
DIVERSIDAD DE HIFOMICETOS ACUÁTICOS EN LA QUEBRADA 'LA ESTACIÓN' DE LA HACIENDA ECOLÓGICA 'LA GUÁQUIRA', YARACUY, VENEZUELA

RAFAEL FERNÁNDEZ DA SILVA y GUNTA SMITS BRIEDIS

RESUMEN

Los hifomicetos acuáticos son organismos importantes desde el punto de vista ecológico y biotecnológico, dada la batería enzimática que poseen, por lo cual son considerados indicadores de calidad de agua. Son un grupo de hongos anamórficos que en el ecosistema acuático degradan y modifican el material vegetal que cae al agua, facilitando así que el mismo sea utilizado por otros organismos presentes. En Venezuela se ha iniciado un inventario de dichos organismos en diferentes cursos de agua. El presente trabajo señala un registro de especies de hifomicetos acuáticos en la quebrada 'La Estación' de la Hacienda Ecológica 'La Guáquira', Estado Yaracuy, en correspondencia a los factores fisicoquímicos y microbiológicos del

mismo. Se tomaron en esterilidad muestras semanales, durante un año, de agua y espuma en los cauces del río, analizándose la calidad de la misma e identificando los hongos presentes. De un total de 40 especies identificadas, son nuevos registros para el país: *Dicranidion gracile* e *Isthmotricladiella laeensis*. No se encontraron relaciones significativas entre los factores fisicoquímicos y microbiológicos con la riqueza y abundancia de estos hongos, excepto con la precipitación: *Campylospora parvula*, *Clavatospora tentacula* y *Diplocladiella* sp. en la estación seca, y *Campylospora chaetocladiella* y *Campylospora filicladia* en la estación lluviosa.

Los hifomicetos acuáticos colonizan las hojas decíduas que caen en las corrientes de agua, constituyendo un importante puente trófico entre las hojas sumergidas y los invertebrados del sistema lóxico. Su estructura comunitaria está conformada por los conidióforos que se desarrollan sobre la superficie de los sustratos y sus conidios que eventualmente son liberados (Chamier y Dixon, 1982; Bärlocher, 2000; Descals y Moralejo, 2001). Son hongos anamórficos microscópicos considerados potenciales degradadores de la materia orgánica particulada sumergida en los ríos (Arsuffi y Suberkropp, 1984; Bärlocher, 1992a, b, c; Jones y Pang, 2012) que incluyen tanto a los hongos cuyo ciclo de vida es totalmente acuático, como a aquellos que solo

en algún momento se desarrollan en dicho ambiente (Descals y Moralejo, 2001).

Desde el punto de vista ecológico, estos microorganismos pueden considerarse como bioindicadores de la calidad del agua, ya que su presencia está asociada a buenas condiciones fisicoquímicas y microbiológicas de la misma, de acuerdo a las normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos (Norma, 2003). Adicionalmente, estos hongos son de gran importancia biotecnológica (biorremediativo e industrial), debido a que su capacidad degradativa está relacionada con la batería enzimática que poseen (Fernández *et al.*, 2010).

A pesar que los hifomicetos acuáticos son de amplia distribución mundial, la mayoría de las especies iden-

tificadas como tales han sido descritas de las regiones frías y/o templadas (Ingold, 1975). En las regiones tropicales son pocos los trabajos realizados, a pesar de ser la franja geográfica de mayor diversidad biológica (Bärlocher, 1992a, b, c; Santos-Flores y Betancourt-López, 1997; Schöenlein-Crusius y Grandi, 2003; Smits *et al.*, 2007; Figueroa *et al.*, 2012) y donde se presentan especies características de esta región (Jones y Pang, 2012). En las regiones templadas, las concentraciones máximas de conidios se encuentran frecuentemente en el otoño e inicios del invierno, lo que se debe a que en estas zonas las corrientes acarrearán gran cantidad de restos de vegetales y materia orgánica durante el otoño, lo cual a su vez aumenta la cantidad total de esporulación de los hifomicetos acuáticos (Iqbal, 1997).

