada seca.

El número de hongos aislados durante la temporada lluviosa (25) superó ampliamente las especies de hongos identificados en la temporada seca. Así mismo PF y LO presentaron los mayores números en cuanto a infección fúngica.

Para el apiario de San Lorenzo, en comparación con las 11 especies aisladas en Los Algarrobos, solo las especies *Aspergillus flavus*, *Penicillium decumbens* y *Paecilomyces javanicus* repiten, en el apiario de San Lorenzo (Tabla 1). Adicionalmente, *Aspergillus terreus* se reporta (Tabla 2), en el apiario de los Algarrobos, del cual existen informes de haberse aislado de productos agrícolas almacenado (Abarca, 2000; Mier *et al.*, 2002). También se aisló la especie *Penicillium commune*, la cual en altas concentraciones puede causar diarrea, convulsiones y muerte en animales de experimentación, debido a su rápida invasión de alimentos almacenados, por los que es importante mantener la higiene en las colmenas. En el apiario de San Lorenzo se obtuvo la mayor diversidad hongos, en las muestras tomadas de PF con cinco especies en época lluviosa y cuatro especies de

hongos en época seca, para un total de nueve aislamientos (Tabla 1). En LZ se aislaron cinco especies en temporada lluviosa y cuatro en temporada seca (Tabla 4).

Todas las especies presentes en el apiario de Potrerillos han sido reportadas como hongos ambientales (Bucio *et al.*, 2005; Ramos Carvajal 2023), que pueden ser llevados al apiario por las abejas desde la vegetación visitada en la recolección. Pueden ser de cuidado las especies *Aspergillus caespitosus*, *Penicillium chrysogenum* y *Fusarium oxysporum*, reportadas en los apiarios de San Lorenzo, Potrerillos y Los Algarrobos.

Los resultados de los tres apiarios, 43 aislamientos para LO y PO, representa un 42% del total de las muestras tomadas. LZ y PZ con 39 aislamientos representaron un 38% y PF con 21 aislamientos, que representaron el 20% del total de las muestras tomadas en los tres apiarios. Estos datos demuestran que PO y LO son los lugares donde mayormente se ubican las esporas de hongos. Estos resultados pueden relacionarse con el hecho de que son las obreras quienes llevan a cabo la labor de recolección para la elaboración de miel en la colmena y son las que en su mayor parte se exponen a la contaminación fúngica (Álvarez *et al.*, 2017). Como las crías de las obreras reciben mayor atención de las abejas en el proceso de alimentación y demás cuidados, podría esto explicar la mayor concentración de esporas de hongos en PO y LO. Crespo *et al.* (1991), encontraron altos porcentajes de hongos en las muestras de polen, indicando que los hongos en su mayoría son traídos por las obreras adultas, y dispersados en el ambiente de la colmena.

Los datos obtenidos en esta investigación sugieren que podría existir una estrecha relación entre las especies de plantas que rodean los apiarios y las colmenas de abejas. Estas plantas además de ser fuente de nutrientes para las abejas también son los principales reservorios para la contaminación fúngica de las abejas (Bucio *et al.*, 2005; Stamets *et al.*, 2018). Sin embargo, a pesar de haberse aislado diversas especies de hongos en los tres apiarios, no se observaron ni reportaron problemas graves por infección micológica en los diversos apiarios estudiados. Tal situación sugiere que existe una flora típica de especies de hongos en las colmenas sanas (Stamets *et al.*, 2018). Estos hongos en general no parecen ser perjudiciales a las colmenas, si no que desarrollan en diversas relaciones simbióticas. Parish *et al.* (2020), demostraron que las esporas de algunas especies de hongos como *Fusarium sp.* pueden ser colectadas por las abejas para mejorar la calidad de la dieta, cuando los valores nutricionales del polen son bajos (Bucio *et al.*, 2010). Estas relaciones parecieran no afectar negativamente la producción de miel. Estas especies funcionan como control biológico contra virus, bacterias y otras especies de hongos que podrían ser perjudiciales (Douthat *et al.*, 2006).

Es probable entonces que muchas de las especies ambientales aisladas en el presente estudio, puedan ser especies indicadoras de contaminación y a la vez la presencia de especies como *P. chrysogenum*, puedan funcionar como control biológico sobre otras especies de hongos y bacterias que podrían ser de peligro para las colmenas (Fernández Chaguay, 2022). Sin embargo, la diversidad y abundancia de especies de hongos observada en los tres apiarios podría sugerir que su crecimiento en distintas regiones de la colmena pudiera ser no siempre accidental, ya que como se ha mencionado, las abejas obreras pueden coleccionar las esporas, ya sea por confusión o por motivos de complemento nutricional (Rutkowski *et al.*, 2023).

