



Diversidad de especies de hifomicetos acuáticos en espuma y hojarasca sumergida en áreas rurales y urbanizadas del río Caimito, Boquerón, Chiriquí, Panamá

Diversity of aquatic hyphomycetes in foam and submerged leaf litter in rural and urbanized areas of the Caimito River, Boqueron, Chiriquí, Panama

Victor J. Reyes

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

Victor.reyes1@unachi.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0004-2975-2174>

Tina A. Hofmann

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

Tina.hofmann@unachi.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0003-1124-402X>

Hilda L. Lezcano

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

Hilda.lezcano@unachi.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-2267-3092>

Orlando A. Cáceres

Universidad Autónoma de Chiriquí, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Escuela de Biología, Panamá.

Orlando.caceres@unachi.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-4130-3011>

Fecha de recepción: 9 de abril de 2025

Fecha de aceptación: 20 de mayo 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/j.tecno.v27n2.a7673>

RESUMEN

Los hifomicetos acuáticos son un grupo de hongos asexuales especializados en la descomposición de la materia orgánica y ciclados de nutrientes en los ecosistemas acuáticos. El estudio de la diversidad de los hifomicetos acuáticos es de gran importancia ecológica, ya que estos hongos son indicadores de la calidad de los ecosistemas acuáticos. Se analizó la diversidad de hifomicetos acuáticos a partir de muestras de espuma y hojarasca

sumergida con evidencia de descomposición, colectadas de las cuencas alta, media y baja del río Caimito, se utilizó el índice de Shannon-Wiener para evaluar la diversidad. En total se identificaron 51 morfoespecies, de

las cuales 43 fueron clasificadas a nivel de especie, distribuyéndose en 35 géneros. La distribución a lo largo de la trayectoria de la cuenca fue de 27 morfoespecies en la cuenca alta, 26 en la cuenca media y 25 en la cuenca baja. El índice de diversidad total fue de 2.65, lo que indica una diversidad media y sugiere una relativa estabilidad en el ecosistema acuático, aunque posiblemente afectada por actividades antropogénicas.

PALABRAS CLAVE

Conidio, diversidad, espuma, hifomicetos acuáticos, Panamá.

ABSTRACT

Aquatic hyphomycetes are a group of asexual fungi specialized in the decomposition of organic matter and nutrient cycling in aquatic ecosystems. The study of the diversity of aquatic hyphomycetes is of great ecological importance, since these fungi are indicators of the quality of aquatic ecosystems. In this research, the diversity of aquatic hyphomycetes was analyzed from samples of foam and submerged leaf litter with evidence of decomposition, collected from the upper, middle and lower course of Caimito river, using the Shannon-Wiener index to evaluate diversity. A total of 51 morphospecies were identified, of which 43 were classified at the species level, distributed in 35 genera. The distribution within the Caimito river course was 27 morphospecies in the upper course, 26 in the middle course and 25 in the lower course. The total diversity index was 2.65, which indicates a medium diversity and suggests a relative stability in the aquatic ecosystem, although possibly affected by anthropogenic activities.

KEY WORDS

Conidium, diversity, foam, aquatic hyphomycetes, Panama.

INTRODUCCIÓN

Los hifomicetos acuáticos, también conocidos como hongos Ingoldianos, son hongos que se consideran imperfectos debido a que se desconoce una fase sexual en su ciclo de vida (Bärlocher, 1992). Estos hongos pertenecen a un grupo “*filogenéticamente artificial y heterogéneo*” (Pinto *et al.*, 2009) del reino Fungi, lo que quiere decir que están agrupados en función de similitudes como su modo de vida, comportamiento o morfología, en lugar de relaciones filogenéticas (Cepero de García *et al.*, 2012). Los mismos presentan una forma anamorfa y están especialmente adaptados a los medios acuáticos para producir esporas asexuales (conidios) grandes y ramificados, frecuentemente con formas estrelladas o radiadas. También las hay con formas sigmoideas, esféricas y enrolladas (Shearer *et al.*, 2007; Pinto *et al.*, 2009). Estos suelen encontrarse en material vegetal, principalmente en hojas que muestran evidencias de descomposición (Jabiol *et al.*, 2024).

Este grupo de hongos ha demostrado una notable adaptabilidad en diferentes ecosistemas acuáticos, que incluye tanto aguas dulces como salobres (aguas marinas), así como

microhábitats no convencionales, como tejados y cavidades de árboles que acumulan agua de lluvia (Gönczöl & Révay, 2003; Sridhar, 2005). En estos entornos, desempeñan un papel crucial en la descomposición de la materia orgánica, contribuyendo al mantenimiento del ciclo energético de los ecosistemas acuáticos (Urriola, 2017).

Diversos factores pueden influir en la comunidad de hifomicetos acuáticos, afectando su distribución y diversidad. Entre ellos, la estacionalidad influye en las regiones templadas (Iqbal, 1997), sin embargo, en regiones tropicales, la alternancia entre la estación lluviosa y seca juega un papel crucial en la distribución de estos hongos, debido a las variaciones en la temperatura y otros factores climáticos (Fernández & Smits, 2020). Además, el tipo de sustrato, la composición química de las hojas (Ferreira *et al.*, 2016; Fernández *et al.*, 2017) y a su vez, los factores fisicoquímicos del agua también influyen en la distribución de las especies de hifomicetos acuáticos (Fernández *et al.*, 2017), tales como la temperatura, el pH, afectando la diversidad de especies (Wood & Bärlocher, 1983), los nutrientes disponibles, siendo el nitrógeno y el fósforo los más influyentes en el desarrollo y esporulación de los hifomicetos (Iqbal, 1997), radiación ultravioleta, la composición química del agua (Bärlocher & Marvanová, 2010) y el oxígeno disuelto (Fernández *et al.*, 2010).

