

Artículo original

## Hongos ingoldianos de la parte media del río Gaira, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia

### Ingoldian fungi of the middle section of the Gaira River, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia

Brayan Peñate-Carranza<sup>1</sup>, Cesar E. Tamaris-Turizo<sup>1</sup>, Jorge A. Luna-Fontalvo<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Grupo de investigación en biodiversidad y ecología aplicada, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia

<sup>2</sup>Grupo de investigación en manejo y conservación de fauna, flora y ecosistemas estratégicos neotropicales MIKU, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia

## Resumen

Los hifomicetos acuáticos son hongos microscópicos que han sido poco estudiados en ríos tropicales y que cumplen un importante papel en la descomposición de la materia orgánica vegetal en los ecosistemas lóticos. El objetivo de este trabajo fue determinar los hifomicetos acuáticos presentes en la parte media del río Gaira (norte de Colombia). Se analizaron muestras cualitativas de espuma del río y de hojas de tres especies vegetales nativas dominantes en el área de estudio (*Ficus tonduzii*, *Zygia longifolia* y *Clusia multiflora*) almacenadas en el lecho del río. Se identificaron diez géneros que incluían cuatro especies: *Diplocladiella scalaroides*, *Heliscus submersus*, *Alatospora acuminata* y *Flabellospora crassa*. En la parte media del río Gaira se registraron por primera vez los géneros *Diplocladiella*, *Triscelophorus*, *Actinospora*, *Lemonnieria*, *Alatospora*, *Flabellospora* y *Heliscus*. El estudio evidenció la gran diversidad de hifomicetos acuáticos de la Sierra Nevada de Santa Marta.

**Palabra clave:** Hifomicetos acuáticos; Conidia; Espuma; Hojarasca; Sistema lótico.

## Abstract

Aquatic hyphomycetes are microscopic fungi that have been poorly studied in tropical rivers. These fungi play an important role in the decomposition of vegetable matter within lotic ecosystems. The objective of this work was to identify the aquatic hyphomycetes of the middle section of the Gaira River (northern Colombia). We analyzed qualitative samples of the river foam and submerged leaves from three dominant native plant species of the study area (*Ficus tonduzii*, *Zygia longifolia*, and *Clusia multiflora*). Ten genera and four species were identified: *Diplocladiella scalaroides*, *Heliscus submersus*, *Alatospora acuminata*, and *Flabellospora crassa*. This is the first record of the genera *Diplocladiella*, *Triscelophorus*, *Actinospora*, *Lemonnieria*, *Alatospora*, *Flabellospora*, and *Heliscus* in the Gaira River. Our results showed the lack of sampling effort for this biological group in the middle part of the Gaira River in the Sierra Nevada de Santa Marta.

**Keywords:** Aquatic hyphomycetes; Conidia; Foam; Leave litter; Lotic system.

## Introducción

Los hongos ingoldianos poseen características evolutivas convergentes adaptadas a la vida acuática; una de las más destacadas es su capacidad de generar esporas dentro del agua, las cuales se producen en la fase asexual del ciclo de vida del hongo mediante el desarrollo de diásporas mitóticas conocidas como conidias (Reynolds, 1993; Kendrick, 1991; Webster, 1959; Webster & Davey, 1984). Su identificación se basa en su morfología sigmoide, tetra radiada, filiforme, fusiforme, enrollada y esférica. Presentan tres o más brazos desde la parte central, los cuales se alargan en diferentes direcciones; además, cada grupo posee un tipo de conidia con una morfología distintiva (Ingold, 1975).

**Citación:** Peñate-Carranza B, Tamaris-Turizo CE, Luna-Fontalvo JA. Hongos ingoldianos de la parte media del río Gaira, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat. 45(174):208-216, enero-marzo de 2021. doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1277>

**Editor:** Elizabeth Castañeda

**\*Correspondencia:**

Jorge A. Luna-Fontalvo;  
juna@unimagdalena.edu.co

**Recibido:** 29 de julio de 2020

**Aceptado:** 17 de noviembre de 2020

**Publicado:** 29 de marzo de 2021



Este artículo está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

Los hifomicetos acuáticos habitan en zonas templadas y tropicales y se han descrito cerca de 335 especies (**Roldán & Honrubia**, 1988; **Roldán, et al.**, 1987; **Bärlocher**, 1992; **Goh & Hyde**, 1996; **Harrington**, 1997; **Czeczuga & Orłowska**, 1999; **Gönczöl, et al.**, 1999; **Prokhorov & Bodyagin**, 2007a, 2007b; **Shearer, et al.**, 2007; **Duarte, et al.**, 2015; **Fernández & Smits**, 2015). Sin embargo, los registros de hifomicetos en los trópicos son pocos debido a la falta de estudios, fallas en los métodos de muestreo, a las condiciones fisicoquímicas inapropiadas en las corrientes de agua y la competencia con otros microorganismos por el sustrato vegetal (**Graça, et al.**, 2016). Se conoce que la diversidad y la abundancia de los hifomicetos varía según el hábitat o bioma y se ha documentado que en los sistemas tropicales y subtropicales su diversidad es menor en comparación con los sistemas de temperatura templada (**Shearer, et al.**, 2007; **Graça, et al.**, 2016; **Fernández, et al.**, 2010).