Comparaciones por apiario, por temporada

El ANOVA de un factor mostró diferencias significativas entre los aislamientos realizados por temporada por apiario ($p=0.003 \leq 0.05$), y las comparaciones Tukey mostraron la formación de dos y tres grupos respectivamente, basados en los números de aislamientos por temporada por apiario (Tabla 5).

Tabla 5

Agrupación de Aislamientos, utilizando el método de Tukey con una confianza de 95%.

	Tukey
Sitio de muestreo	P= 0.003
I Los Algarrobos	3.667 ^a
I San Lorenzo	3.000 ^{ab}
II San Lorenzo_1	2.667 ^{ab}
I Potrerillos	1.923 ^b
II Los Algarrobos_1	1.889 ^b
II Potrerillos_1	1.000 ^b

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Los datos Los Algarrobos (I) (Tabla 5) tiene el mayor número de aislamientos de hongos, lo que sugiere que este apiario está bajo condiciones ambientales más favorables para el crecimiento de hongos. Es probable que los factores climáticos o las prácticas de manejo en este apiario necesiten ser revisados para mitigar el riesgo de enfermedades fúngicas.

Potrerillos_1 (II), al tener la media más baja, parece estar mejor controlado en cuanto a los aislamientos de hongos. Esto podría reflejar mejores prácticas de manejo en cuanto a la ventilación, higiene o control de humedad.

Es importante que los apicultores se concentren en mejorar las condiciones en los apiarios con mayores aislamientos de hongos (como Los Algarrobos (I)), a fin de reducir el riesgo de enfermedades fúngicas que podrían afectar la salud de las colonias de abejas. La prueba LSD de Fisher confirma que las temporadas o condiciones de los diferentes apiarios tienen un impacto significativo en la cantidad de aislamientos de hongos. Los apiarios con medias más altas requieren más atención para mejorar las condiciones de manejo, mientras que aquellos con medias bajas parecen estar mejor controlados. No se encontraron diferencias significativas entre el número de especies aisladas e identificadas por temporada por apiario.

CONCLUSIONES

Ciento tres (103) cepas de hongos fueron aisladas, de los cuales se logró identificar un total de diecisiete (17) especies en nueve (9) géneros.

El apiario de Potrerillos presento la mayor diversidad de hongos con $H' = 2.40$. El segundo apiario con mayor diversidad fue la de los Algarrobos, con una diversidad de $H' = 2.18$. Por último, el apiario de San Lorenzo con una diversidad de $H' = 1.69$.

Las especies de hongos identificadas son consideradas como ambientales excepto *Paecilomyces javanicus* y *Beauveria bassiana*, que son consideradas como patógenos de insectos.

Los apiarios mostraron infecciones aceptables por hongos que provienen principalmente de las plantas hospederas que son visitadas por las abejas recolectoras.

AGRADECIMIENTOS

Al colegio Abel Tapiero Miranda de San Lorenzo.

REFERENCIAS

- Abarca, L. (2000). Taxonomía e identificación de especies implicadas en la aspergilosis nosocomial. *Revista Iberoamericana de Micología*, 17, 78-79.
- Álvarez-Ramírez, A., Jiménez-González, L., Ortiz-Muñoz, E., Ruíz-García, I., y Orozco-Hernández, R. (2017). Influencia de las condiciones ambientales en la presentación de Ascosferosis (*Ascosphaera apis*) o cría de cal en *Apis mellifera* (abeja). *Abanico veterinario*, 7(3), 37-46. <https://doi.org/10.21929/abavet2017.73.4>
- Arias Mota, R. M., Heredia Abarca, G., y Castañeda Ruiz, R. F. (2015). Adiciones al conocimiento de la diversidad de los hongos conidiales saprobios del bosque mesófilo de montaña del estado de Veracruz IV. *Acta Botánica Mexicana*, (113), 87–101. <https://doi.org/10.21829/abm113.2015.1097>
- Becchimanzi, A., y Nicoletti, R. (2022). *Aspergillus*-bees: A dynamic symbiotic association. *Frontiers in Microbiology*, 13, Arth<https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.968963>
- Biri, M., y Alemany, A. (1979). Cría moderna de las abejas. Editorial de Verchi, S. A. Barcelona, España. 287 pp.
- Bucio, C., Martínez, O., y Torres, J. (2005). Hongos Asociados al polen recolectado por las abejas. ICA. 1-6