Aunque la mayoría de los estudios relacionados con los hifomicetos acuáticos se han llevado a cabo en regiones de climas templados, son escasos en los trópicos (Santos-Flores & Betancourt-López, 1997). Señala Bärlocher *et al.* (2010) que el interés por este grupo de hongos en los trópicos dio inicio en la década de los 70. En Panamá los primeros aportes sobre hifomicetos acuáticos incluyen el trabajo realizado por Santos-Flores y Betancourt-López (1997), quienes investigaron estos hongos en el río Majagua y Bärlocher *et al.* (2010), que analizaron 15 afluentes en la cuenca del Canal de Panamá. Además, Cáceres *et al.* (2015) documentaron cinco reportes de especies nuevas de hifomicetos adicionales en el río Majagua. Debido a los escasos estudios sobre este grupo de hongos y a la gran cantidad de afluentes en la provincia de Chiriquí, el presente estudio tiene como objetivo aportar conocimiento sobre la diversidad de especies de hifomicetos acuáticos en el río Caimito, Boquerón, Chiriquí-Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El estudio se realizó en el río Caimito, ubicado en el corregimiento de Boquerón Cabecera, Distrito de Boquerón, Provincia de Chiriquí, en el occidente de la República de Panamá. Se seleccionaron tres puntos de recolección de muestras en la trayectoria del río Caimito: la cuenca alta correspondiente a un área rural (8°31'28"N y 82°34'33"W), cuenca media

correspondiente a un área rural ($8^{\circ}30'57''\text{N}$ y $82^{\circ}34'23''\text{W}$) y la cuenca baja correspondiente a un área urbanizada ($8^{\circ}30'30''\text{N}$ y $82^{\circ}34'12''\text{W}$) (ver Figura 1).

Recolección y transporte de muestras

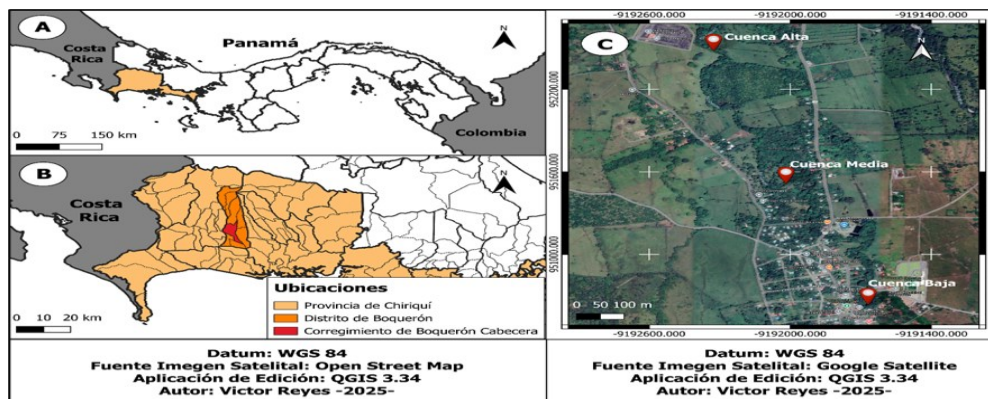
En las tres áreas de muestreo seleccionados se realizaron 18 muestreos a razón de seis muestras respectivamente, totalizando 108 muestras durante los meses de marzo hasta agosto del año 2024. Con un cucharón estéril se recolectaron tres muestras de espuma de 40 mL aproximadamente y se colocaron en envases recolectores estériles para análisis (100 mL). Con una pinza estéril se tomaron tres muestras de hojarascas sumergidas con evidencia de un estado en descomposición y fueron colocadas en bolsas de cierre deslizante (20 x 14.9 cm), se le añadió metronidazol al 10% como control biológico. Estas muestras se guardaron a una temperatura de 5°C aproximadamente para el transporte al laboratorio de investigación L-15 en la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad Autónoma de Chiriquí.

Preparación de las muestras

Posterior a la recolección de las muestras se realizó un raspado con bisturí por el haz y el envés de las hojarascas sumergida para la extracción de los conidios, estas muestras al igual que las de espuma se colocaron en tubos tipo Falcon y se centrifugaron a 6000 revoluciones por minuto (rpm) durante 5 minutos. El sobrenadante se descartó quedando solo con el precipitado. Las placas fueron preparadas utilizando hidróxido de potasio (KOH) al 10% para separar el sedimento de los hifomicetos acuáticos, seguido se agregó la muestra y, por último, se le añadió lactofenol para la tinción de los conidios. Las placas se observaron con un microscopio de contraste de fase de marca Euromex® con lentes de objetivos de 40x y 100x.

Figura 1.

Localización del área de estudio. A. Mapa de la República de Panamá. B. Localización del Distrito y Corregimiento de Boquerón Cabecera. C. Mapa satelital de las localizaciones de las áreas de muestreo.



Identificación y registro de las muestras

La identificación de los hifomicetos acuáticos se basó en la morfología de los conidios y las claves taxonómicas de Ingold (1975), Descals *et al.* (1977), Roldán *et al.* (1987), Roldán *et al.* (1988), Santos-Flores & Betancourt-López (1997), Chan *et al.* (2000), Gulis *et al.* (2005), Cáceres *et al.* (2015), Urriola (2017), y Rivera (2021). Para la validación de la nomenclatura se utilizó el banco de datos Index Fungorum (<https://indexfungorum.org>). Las especies identificadas fueron registradas de manera fotográfica y a su vez se pasaron a escala con el programa Fiji v. 2.14.0 (Rasband *et al.*, 2023).

Determinación de diversidad de hifomicetos acuáticos

Se utilizó índice de Shannon-Wiener para determinar la diversidad de hifomicetos acuáticos donde: H' = índice de diversidad de especies es el contenido de información de la muestra (bits/individuos), S = número de especies, pi = proporción de la muestra total que pertenece a la especie i respecto al total de individuos.

$$\text{Formula: } H' = \sum_{i=1}^S (pi)(\log_2 pi)$$

Los valores utilizados para determinar el índice de diversidad fueron los de Villarreal *et al.* (2004) donde la diversidad baja= H' entre 0 y < 1.5 , diversidad media= $H' \geq 1.5$ y ≤ 2.7 y diversidad alta= $H' > 2.7$.

También se evaluó la uniformidad implementando el índice de Pielou.

$$\text{Formula: } E = H' / H_{\max} = H' / \ln S$$

Se emplearon los valores de Magurran (1988) los cuales van de 0 a 1, donde 1 corresponde a que todas las especies son igualmente abundantes. Todos los cálculos se realizaron con el paquete PAST v. 4.05 (Hammer, 2020).