Un atributo de importancia ecológica de estos hongos es su capacidad para colonizar la madera y las hojas en los ríos, hecho que los convierte en pioneros en el proceso de descomposición del material vegetal inmerso en el agua, sustrato donde, posteriormente, se presenta una sucesión progresiva que se evidencia en el incremento del número de especies con el paso del tiempo (**Zhou & Hyde**, 2002; **Sanders & Anderson**, 1979; **Roldán, et al.**, 1989). Se ha documentado que el proceso de descomposición ocurre en tres etapas: lixiviación, condicionamiento y fragmentación (**Gimenes, et al.**, 2010). La etapa de condicionamiento es de gran importancia, pues representa la colonización del material vegetal por microorganismos – especialmente hongos ingoldianos – que descomponen sustratos sumergidos produciendo enzimas con actividad celulolítica, lignolítica, pectinolítica y proteolítica mediante la cual degradan polímeros de células vegetales como la celulosa, la hemicelulosa y las pectinas, entre otras (**Chamier**, 1985; **Abdel-Raheem & Ali**, 2004). Estos mecanismos favorecen el ciclo de los nutrientes que posteriormente ingresan en las redes tróficas al ser adquiridos por parte de los productores primarios (**Rosique, et al.**, 2018).

En muchos ríos tropicales de orden bajo la vegetación ribereña generalmente se encuentra bien conservada, lo cual genera un aporte importante de material vegetal a estos sistemas, en especial durante el periodo de sequía cuando se incrementa la senescencia de las hojas con lo que aumenta el aporte de material vegetal al río (**Fontalvo & Tamaris-Turizo**, 2018; **Fernández & Smits**, 2016; **Collantes, et al.**, 2014; **Roldán, et al.**, 1988). Por lo tanto, el estudio de los organismos que protagonizan esta actividad es de vital importancia para obtener información de base sobre su diversidad y el papel que tienen en los ríos tropicales del norte de Colombia.

Los estudios sobre la diversidad de hongos ingoldianos en Colombia son escasos. Durante los últimos diez años se han registrado 34 especies distribuidas en tres zonas del país: en el Caribe se han reportado cinco especies asociadas con la hojarasca presente en la parte baja del río Gaira, Sierra Nevada de Santa Marta (**Luna**, 2009); en la región amazónica, se encontraron seis especies en muestras de espumas del río Hacha en Florencia, Caquetá (**Ruíz & Peláez**, 2013), y en el noreste del país, en Floridablanca, Santander, se han registrado 23 especies en muestras de espuma (**Narváez, et al.**, 2016).

Dada la importancia de este grupo de hongos acuáticos en los procesos de descomposición en los ecosistemas lóticos y la escasa información que se tiene de ellos en el norte de Colombia, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar las especies de hifomicetos acuáticos de la parte media del río Gaira en la Sierra Nevada de Santa Marta.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El muestreo se hizo en la parte media del río Gaira (sector nororiental de la Sierra Nevada de Santa Marta), en una zona conocida como Pozo Azul, localizada entre los 11° 08' 14,5" N y los 74° 06' 16,5" O, a una altitud de 750 m; la temperatura promedio del sitio es de 20,5 °C y la precipitación promedio anual de 2.491 mm (**Tamaris-Turizo, et al.**, 2013). La vegetación ribereña se encuentra bien conservada y entre las especies de plantas más

representativas están *Ficus tonduzii*, *Clusia multiflora* y *Zygia longifolia* (Gutiérrez, *et al.*, 2010). El cauce presenta zonas de corriente rápida y remansos, con predominio de rápidos. Cerca del sitio de muestreo se desarrollan actividades no intensivas de agricultura y aguas abajo del tramo estudiado se encuentra un reconocido balneario.