- Bucio, C. M., López Preciado, G., Martínez, O. A., & Torres Morales, J. J. (2010). Micoflora asociada a granos de polen recolectados por abejas domésticas (*Apis mellifera* L). *Nova Scientia*, 2(4), 93-103.
- Calderón Fallas, R. Á., Sánchez Chávez, L. A., y Aguilar Monge, I. (2021). XII Congreso Mesoamericano de Abejas Nativas: Desafíos y oportunidades para la conservación de las abejas nativas, 20 y 21 de noviembre.
- Crespo, D., Laguillo, O., López, B., Pesante, D. y Berrios, A. (1991). Catastro de hongos presentes en colmenas de la abeja melífera (*Apis mellifera*), en el área oeste de Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science*, 27, 75-79.
- Conradie, T. A., Lawson, K., Allsopp, M., y Jacobs, K. (2024). Exploring the impact of fungicide exposure and nutritional stress on the microbiota and immune response of the Cape honeybee (*Apis mellifera capensis*). *Microbiological Research*, 280, 127587.
- de Hoog, G., Guarro, J., Gene, J., y Figueras, M. (2000). Atlas of clinical Fungi, 2ed. CBS. and Universidad Rovira I Virgili. 1126 pp.
- Douthat, L., Chamorro, E., Sequeira, A. y Velasco, G. (2006). Aislamiento e identificación de los hongos en mieles, equipamiento y medio ambiente en una sala de extracción de la zona apícola II de la provincia del Chaco. Conexiones JJ. Grupo de investigación en Química Organiza Y biológico. U. T. N. Colombia.
- Domsch, K., Gams, W., y Anderson, T. (2007). Compendium of soil fungi. Second edition. IHW-Verlag: Eching, Germany, 2007; pp. 1–672.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. (2023). Día Mundial de las Abejas. Retrieved from FAO web site: <https://www.fao.org/world-bee-day/es/>
- Fernández Chaguay, C. F. (2022). Análisis de los métodos de control del Acaro *Varroa destructor* (Oudemans 1904) de colmenas sobre abejas *Apis mellifera* productoras de miel (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2022).
- Forsgren, E., Locke, B., Sircoulomb, F., y Schäfer, M. O. (2018). Bacterial diseases in honeybees. *Current Clinical Microbiology Reports*, 5, 18-25.
- García Rondón, D. (2019). Evaluación del efecto antimicrobiano de un biopreparado probiótico frente a agentes patógenos de *Apis mellifera* L (Doctoral dissertation, Universidad de Matanzas. Facultad de Ciencias Agropecuarias).
- Magro, A. U. (2019). *Factores determinantes de la nosemosis en Apis mellifera iberiensis* (Doctoral dissertation, Universidad Complutense de Madrid).
- Mier, T., Torriello, C. y Ulloa, M. (2002). Hongos microscópicos saprobios y parásitos: Métodos de Laboratorio. UNAM. 88 pp.

- Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2024). Actividad apícola se incrementa en Panamá. <https://mida.gob.pa/2024/05/15/actividad>
- Parish, J. B., Scott, E. S., y Hogendoorn, K. (2020). Nutritional benefit of fungal spores for honeybee workers. *Scientific Reports*, 10(1), 15671.
- Ramos Carvajal, M. G. (2023). Estudio molecular de la prevalencia parasitaria causada por los hongos *nosema ceranae* y *nosema apis* en abejas de la miel *Apis mellifera* y meliponinos en Panamá (Doctoral dissertation, Universidad de Panamá).
- Root, A. y Deyell, M. (1960). ABC y XYZ de la apicultura. Enciclopedia de la cría científica y práctica de las abejas. Editorial continental s. a. México. Calderón, R. A., Rivera, G. y L.G. Zamora. 2005. Presencia de cría de Tiza (*Ascosphaera apis*) afectando colmenas de abejas africanizadas (*Apis mellifera*) bajo las condiciones normales de Costa Rica. U. N. de Costa Rica. *Boletín de Parasitología*, 6(2-3).
- Rutkowski, D., Weston, M., y Vannette, R. L. (2023). Bees just wanna have fungi: a review of bee associations with nonpathogenic fungi. *FEMS Microbiology Ecology*, 99(8), fiad077.
- Stamets, P. E., Naeger, N. L., Evans, J. D., Han, J. O., Hopkins, B. K., Lopez, D., y Sheppard, W. S. (2018). Extracts of polypore mushroom mycelia reduce viruses in honeybees. *Scientific Reports*, 8(1), 13936.
- Tejerina, M. R., Cabana, M. J., Flores, J. M., y Ahrendts, M. B. (2019). Estudios de cepas de *Ascosphaera apis* aisladas de pólenes comerciales de diferentes provincias españolas y su capacidad de producción enzimática. *Archivos de zootecnia*, 68(263), 324-330.
- Torres, D. J., y Torres, N. A. (2020). Modelado de la influencia de los ácaros en las poblaciones de abejas melíferas. *Ciencias Veterinarias*, 7(3), 139. <https://doi.org/10.3390/vetsci7030139>