Análisis estadístico

En el análisis estadístico aplicamos la prueba Chi-cuadrado (X^2) de Bondad de Ajuste, con el propósito de determinar diferencias significativas en la diversidad de hifomicetos acuáticos en el río Caimito, en función al área de estudio (rural o urbanizada), en función al sustrato (hojarasca o espuma) y en función de la zona de la cuenca (alta, media o baja). El análisis estadístico se realizó en el paquete estadístico SPSS v. 23 (IBM, 2021), con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$ y un 95% de confianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total observamos 51 morfoespecies de hifomicetos acuáticos en el río Caimito, de las cuales 43 fueron identificadas a nivel de especie, seis a nivel de género y dos no se lograron identificar con la literatura consultada. En la Tabla 1 se comparan las especies identificadas en este estudio con aquellas reportadas previamente por Santos-Flores & Betancourt-López (1997) en el río Majagua, Bärlocher *et al.* (2010) en 15 afluentes de la cuenca del Canal de Panamá, Cáceres *et al.* (2015) en el río Majagua, Urriola (2017) en el río Macho de Monte y Rivera (2021) en el río Palo Alto.

Tabla 1.

Especies de hifomicetos acuáticos identificados en el río Caimito, comparado con aquellas encontradas por otros autores. *Reportes nuevos están resaltados en negrita. Codificación de referencias: 1 Santos-Flores & Betancourt-López (1997), 2 Bärlocher et al. (2010), 3 Cáceres et al. (2015), 4 Urriola (2017), 5 Rivera (2021).*

Nº	Especies	En este estudio	1	2	3	4	5
1	<i>Alatospora acuminata</i> Ingold	x		x			x
2	<i>Alatospora</i> sp. Ingold	x					
3	<i>Anguillospora crassa</i> Ingold	x		x		x	x
4	<i>Aquanectria submersa</i> (H.J. Huds.) L. Lombard & Crous	x	x	x	x	x	x
5	<i>Arbusculina irregularis</i> (R.H. Petersen) Marvanová & Descals	x					
6	<i>Beltrania rhombica</i> Penz.	x				x	
7	<i>Beltraniopsis ramosa</i> R.F. Castañeda	x					
8	<i>Brachiosphaera tropicalis</i> Nawawi	x	x				x
9	<i>Camposporium marylandicum</i> Shearer	x					x
10	<i>Campylospora</i> sp. Nawawi	x				x	x
11	<i>Chaetospermum chaetosporum</i> (Pat.) A.L. Sm. & Ramsb.	x				x	
12	<i>Clavariana aquatica</i> Nawawi *	x					
13	<i>Clavariopsis azlanii</i> Nawawi	x			x		x
14	<i>Clavatospora tentacula</i> Sv. Nilsson	x		x	x	x	x
15	<i>Condylospora spumigena</i> Nawawi	x					
16	<i>Diplocladiella taurina</i> Cazau, Aramb. & Cabello	x					
17	<i>Flabellospora acuminata</i> Descals	x		x		x	x
18	<i>Flabellospora crassa</i> Alas.	x			x	x	x

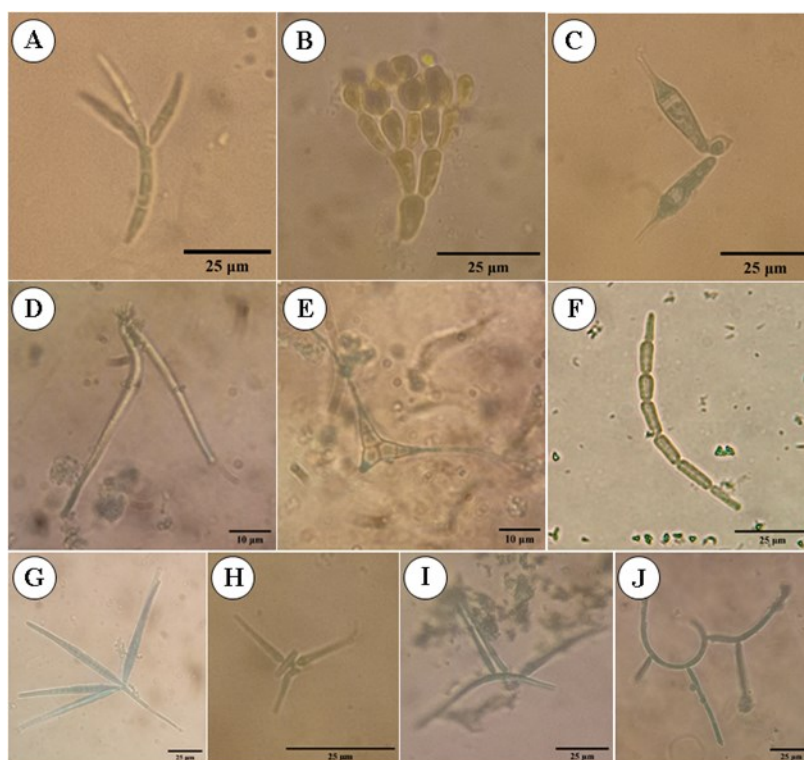
Nº	Especies	En este estudio	1	2	3	4	5
19	<i>Flabellospora multiradiata</i> Nawawi	x				x	
20	<i>Flabellospora verticillata</i> Alas.	x				x	
21	<i>Flagellospora curvula</i> Ingold	x		x		x	x
22	<i>Helicomycetes colligatus</i> R.T. Moore	x				x	x
23	<i>Helicomycetes torquatus</i> L.C. Lane & Shearer	x	x			x	
24	<i>Hymenoscyphus tetraccladius</i> Abdullah, Descals & J. Webster	x		x			x
25	<i>Helicomycetes</i> sp. Link	x				x	x
26	<i>Isthmolongispora quadricellularia</i> Matsush.	x					
27	<i>Isthmotricladia gombakiensis</i> Nawawi	x					
28	<i>Lateriramulosa uniinflata</i> Matsush.	x					
29	<i>Lunulospora curvula</i> Ingold	x		x	x	x	x
30	<i>Lunulospora cymbiformis</i> K. Miura	x		x			
31	<i>Mycocentrospora acerina</i> (R. Hartig) Deighton	x		x		x	x
32	<i>Phalangispora constricta</i> Nawawi & J. Webster	x		x		x	
33	<i>Phalangispora nawawii</i> Kuthub.	x				x	
34	<i>Scorpiosporium gracile</i> (Ingold) S.H. Iqbal	x				x	
35	<i>Scorpiosporium</i> sp. S.H. Iqbal	x			x		
36	<i>Scutisporus brunneus</i> K. Ando & Tubaki	x				x	x
37	<i>Speiropsis pedatospora</i> Tubaki	x				x	
38	<i>Tetraccladium setigerum</i> (Grove) Ingold	x	x			x	x
39	<i>Tetraploa aristata</i> Berk. & Broome	x				x	x
40	<i>Tricladium castaneicola</i> B. Sutton	x					
41	<i>Tricladium splendens</i> Ingold	x	x				
42	<i>Trinacrium</i> sp. Riess	x				x	x
43	<i>Tripaspermum porosporiferum</i> Matsush. 1993	x				x	x
44	<i>Triscelophorus acuminatus</i> Nawawi	x		x		x	x
45	<i>Triscelophorus curviramifer</i> Matsush.	x				x	x
46	<i>Triscelophorus monosporus</i> Ingold	x		x	x	x	x
47	<i>Triscelophorus ponapensis</i> Matsush.	x				x	x
48	<i>Trisulcosporium acerinum</i> H.J. Huds. & B. Sutton	x				x	
49	<i>Varicosporium</i> sp. W. Kegel	x					
50	Especie desconocida 1	x					
51	Especie desconocida 2	x					