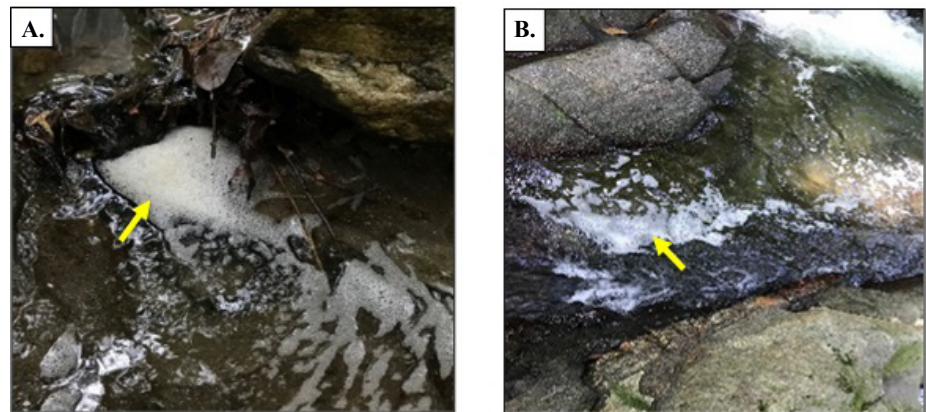
#### **Toma de muestras**

El muestreo se realizó en junio del 2018 durante el inicio de la temporada de lluvias en la zona. En los puntos de recolección de las muestras se midieron algunos parámetros fisicoquímicos del agua: pH (6,16), oxígeno disuelto (5,50 mg/L) y temperatura (18,4 °C). Se tomaron 20 hojas de cada especie (*F. tonduzii*, *Z. longifolia* y *C. multiflora*) que no exhibieran un estado evidente de descomposición de la hojarasca sumergida en el río en zonas de rápidos y remansos. Las muestras de hojarasca se guardaron en bolsas plásticas con cierre hermético y se depositaron en una nevera con hielo.

En el tramo se detectaron zonas en las cuales se formaba espuma entre las rocas y puntos turbulencia del agua debido a pequeñas cascadas (Narváez, *et al.*, 2016). En estos sitios se tomaron manualmente cerca de 150 mL de espuma empleando frascos estériles de 250 mL (cinco frascos para diferentes puntos de muestreo en la misma zona) (Figura 1). Las muestras se preservaron con etanol al 96 % y se mantuvieron refrigeradas (Descals, 2005; Narváez, *et al.*, 2016; Guerrero & Urdiales, 2016) hasta su traslado al laboratorio de la Universidad del Magdalena para su posterior análisis.

#### **Preparación de muestras e identificación de hifomicetos**

Se raspó la superficie de cada hoja con un cepillo de dientes previamente esterilizado; el producto del raspado se enjuagó con agua destilada sobre una caja de Petri. Terminado el lavado, se dispusieron las preparaciones microscópicas semipermanentes utilizando láminas portaobjetos sobre las que se depositaron entre 2 y 3 gotas por lámina, que se dejaron secar al aire. Luego, las preparaciones se trataron de manera separada con hidróxido de potasio (KOH) al 5 % y solución de azul de lactofenol al 1 % para determinar las conidias dematiáceas, y fucsina al 1 % para las hialinas (Smits, *et al.*, 2007). Las muestras de espuma se mezclaron manualmente y se les aplicó el mismo procedimiento para la tinción, es decir, se tomaron entre 2 y 3 gotas de espuma diluida por lámina (Ulloa & Hanlin, 2006; Amilcar, *et al.*, 2015; Guerrero & Urdiales, 2016; Fiuza & Gusmão, 2013). Los conidias se observaron en un microscopio Carl Zeiss™ Primo Star™ con 20 X y 40 X. La identificación se hizo mediante la comparación de la morfología de las conidias utilizando las claves de Ingold (1942, 1975), Von Arx (1981), Santos-Flores & Betancourt-López (1997) y Gulis, *et al.* (2005). Además, se consultaron las bases de datos del *National Center for Biotechnology Information* - NCBI (<https://www.ncbi>).



**Figura 1.** (A) Detalle de la espuma localizada en el tramo de muestreo formada por turbulencia y (B) por pequeñas cascadas

nlm.nih.gov/), de MYCOBANK (<http://www.mycobank.org/>) y el INDEX FUNGORUM (<http://www.indexfungorum.org/names/names.asp>) para confirmar los nombres de las especies y las sinonimias.

## Resultados

Se determinaron los géneros de hifomicetos acuáticos *Campylospora*, *Diplocladiella*, *Triscelophorus*, *Actinospora*, *Lemonniera*, *Helicomycetes*, *Clavatospora*, *Alatospora*, *Flabellospora* y *Heliscus* asociados con la espuma y la hojarasca presentes en la parte media del río Gaira (**Tabla 1**) y se identificaron cuatro especies: *Diplocladiella scalaroides*, *Heliscus submersus*, *Alatospora acuminata* y *Flabellospora crassa*.