Fuente: Reyes, 2024

En este estudio, se identificaron 5 de las 11 especies descritas por Santos-Flores & Betancourt-López (1997), 13 de las 32 reportadas por Bärlocher *et al.* (2010), 7 de las 13 especies registradas por Cáceres *et al.* (2015), 30 de las 63 especies descritas por Urriola (2017) y 25 de las 65 especies identificadas por Rivera (2021). Hay que señalar que Betancourt-López en 1988 fue el primero en reportar la presencia de la especie *Clavariana aquatica* en Panamá (Fernández & Smits, 2024). No obstante, es hasta en la presente investigación que se vuelve a observar dicha especie (ver Tabla 1). Además, se registraron 10 nuevos reportes de hifomicetos acuáticos para Panamá (ver Figura 2).

Figura 2.

Nuevos reportes de conidios de hifomicetos acuáticos observados en el río Caimito, 2024. A. *Alatospora* sp. B. *Arbusculina irregularis*. C. *Beltraniopsis ramosa*. D. *Condylospora spumigena*. E. *Diplocladiella taurina*. F. *Isthmolongispora quadricellularia*. G. *Isthmotricladia gombakiensis*. H. *Lateriramulosa uniinflata*. I. *Tricladium castaneicola*. J. *Varicosporium* sp.

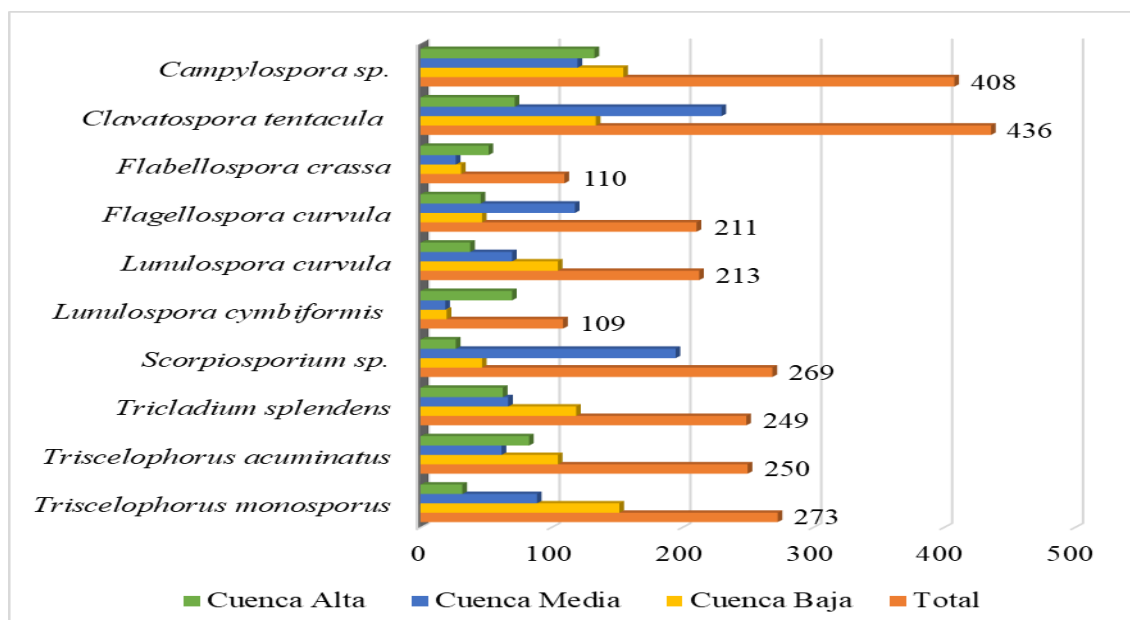


En la Figura 3 se presentan las 10 especies más frecuentes ($n > 100$ conidios), las cuales estuvieron presentes en las 3 zonas muestreadas de la cuenca. Los hallazgos sobre estas especies coinciden con estudios previos realizados en distintos países de América del Sur, donde se han identificado especies como *Lunulospora curvula* (Schoenlein-Crusius & Grandi, 2003), *Campylospora* sp., *Flagellospora curvula*, *Clavatospora tentacula*, *Scorpiosporium* sp., y *Triscelophorus monosporus* (Pinto *et al.*, 2009), *Triscelophorus acuminatus* (Bärlocher *et al.*, 2010) y *Flabellospora crassa* (Storaci *et al.*, 2013). Cabe destacar que Schoenlein-Crusius & Grandi (2003) mencionan que *Lunulospora curvula*, al igual que *Triscelophorus acuminatus*, son comunes en áreas tropicales y subtropicales. Por otro lado, a diferencia de los resultados obtenidos por Storaci *et al.* (2013), quienes

registraron esporádicamente la especie *L. cymbiformis*, en este estudio se observó una abundancia significativa de dicha especie, con un total de 109 identificaciones. En contraste, algunas especies se registraron con menor frecuencia ($n = 1$ conidio), entre ellas *Alatospora* sp., *Anguillospora crassa*, *Arbusculina irregularis*, *Condylospora spumigena*, *Diplocladiella taurina*, *Flabellospora multiradiata*, *Helicomycetes* sp., *Lateriramulosa uniinflata*, *Mycocentrospora acerina*, *Scutisporus brunneus*, *Trinacrium* sp., *Triscelophorus ponapensis* y la especie desconocida 2.

Figura 3.

Especies de hifomicetos acuáticos más frecuentes en las cuencas del río Caimito.

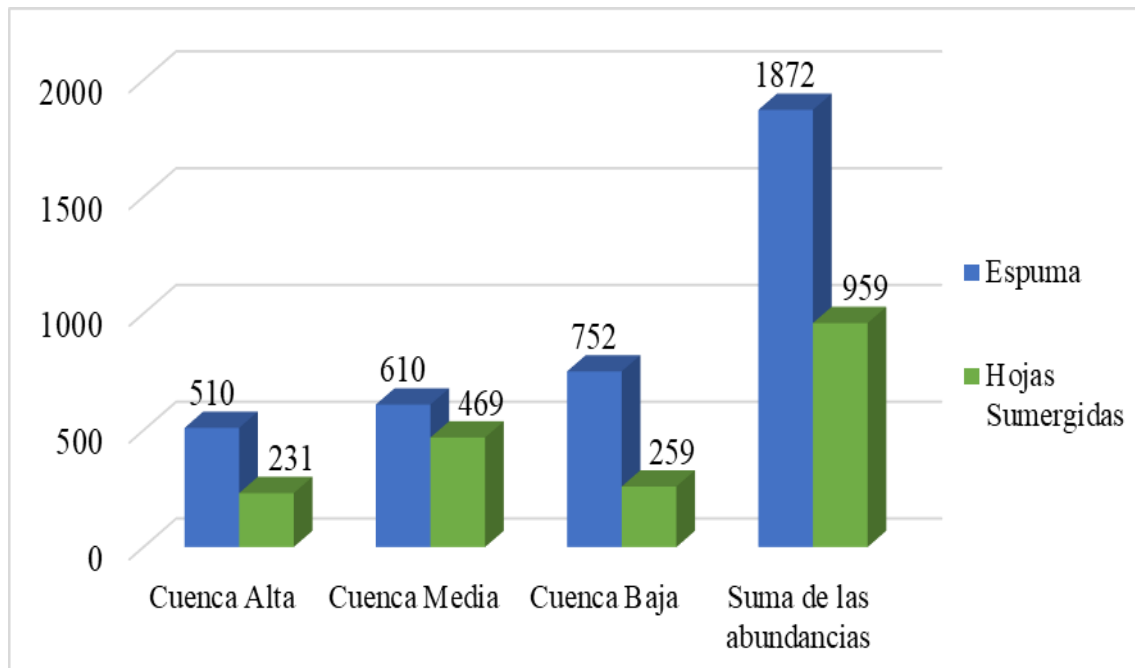


El análisis de la abundancia según el sustrato en cada zona de muestreo de la cuenca mostró una diferencia significativa en los hifomicetos acuáticos (ver Figura 4). En la cuenca alta, las muestras de espuma presentaron una frecuencia de 510 conidios, superior a las muestras

de hojas sumergidas ($X^2 = 105.05, g.l = 1, P < 0.0001$). En la cuenca media, la frecuencia en espuma fue de 610 conidios, también mayor a las de hojas sumergidas ($X^2 = 18.43, g.l = 1, P < 0.0001$). En la cuenca baja, la diferencia aumentó a 752 conidios, valor superior a las muestras de hojas sumergidas ($X^2 = 240.41, g.l = 1, P < 0.0003$). Sin embargo, al sumar las frecuencias de las tres zonas de muestreo de la cuenca, se obtuvo un total de 1872 conidios (equivalente al 66%) en muestras de espuma y 959 (34%) en hojas sumergidas ($X^2 = 294.44, g.l = 1, P < 0.0005$) (ver Figura 4). Estos resultados coinciden con los hallazgos de Burgos & Shearer (1983) y Pinto *et al.* (2009), quienes también reportaron una mayor abundancia de hifomicetos acuáticos en muestras de espuma de origen natural, destacando que las muestras de espuma ubicadas en los remansos de los ríos son un método eficaz para la observación de la diversidad y variedad de conidios.

Figura 4.

Comparación de la abundancia de hifomicetos acuáticos por sustrato en las cuencas del río Caimito.



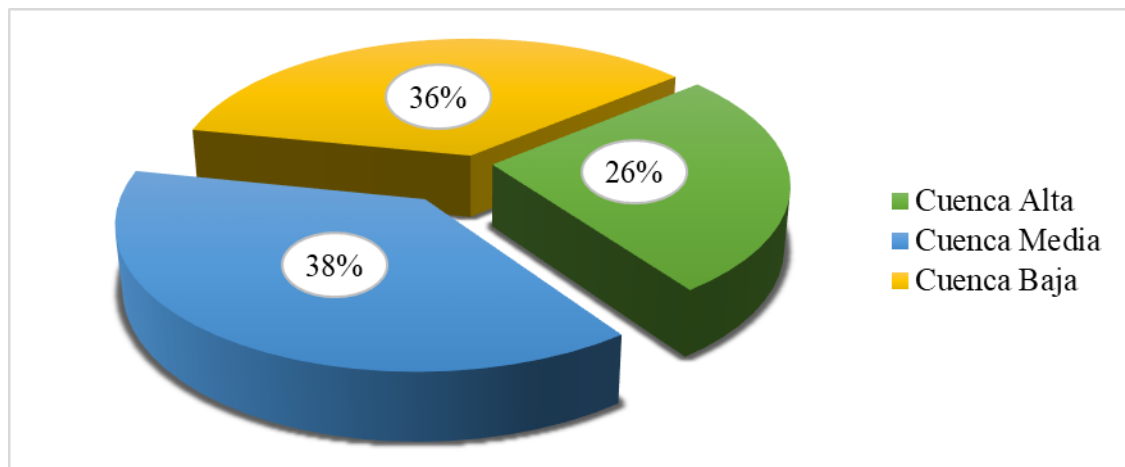
La elevada abundancia de estos hongos en las muestras de espuma podría estar relacionada con la morfología tetra radiada de los conidios. Dang *et al.* (2007) señalan que las características morfológicas de los conidios son determinantes para la adhesión a diversas superficies, ya que la cantidad de apéndices le proporciona flotabilidad y un mayor punto de anclaje a sustratos vegetales o minerales en ríos de corrientes turbulentas. Estas formas de esporas pueden ser el resultado de un proceso de selección natural que favorece su dispersión y colonización en ambientes acuáticos. Por otro lado, la diferencia de abundancia de los