Todas los conidias se registraron en las muestras de espuma, en tanto que en las muestras de hojarasca solo se encontraron los géneros *Alatospora* y *Campylospora*, específicamente en muestras foliares de *F. tonduzii* (**Tabla 2**). En las muestras de *Z. longifolia* y *C. multiflora* no se encontraron hifomicetos (**Tabla 2**).

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica de hifomicetos acuáticos asociados con la espuma y la hojarasca en el río Gaira

Clase	Orden	Familia	Género	Autor
Pezizomycetes	Pezizales	Pyronemataceae	<i>Actinospora</i>	<b>Ingold</b> (1975)
	<i>Incertae sedis</i>	<i>Incertae sedis</i>	<i>Diplocladiella</i>	<b>Ingold</b> (1975)
	<i>Incertae sedis</i>	<i>Incertae sedis</i>	<i>Flabellospora</i>	<b>Ingold</b> (1975)
Sordariomycetes	Microascales	Halosphaeriaceae	<i>Clavatospora</i>	<b>Ingold</b> (1975)
	Hypocreales	Nectriaceae	<i>Heliscus</i>	<b>Ingold</b> (1975)
	<i>Incertae sedis</i>	Hypocreomycetidae <i>Incertae sedis</i>	<i>Campylospora</i>	<b>Ingold</b> (1975)
Leotiomycetes	Helotiales	Leotiaceae	<i>Alatospora</i>	<b>Ingold</b> (1975)
	Helotiales	Discinellaceae	<i>Lemonniera</i>	<b>Ingold</b> (1942)
Dothideomycetes	Tubeufiales	Tubeufiaceae	<i>Helicomycetes</i>	<b>Goos</b> (1985)
Dothideomycetes <i>incertae sedis</i>	<i>Incertae sedis</i>	<i>Incertae sedis</i>	<i>Triscelophorus</i>	<b>Ingold</b> (1975)

Clasificación taxonómica según **Lumbsch & Huhndorf** (2007) y **Wijayawardene, et al.** (2018)

**Tabla 2.** Géneros de hifomicetos acuáticos asociados con la espuma y la hojarasca en la parte media del río Gaira. El símbolo + indica la presencia de la especie.

Género	Especie	Hojarasca			Espuma
		<i>F. tonduzii</i>	<i>Z. longifolia</i>	<i>C. multiflora</i>	
<i>Actinospora</i>					+
<i>Alatospora</i>	<i>A. acuminata</i>	+			+
<i>Campylospora</i>		+			+
<i>Clavatospora</i>					+
<i>Diplocladiella</i>	<i>D. scalaroides</i>				+
<i>Flabellospora</i>	<i>F. crassa</i>				+
<i>Helicomycetes</i>					+
<i>Heliscus</i>	<i>H. submersus</i>				+
<i>Lemonniera</i>					+
<i>Triscelophorus</i>					+

## Discusión

La riqueza taxonómica de hifomicetos observada en el presente estudio representa un incremento de ocho géneros nuevos en el departamento del Magdalena (Luna, 2009). Al comparar estos hallazgos con los estudios de Mathuriau & Chauvet (2002) en la región andina, de Luna-Fontalvo (2009) en Santa Marta (parte baja del río Gaira) y de Narváez-Parra, *et al.* (2016) en Floridablanca, Santander, se pudo establecer que siete de los géneros son nuevos registros para el norte de Colombia: *Actinospora*, *Alatospora*, *Diplocladiella*, *Flabellospora*, *Heliscus*, *Lemonniera* y *Triscelophorus*, y de estos, *Actinospora* y *Diplocladiella* son nuevos registros para Colombia (Tabla 3).

En un estudio anual de evaluación de los hifomicetos de espuma en el río Chirgua en Venezuela, Fernández, *et al.* (2009) encontraron 44 especies distribuidas en varios géneros, de los cuales ocho coincidieron con los encontrados en este estudio, en tanto que dos fueron propios del río Gaira (*Actinospora* y *Lemonniera*). Por otro lado, en Panamá, Bärlocher, *et al.* (2010) registraron 34 especies de hifomicetos, de los cuales, los géneros