hifomicetos acuáticos en hojas sumergidas podría estar influenciada por la vegetación ribereña del río Caimito, la cual estaba compuesta principalmente por plantas con hojas de cutícula cerosa, como *Anacardium* sp., *Mangifera* sp., *Posoqueria* sp., *Trophis* sp. entre otros. Según Dang *et al.* (2007), la ausencia de estructuras foliares, como los tricomas, puede afectar la etapa inicial de fijación de los conidios, dejando las hojas más expuestas a la sedimentación. Esta capa de minerales particulados no solo recubre la superficie foliar, sino que también puede favorecer el desprendimiento de los conidios debido a la turbulencia propia de los ríos.

Sin embargo, al analizar la abundancia total por zona de muestreo, sin distinguir entre sustratos, se observó una mayor cantidad de hifomicetos acuáticos en la cuenca media correspondiente a un área rural con un total de 1079 conidios (equivalente al 38%), en comparación de la cuenca baja correspondiente al área urbanizada con 1011 conidios (36%), y la cuenca alta correspondiente al área rural con 741 conidios (26%) ($X^2 = 67.74$, $g.l = 2$, $P < 0.0001$) (ver Figura 5).

Figura 5.

Porcentaje de hifomicetos acuáticos por cuenca en el río Caimito.



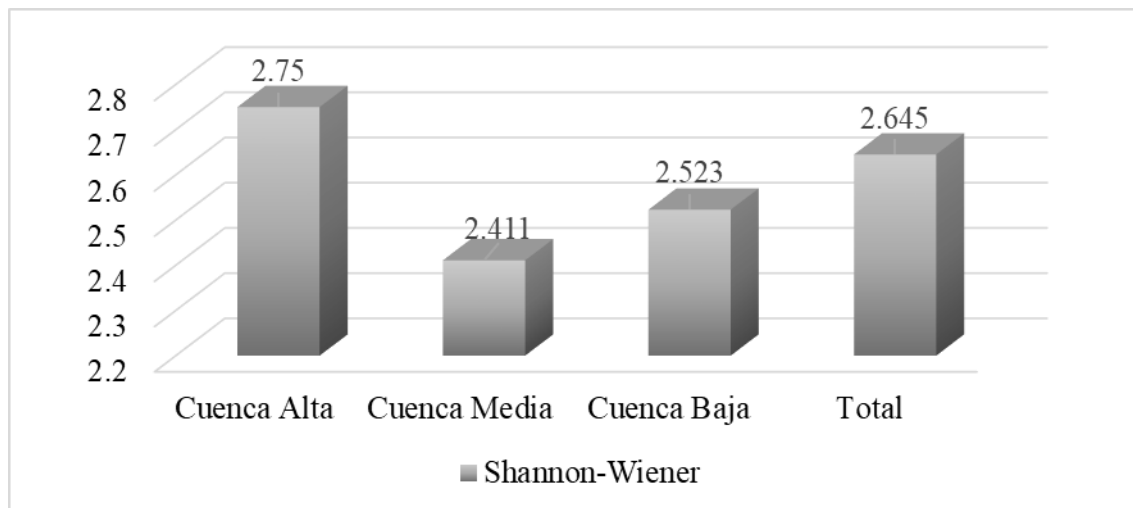
Esta diferencia de abundancia podría estar relacionada con actividades antropogénicas propias de la región, como la ganadería y la agricultura. Estas actividades han sido asociadas con una significativa pérdida de la biodiversidad, lo que altera el funcionamiento de los ecosistemas ribereños (Reid *et al.*, 2019). Cornejo *et al.* (2021) señalan que la contaminación por escorrentía de pesticidas puede afectar a la población de organismos detritívoros y que el uso de insecticidas altera el ensamblaje de los descomponedores microbianos e hifomicetos acuáticos en las hojas, afectando el flujo energético del ecosistema. A pesar de que la

abundancia total de la cuenca alta fue baja, el índice de Shannon-Wiener alcanzó un valor de 2.75, lo que corresponde a una biodiversidad alta según los valores establecidos por Villarreal *et al.* (2004). En contraste, la cuenca media y baja respectivamente presentaron una biodiversidad media (ver Figura 6).

Por otro lado, el análisis de la biodiversidad total en el río Caimito arrojó un valor de 2.65, lo que indica una diversidad media de hifomicetos acuáticos (ver Figura 6). Aunque el ecosistema muestra una biodiversidad media, no alcanza un nivel de alta diversidad. Esto sugiere que el ecosistema acuático presenta un equilibrio relativo en términos de diversidad, pero podría estar siendo afectado por actividades antropogénicas, lo que puede limitar una mayor diversidad.

Figura 6.

Diversidad de hifomicetos acuáticos en las cuencas del río Caimito basado en el índice de Shannon-Wiener.