**Tabla 3.** Géneros y especies de hifomicetos acuáticos registrados para Colombia

Mathuriau & Chauvet (2002) (región andina)	Luna (2009) (Santa Marta- parte baja del río Gaira)	Narváez-Parra, <i>et al.</i> (2016) (Santander- Floridablanca)	Ruíz & Peláez (2013) (Región andino-amazónica)	Presente estudio
<i>Alatospora acuminata</i>	<i>Clavatospora tentacula</i>	<i>Anguillospora pseudolongissima</i>	<i>Pestalotia</i>	<i>Actinospora</i>
<i>Anguillospora longissima</i>	<i>Clavariopsis aquatica</i>	<i>Anguillospora longissima</i>	<i>Triscelophorus monosporus</i>	<i>Alatospora</i>
<i>Articulospora atra</i>	<i>Campylospora chaetoclada</i>	<i>Lemonniera</i> sp.	<i>Campylospora chaetoclada</i>	<i>Campylospora</i>
<i>Campylospora chaetoclada</i>	<i>Helicomyces</i> sp.	<i>Alatospora</i> sp.	<i>Campylospora filicladia Nawawi</i>	<i>Clavatospora</i>
<i>Flagellospora curvula</i>	<i>Flagellospora curvula</i>	<i>Belthrania</i> sp.	<i>Mycofalcella calcarata</i>	<i>Diplocladiella</i>
<i>Heliscella stellata</i>		<i>Campylospora chaetoclada</i>	<i>Flabellospora acuminata</i>	<i>Flabellospora</i>
<i>Heliscus submersus</i>		<i>Scutisporus brunneus</i>		<i>Helicomyces</i>
<i>Heliscus tentaculus</i>		<i>Campylospora filicladia</i>		<i>Heliscus</i>
<i>Lunulospora curvula</i>		<i>Flabellospora verticillata</i>		<i>Lemonniera</i>
<i>Mycocentrospora</i> sp		<i>Triscelophorus acuminatus</i>		<i>Triscelophorus</i>
<i>Nawawia filiformis</i>		<i>Campylospora párvula</i>		
<i>Tetracladium marchalianum</i>		<i>Helicomyces</i> sp.1		
<i>Phalangispora constricta</i>		<i>Triscelophorus curviramifer</i>		
<i>Tripespermum camelopardus</i>		<i>Helicomyces</i> sp.2		
<i>Tripespermum</i> sp.		<i>Tripespermum</i> sp.		
<i>Triscelophorus konajensis</i>		<i>Isthmologiospora</i> sp.		
		<i>Phalangispora constricta</i>		
		<i>Tripespermum porosporiferum</i>		
		<i>Varicosporium</i> cf. <i>giganteum</i>		
		<i>Weisneriomyces</i> sp.		
		<i>Trinacrium</i> sp.		
		<i>Clavatospora tentacula</i>		
		<i>Camposporium</i> sp.		

*Diplocladiella*, *Actinospora* y *Helicomyces*, estuvieron presentes en el río Gaira y no en Panamá. A pesar de que los ríos de Venezuela y Panamá poseen condiciones ambientales similares a las del río Gaira, se evidenciaron especies exclusivas de este río de la Sierra Nevada de Santa Marta.

En el Parque Nacional Cajas, de la provincia del Azuay, Ecuador, **Guerrero & Urdiales** (2019) identificaron 95 especies en tres microcuencas. Dicho estudio difiere de este en cuanto a las condiciones ambientales, pues la temperatura de su área de estudio fluctúa entre los 4 °C y los 14°C, a una altura de más de 3.000 m, en tanto que el área del presente estudio se localiza a los 750 m con una temperatura de 20,5 °C. Sin embargo, al comparar los dos estudios, se evidenció que la mayoría de los géneros registrados en este también se encontraron en Ecuador, con excepción de *Actinospora*, lo que permite deducir que estas especies de hongos están presentes en casi todas las regiones tropicales.

En Cuba, **Delgado-Rodríguez & Mena-Portales** (2004) recolectaron muestras en el río San Juan y otras localidades de la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario, en las cuales identificaron 33 especies de hifomicetos aero-acuáticos y seis ingoldianos en restos vegetales sumergidos y hojarasca de ambiente terrestre; cuatro de los géneros (*Diplocladiella*, *Triscelophorus*, *Diplocladiella*, *Campylospora*) también se encontraron en nuestro estudio.

En Serra da Jibóia, Brasil, **Barbosa, et al.** (2013) estudiaron los hifomicetos en ríos con temperaturas similares a las del presente estudio e identificaron 151 taxones en los cuales 136 de las especies correspondieron a hongos mitospóricos y 15 a ascomicetos meiospóricos; entre los hongos mitospóricos, 134 especies correspondían a hifomicetos, en tanto que el presente estudio solo *Helicomyces* coincidió con sus resultados, lo que evidencia que la coincidencia en las condiciones de temperatura y altitud no basta y que, al parecer, la distribución geográfica tiene un papel muy importante en la composición de las comunidades en determinado lugar.