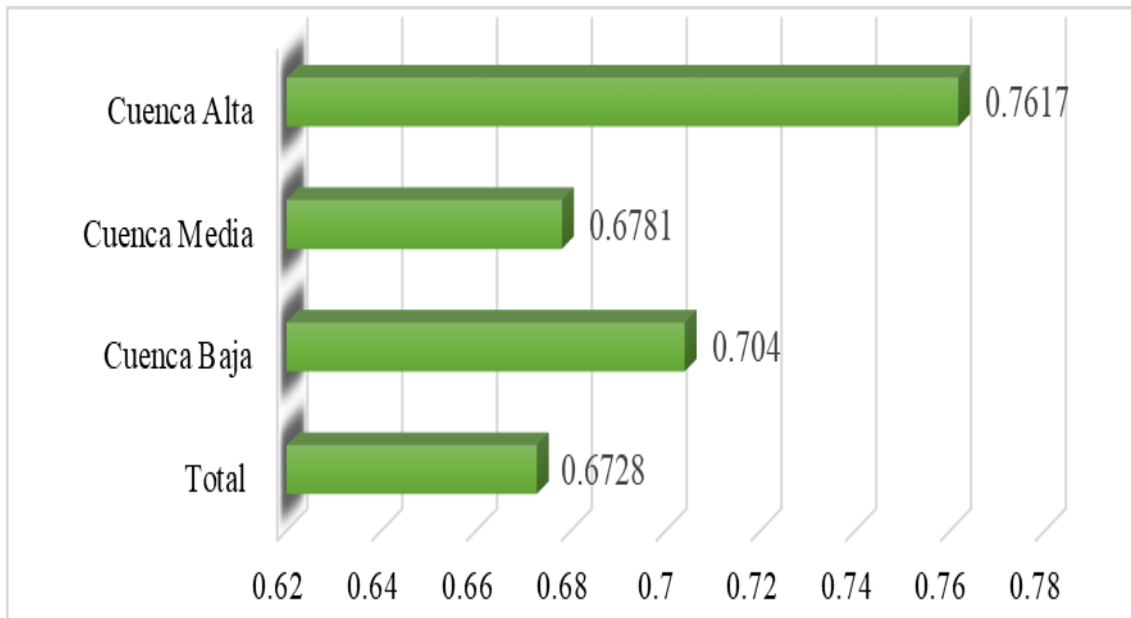


Los resultados del análisis de uniformidad indican que la distribución de la abundancia de especies no es equitativa entre las cuencas, ya que los valores obtenidos no son cercanos a 1 (ver

Figura 7). Según Magurran (1988), el valor de 1 corresponde a una situación donde todas las especies son igualmente abundantes. Esto sugiere que algunas especies son dominantes que otras en el ecosistema, lo que podría estar relacionado con factores ambientales o antropogénicos que influyen en los hifomicetos acuáticos.

Figura 7.

Uniformidad de la distribución de hifomicetos acuáticos en el río Caimito.



CONCLUSIONES

Esta investigación reportó por primera vez la presencia de 10 nuevas especies de hifomicetos acuáticos en Panamá.

La biodiversidad total de estos hongos en las cuencas del río Caimito se determinó como de nivel medio.

Además, se registró una mayor abundancia de hifomicetos en las cuencas media y baja en comparación con la cuenca alta. Lo que sugiere que posiblemente esta última está siendo afectada por actividad antropogénica.

Se encontraron diferencias altamente significativas en la frecuencia de estos hongos entre los tipos de sustrato (espuma y hojas sumergidas), así como entre las cuencas alta, media (de carácter rural) y baja (urbanizada) del río Caimito.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al señor Carlos Villareal, propietario de la finca lechera “Las Praderas”, y al señor Juan Guerra por su hospitalidad y confianza al permitirnos el acceso a sus propiedades para llegar a la cuenca alta y media del río Caimito. Al Ministerio de Ambiente de Panamá (MiAmbiente) agradecemos el otorgamiento del permiso de colecta ARB-069-2022 para la recolecta de hongos y sus respectivos sustratos en la provincia de Chiriquí.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bärlocher, F. (1992). *The ecology of aquatic hyphomycetes*. Berlín, Alemania: Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-76855-2>.
- Bärlocher, F., Helson, J. E. & Williams, D. (2010). Aquatic hyphomycete communities across a land-use gradient of Panamanian streams. *Fundam. Appl. Limnol., Arch. Hydrobiol.*, 177(3), pp. 209-221. DOI: 10.1127/1863-9135/2010/0177-0209.
- Bärlocher, F. & Marvanová, L. (2010). Aquatic hyphomycetes (Deuteromycotina) of the Atlantic Maritime Ecozone. In: *Assessment of species diversity in the Atlantic Maritime Ecozone*, eds. D. F. McAlpine & I. M. Smith . Canada: NRC Research Press, pp. 1-37.
- Burgos , J. & Shearer, C. (1983).Hyphomycetes acuáticos de Magallanes (Chile). *Boletín Micológico*, 1(3), pp. 143-146. <https://doi.org/10.22370/bolmicol.1983.1.3.1449>.
- Cáceres, O. A., Castillo, S. Y. & Hofmann, T. A. (2015). Hifomicetos acuáticos asociados a hojarasca sumergida en el río Majagua, Chiriquí, Panamá. *Rev. Mex. de Mic.*, Volumen 42, pp. 65-69.
- Cepero de García, M. C. *et al.* (2012). Hongos anamorficos, conidiales, mitosporicos o "Deuteromycetes". In: *Biología de Hongos*. 1 ed. Colombia: Universidad de los Andes, pp. 120-146.
- Chan, S. Y., Goh, T. K. & Hyde, K. D. (2000.) Ingoldian fungi in Hong Kong. *Fungal Diversity*, Volume 5, pp. 89-107.
- Cornejo, A. *et al.* (2021). Litter decomposition can be reduced by pesticide effects on detritivores and decomposers: Implications for tropical stream functioning. *Environmental Pollution*, Volume 285, pp. 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117243>.
- Dang, C. K., Gessner, M. O. & Chauvet, E. (2007). Influence of conidial traits and leaf structure on attachment success of aquatic hyphomycetes on leaf litter. *Mycologia*, 99(1), pp. 24-32. <https://doi.org/10.1080/15572536.2007.11832597>.
- Descals, E., Sanders, P. F. & Ugalde, U. (1977). Hifomicetos ingoldianos del país vasco. *Sociedad de Ciencias Aranzadi*, 3(4), pp. 237-260.