**Goh & Hyde** (1996) han planteado que la eficiencia de la espuma al atrapar conidias puede estar relacionada con sus formas geométricas: las conidias tetrarradiadas son atrapadas más fácilmente que las conidias sigmoides y ovoides debido a que su forma favorece la flotabilidad y aumenta el área de contacto con la estructura de la espuma; en cuanto a las conidias con formas ovoides, esta afirmación se evidenció en el presente estudio, toda vez que la mayoría de conidias eran tetrarradiadas y correspondían a los géneros *Diplocladiella*, *Triscelophorus*, *Actinospora*, *Lemonniera*, *Helicomyces*, *Clavatospora*, *Flabellospora* y *Heliscus*.

**Luna** (2009) realizó un estudio local en la parte baja del río Gaira, en el sector de Puerto Mosquito, Santa Marta, donde, por primera vez, se registraron cinco especies de hifomicetos acuáticos para la zona norte de Colombia y solo tres géneros coincidieron con los encontradas en el presente trabajo: *Clavatospora*, *Campylospora* y *Helicomyces*, lo que refleja una variación en la composición de los géneros, pues aquí se reportan diez géneros para la parte media del río Gaira; además, los dos estudios difieren en las condiciones ambientales dado que uno se hizo en la parte media y el otro en la parte baja del mismo río.

## Conclusiones

Los muestreos evidenciaron que en la parte media del río Gaira se presenta una importante riqueza taxonómica de hifomicetos acuáticos, lo cual permitió ampliar el número de registros de géneros en esta zona del país. En cuanto a los sustratos muestreados (hojarasca y espuma), en los dos se encontraron conidias, aunque más en la espuma de río, aspecto que debería explorarse en futuras investigaciones. Se requieren nuevos estudios para ampliar el conocimiento sobre la diversidad de microorganismos acuáticos, entre ellos los hifomicetos, en sistemas fluviales y su relación con los procesos de descomposición de la materia orgánica.

## Agradecimientos

A Wilson Peñate Barros, por su apoyo financiero para el desarrollo de las actividades de campo y el acompañamiento técnico para llevar esta investigación a feliz término. A los integrantes del Grupo de investigación en biodiversidad y ecología aplicada (GIBEA), por el apoyo en las actividades de campo y laboratorio.

## Contribución de los autores

BPC, CETT y JALF diseñaron los métodos de muestreo y participaron en la redacción del manuscrito. BPC y CETT recolectaron las muestras y las procesaron en el laboratorio. JALF confirmó la identificación de los organismos.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

## Referencias

- Abdel-Raheem, A. M. & Ali, E. H.** (2004). Lignocellulolytic enzyme production by aquatic hyphomycetes species isolated from the Nile's delta región. *Mycopathologia*. **157** (3): 277-286.
- Amilcar, C., Castillo, Y. S., Hofmann, A. T.** (2015). Hifomicetos acuáticos asociados a hojarasca sumergida en el río Majagua, Chiriquí, Panamá. *Revista mexicana de micología*. **42**: 65-69.
- Barbosa, F. R., Raja, H. A., Shearer, C. A., Gusmão, L. F. P.** (2013). Some freshwater fungi from the Brazilian semi-arid region, including two new species of hyphomycetes. *Cryptogamie, Mycologie*. **34** (3): 243-258.
- Bärlocher, F.** (1992). The ecology of aquatic Hyphomycetes. Berlín: Springer Verlag. 117 p.
- Bärlocher, F., Helson, J. E., Williams, D. D.** (2010). Aquatic hyphomycete communities across a land-use gradient of Panamanian streams. *Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie*. **177** (3): 209-221.
- Chamier, A. C.** (1985). Cell-wall-degrading enzymes of aquatic hyphomycetes: a review. *Botanical Journal of the Linnean Society*. **91** (1-2): 67-81.
- Collantes, A., J. Castellanos-Barliza., Tamaris-Turizo, C.E.** (2014). Caída de hojarasca fina del bosque ribereño en la cuenca del río Gaira, Sierra Nevada de Santa Marta – Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. **5** (1): 171-184.
- Czeczuga, B. & Orłowska, M.** (1999). Hyphomycetes in the ice of water reservoirs. *Roczniki Akademii Medycznej w Białymstoku*. **44**: 64-75.
- Descals, E.** (2005). Diagnostic characters of propagules of Ingoldian fungi. *Mycological Research*. **109** (5): 545-555.
- Delgado-Rodríguez, G. & Mena-Portales, J.** (2004a). Hifomicetos (hongos anamórficos) de la Reserva Ecológica “Alturas de Banao” (Cuba). *Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid*. **28**: 115-124.
- Delgado-Rodríguez, G. & Mena-Portales, J.** (2004b). Hifomicetos aero-acuáticos e ingoldianos de la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario (Cuba). *Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid*. **28**: 105-113
- Duarte, S., Bärlocher, F., Pascoal, C., Cássio, F.** (2016). Biogeography of aquatic hyphomycetes: current knowledge and future perspectives. *Fungal Ecology*. **19**: 169-181.
- Fernández, R. & Smits, G.** (2015). Actualización de inventario de especies de hifomicetos acuáticos en Venezuela. *Gestión y Ambiente*. **18** (2): 153-180.
- Fernández, R. & Smits, G.** (2009). Registro de la presencia de hifomicetos acuáticos en ríos de la Cordillera de la Costa, Venezuela. *Interciencia*. **34** (8): 589-592.
- Fernández, R. & Smits, G.** (2016). Hifomicetos acuáticos en la cabecera del río Chirgua, Carabobo Venezuela. *Interciencia*. **41** (2): 110-113.
- Fernández, R., Smits, G., Pinto, M.** (2010). Características e importancia de los hifomicetos acuáticos y registro de especies en Venezuela. *Revista faraute de ciencia y tecnología*. **5**: 1-15.
- Fiuza, P. O., & Gusmão, L. F. P.** (2013). Ingoldian fungi from semiarid Caatinga biome of Brazil. The genus *Campylospora*. *Mycosphere*. **4** (3): 559-565.
- Fontalvo, J.A. & Tamaris-Turizo, C. E.** (2018). Calidad del agua de la parte baja del río Córdoba (Magdalena, Colombia), usando el ICA-NSF. *Intrópica*. **13** (2): 101-111.