- Fernández, R., Briedis, G. & Pinto, M. (2010). Características e importancia de los hifomicetos acuáticos y registro de especies en Venezuela. *Faraute Ciens. y Tec.*, 5(2), pp. 56-73.
- Fernández, R. & Smits Briedis, G. (2024). Hifomicetos acuáticos en "México, América Central y el Caribe" y su potencial aplicación como bioindicadores de calidad ambiental. *Gestión y Ambiente*, 26(1), pp. 1-25. <https://doi.org/10.15446/ga.v26n1.106993>.
- Fernández, R. & Smits, G. (2020). Hifomicetos acuáticos como bioindicadores de calidad ambiental en el río Vigirima (Guacara, Carabobo-Venezuela). *Gestión y Ambiente*, 23(2), pp. 165-181. <https://doi.org/10.15446/ga.v23n2.95686>.
- Fernández, R., Vincenzo, S. & Smits, G. (2017). Evaluación de los hifomicetos acuáticos como bioindicadores de calidad ambiental en el río Chirgua (Bejuma, Venezuela). *Gestión y Ambiente*, 20(1), pp. 82-94. <https://doi.org/10.15446/ga.v20n1.62241>.
- Ferreira, V. *et al.* (2016). Leaf litter decomposition in remote oceanic island streams is driven by microbes and depends on litter quality and environmental conditions. *Freshwater Biology*, 61(2), pp. 783-799. <https://doi.org/10.1111/fwb.12749>.
- Gönczöl, J. & Révay, Á. (2003). Treehole fungal communities: aquatic, aero-aquatic and dematiaceous hyphomycetes. *Fungal Diversity*, Volume 12, pp. 19-34.
- Gulis, V., Marvanová, L. & Descals, E. (2005). An illustrated key to the common temperate species of aquatic hyphomycetes. In: *Methods to Study Litter Decomposition*, eds. F.Bärlocher, M. O. Gessner & M. A. Graça. 2 ed. Netherlands: Springer, pp. 223-239. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30515-4_25.
- Hammer, O. (2020). *PAST (Paleontological Statistics), Versión 4.05*. México: Windows 10.
- IBM, (2021). *SPSS Statistics, Versión 23.0*. EE.UU: Windows 10.
- Ingold, C. T. (1975). An illustrated guide to aquatic and water-borne hyphomycetes (fungi imperfecti) with notes on their biology. *Freshwater Biol. Assoc. Publ.*, Volume 30, pp. 1-96.
- Iqbal, S. H. (1997). Species diversity of freshwater hypho-mycetes in some streams of Pakistan. II. Seasonal differences of fungal communities on leaves. *Ann. Bot. Fennici*, 34(3), pp. 165-178. <https://www.jstor.org/stable/23726496>.

- Jabiol, J., Julien, F. & Labeille, M. (2024). Aquatic hyphomycetes and litter decomposition in tropical streams: insights from the first study in Guadeloupe. *Hydrobiologia*, Volume 851, pp. 4487-4501. <https://doi.org/10.1007/s10750-024-05602-6>.
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological Diversity and its Measurement*. 1 ed. New Jersey: Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0>.
- Pinto, M., Fernández, R. & Smits, G. (2009). Comparación de métodos de muestreo en la caracterización de la biodiversidad de hifomicetos acuáticos en el río Cúpira, estado Carabobo, Venezuela. *Interciencia*, 34(7), pp. 497-501.
- Rasband, W. & Contributors National Institutes of Health, (2023). *Fiji is just ImageJ. Version 2.14.0*. EE.UU: Windows 10.
- Reid, A. J. *et al.* (2019). Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biol. Rev.*, 94(3), pp. 849-873. <https://doi.org/10.1111/brev.12480>.
- Rivera, G. D. (2021). Diversidad de hyphomycetes acuáticos en hojarasca sumergida y espuma de la cuenca del río Palo Alto, Boquete, Chiriquí - Panamá. Tesis de Grado. *Universidad Autónoma de Chiriquí*, pp. 1-137.
- Roldán, A., Descals, E. & Honrubia, M. (1987). Hifomicetos acuáticos en las cuencas altas de los ríos Segura y Guadalquivir. *Anales de Biología*, Volumen 13, pp. 3-13. <https://revistas.um.es/analesbio/article/view/34871>.
- Roldán, A., Descals, E. & Honrubia, M. (1988). Hifomicetos acuáticos de Sierra Nevada y Sierra de los Filabres. *Acta Botanica Malacitana*, Issue 13, pp. 77-90.
- Santos-Flores, C. J. & Betancourt-López, C. (1997). Aquatic and waterborne hyphomycetes (Deuteromycotina) in streams of Puerto Rico (including records from other Neotropical locations). *Caribbean Journal of Science*, Issue 2, pp. 1-116.
- Schoenlein-Crusius, I. H. & Grandi, R. A. P. (2003). The diversity of aquatic hyphomycetes in South America. *Braz. J. Microbiol.*, 34(3), pp. 183-193. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822003000300001>.
- Shearer, C. A. *et al.* (2007). Fungal biodiversity in aquatic habitats. *Biodivers. Conserv.*, Volume 16, pp. 49-67. <https://doi.org/10.1007/s10531-006-9120-z>.

- Sridhar, K. (2005). Freshwater hyphomycetes -concepts and connections. *Kavaka*, Volume 33, pp. 9-20.
- Storaci, V., Fernández , R. & Smits, G. (2013). Evaluación de la calidad del agua del río Cúpira (La Cumaca, estado Carabobo, Venezuela) mediante bioindicadores microbiológicos y parámetros fisicoquímicos. *Interciencia*, 38(7), pp. 480-487. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33928556002>.
- Urriola , G. A. (2017). Diversidad de hyphomycetes acuáticos en hojarasca sumergida y espuma de la cuenca del río Macho de Monte, Chiriquí, Panamá. Tesis de Maestría. *Universidad Autónoma de Chiriquí*, pp. 1-104.
- Villarreal, H. *et al.* (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de Biodiversidad*. 2 ed. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.
- Wood, S. & Bärlocher, F. (1983). Aquatic hyphomycetes in sixteen streams in France, Germany and Switzerland. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 81(2), pp. 371-379. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(83\)80089-8](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(83)80089-8).