- Gimenes, K. Z., Cunha-Santino, M. B. Da., Bianchini Jr. I.** (2010) Decomposição de matéria orgânica alóctone e autóctone em ecossistemas aquáticos. *Oecologia australis*. **14** (4): 1036-1073.
- Goh, T. K. & Hyde, K. D.** (1996). Biodiversity of freshwater fungi. *Journal of Industrial Microbiology*. **17** (5-6): 328-345.
- Gönczöl, J. Revay, A., Csontos, P.** (1999). Studies on the aquatic hyphomycetes of the Morgò stream, Hungary. *Archiv für Hydrobiologie*. **144** (4): 473-493.
- Goos, R. D.** (1985). A review of the anamorph genus *Helicomyces*. *Mycologia*. **77** (4): 606-618.
- Graça, M. A., Hyde, K., Chauvet, E.** (2016). Aquatic hyphomycetes and litter decomposition in tropical – subtropical low order streams. *Fungal Ecology*. **19**: 182-189.
- Guerrero, J. M., & Urdiales C. L. X.** (2016). Variación de las comunidades de hifomicetos acuáticos y tasa de descomposición de hojarasca en tres microcuencas altoandinas del sur del Ecuador (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).
- Guerrero-Bolaño, F., Manjarrés-Hernández, A., Núñez-Padilla, N.** (2003). Los macroinvertebrados bentónicos de Pozo Azul (cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua. *Acta Biológica Colombiana*. **8** (2): 43-55.
- Gulis V., Marvanova L., Descals E.** (2005). An illustrated key to the common temperate species of aquatic hyphomycetes. In: Graça M.A, Bärlocher F, Gessner M.O. (eds), *Methods to Study Litter Decomposition*. Dordrecht, Springer, pp. 153-167.
- Gutiérrez, Y., Velásquez M. S., Carbonó de la Hoz E.** (2010). Composición florística ribereña de la cuenca del río Gaira, Colombia. *Recursos Naturales y Ambiente*. **59**: 60.
- Harrington, J.** (1997). Aquatic hyphomycetes of 21 rivers in Southern Ireland. *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy*. **97B** (2): 139-148.
- Ingold, C.** (1942). Aquatic hyphomycetes of decaying alder leaves. *Transactions of the British Mycological Society*. **25** (4): 339-417.
- Ingold, C.** (1975). *Guide to Aquatic Hyphomycetes*. Freshwater Biological Association. Cumbria, England. Scientific publication, 30. p. 96.
- Kendrick B.** (1991). The history of conidial fungi. In: Cole G, Kendrick B (eds), *Biology of Conidial Fungi*. Academic Press, New York, pp. 3-18.
- Luna, J.** (2009). Hongos anamórficos acuáticos asociados a la hojarasca en el río Gaira de la costa del Caribe Colombiano. *Intrópica*. **4**: 37-43.
- Lumsch, H. T. & S. M. Huhndorf.** (2007). Outline of Ascomycota – 2007. *Myconet*. **13**: 1-58.
- Mathuriau, C. & Chauvet, E.** (2002). Breakdown of leaf litter in a Neotropical stream. *Journal of the North American Benthological Society*. **21** (3): 384-396.
- Narváez P. E. X., Jerez J. J. H., Santos F. C. J.** (2016). Hifomicetos ingoldianos del río Frío (Floridablanca), Santander, Colombia. *Revista Biota Colombiana*. **17** (2): 1-11.
- Prokhorov, V. & Bodyagin, V.** (2007a). The ecology of aero-aquatic hyphomycetes. *Moscow University Biological Sciences Bulletin*. **62** (1): 15-20.
- Prokhorov, V. & Bodyagin, V.** (2007b). Aquatic hyphomycetes from forests-Park Bitsa and Vorobiovy hills located on territory of Moscow city. *Biological Series*. **112** (2): 60.
- Reynolds D.** (1993). The fungal holomorph: an overview. En: Reynolds D, Taylor J (Eds.), *the Fungal Holomorph*. CAB International, Wallingford, pp. 15-25.
- Roldán A., Descals E., Honrubia M.** (1988). Hifomicetos acuáticos de sierra nevada y sierra de los Filabres. Málaga, España. *Acta Botánica Malacitana*. **13**: 77-90.
- Roldán A., Puig M., Honrubia M.** (1989). Comunidades fúngicas asociadas a sustratos leñosos en un río mediterráneo. *Annales de Limnologie*. **25**: 191-195.
- Roldán, A., Descals, E., Honrubia, M.** (1987). Hifomicetos acuáticos en las cuencas altas del río Segura y Guadalquivir. *Anales de Biología*. **13** (3): 3-13.
- Roldán, A. & Honrubia, M.** (1988). Nuevas citas de hifomicetos acuáticos en la cuenca del río Segura (España). *Anales de Biología*. **15** (4): 103-105.
- Rosique-Gil, E., Córdova Córdova, I. I., Cappello-García, S., Cid-Martínez, A.** (2018). Hongos ingoldianos de las cascadas del Parque Estatal Agua Blanca, Tabasco, México. *Scientia fungorum*. **47**: 3-11.
- Ruiz-Chala, G. A., & Peláez-Rodríguez, M.** (2013). Registro de hifomicetos acuáticos para la región andinoamazónica colombiana. *Biota Colombiana*. **14** (2): 336-339.
- Sanders, P. F. & Anderson, J. M.** (1979). Colonization of wood blocks by aquatic hyphomycetes. *Transactions of the British Mycological Society*. **73**: 103-107.
- Santos-Flores, C. & Betancourt-López, C.** (1997). Aquatic and water-borne Hypohomycetes (Deuteromycotina) in streams of Puerto Rico (including records from other Neotropical locations). *Caribbean Journal of Science Special Publication*. **2**: 1-116.



- Shearer, C. A., Descals, E., Kohlmeyer, B., Kohlmeyer, J., Arvanova, L., Padgett, D., Porter, D., Raja, A. H., Schmit, P. J., Thorton, A. H., Voglymayr H.** (2007). Fungal biodiversity in aquatic habitats. Berlin, Germany. *Biodiversity and Conservation*. **16**: 49-67.
- Smits, G., Fernández, R., Cressa, C.** (2007). Preliminary study of aquatic hyphomycetes from Venezuelan streams. *Acta Botánica Venezuelica*. **30**: 345-355.
- Tamaris-Turizo, C., Rodríguez-Barríos, J., Ospina-Torres, R.** (2013). Deriva de macroinvertebrados acuáticos a lo largo del río Gaira, vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Caldasia*. **35** (1): 149-163.
- Ulloa, M. & Hanlin, R. T.** (2006). *New illustrated dictionary of mycology*. Saint Paul (Minnesota), USA: American Phytopathological Society. 672 p.
- Von – Arx, J.** (1980). *The Genera of Fungi Sporulating in Pure Culture*. Vaduz, Liechtenstein: J. Cramer. 424 p.
- Webster, J.** (1959). Experiments with spores of aquatic hyphomycetes: I. Sedimentation, and impact on smooth surfaces. *Annals of Botany*. **23** (4): 595-611.
- Webster, J. & Davey, R. A.** (1984). Sigmoid conidial shape in aquatic fungi. *Transactions of the British Mycological Society*. **83** (1): 43-52.
- Wijayawardene, N. N., Hyde, K. D., Lumbsch, H. T., Liu, J. K., Maharachchikumbura, S. S., Ekanayaka, A. H., Tian, Q., Phookamsak, R.** (2018). Outline of Ascomycota: 2017. *Fungal Diversity*. **88** (1): 167-263.
- Zhou, D.Q. & Hyde, K.D.** (2002). Fungal succession on bamboo in Hong Kong. In: *Fungal Succession* (eds. K.D. Hyde and E.B.G. Iones). *Fungal Diversity*. **10**: 213-227.