PALABRAS CLAVE / Calidad de Agua / Espuma de Río / Venezuela /

Recibido: 04/03/2013. Modificado: 30/07/2013. Aceptado: 01/08/2013.

Rafael Fernández Da Silva. Biólogo y Doctor en Ciencias Biológicas, Universidad Central de Venezuela (UCV). Profesor-Investigador, Universidad de Carabobo (UC), Venezuela. Dirección: Unidad de Biotecnología Aplicada (UBA), Departamento de Biología, Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología (FACYT), UC. Valencia (Edo. Carabobo). e-mail: rfernandez2@uc.edu.ve

Gunta Smits Briedis. Bióloga, UCV, Venezuela. M.Sc. en Fitopatología, Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, Venezuela. Docente-Investigadora, UCV, Venezuela. e-mail: gunta.smits@ciens.ucv.ve

En el trópico, esta variación en la concentración de conidios, se debe a pequeñas alteraciones en factores tales como el tipo de sustrato, cambios químicos y físicos en las corrientes, unido a las interacciones con factores climáticos (Betancourt *et al.*, 1987). De esta manera, la tendencia general dentro de una comunidad de hifomicetos acuáticos es que en el invierno prevalecen las especies que son típicas de zonas frías y templadas, las cuales durante el verano son reemplazadas por especies más típicas de zonas más cálidas (Justiniano y Betancourt, 1989). Sin embargo, de acuerdo a Suberkropp (1984) y Chauvet (1991) existe la posibilidad de que las interacciones inter-específicas y otros factores estén involucrados en la estacionalidad de este grupo de hongos.

Debido al rol potencial de los hifomicetos acuáticos en el balance energético de los sistemas lóticos de bajo orden y a la poca información que se tiene de estos microorganismos en Venezuela, se determinó el cambio mensual de la composición de las especies de hifomicetos acuáticos presentes en una pequeña quebrada neotropical ('La Estación') durante doce meses, en correspondencia con las características fisicoquímicas y microbiológicas de calidad del agua del sistema.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la Quebrada 'La Estación' de la Hacienda Ecológica 'La Guáquira', en el Municipio San Felipe (10°18'04,05"N, 68°39'30,46"O), cerca de San Felipe, capital del Estado Yaracuy, Venezuela. La vegetación de la zona estudiada es de tipo selva hidrófila megatérmica (Huber y Alarcón, 1988). El sector de la quebrada donde se tomaron las muestras de espuma se encuentra a una altura de 105msnm y es un tramo canal de secuencias escalonadas (*step-pool*), con rocas de mediano tamaño, acompañado de arena y arcilla.

Los hifomicetos se obtuvieron de muestras de espuma recolectadas al azar en el río, con una frecuencia semanal durante el año 2009 (estación lluviosa entre mayo y no-

TABLA I
VALORES MÁXIMOS, MÍNIMOS Y PROMEDIOS DURANTE EL AÑO DE MUESTREO, DE LAS VARIABLES MORFOMÉTRICAS, FISCOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS QUE CARACTERIZAN LA QUEBRADA 'LA ESTACIÓN'

Variables	Promedio	Máximo	Mínimo
Ancho del río (m)	4,1	5,2	3,7
Profundidad del río (cm)	10,9	12,3	8,8
Velocidad de la corriente (cm·s ⁻¹)	6,8	7,9	6,1
Descarga (cm ³ ·s ⁻¹)	5,5	6,3	4,8
Temperatura (°C)	24,9	26,1	24,1
pH	7,83	8,14	6,98
Conductividad (μS·cm ⁻¹)	2,63	2,91	2,07
Materia orgánica en suspensión (g·l ⁻¹)	1,4	2,6	1,1
Oxígeno disuelto (mg·l ⁻¹)	6,9	7,4	6,2
Oxígeno disuelto (%)	84,7	91,6	75,3
SO ₄ ²⁻ (mg·l ⁻¹)	23,68	26,4	21,75
PO ₄ ³⁻ (mg·l ⁻¹)	5,72	7,85	4,09
NO ₃ ⁻ (mg·l ⁻¹)	10,42	17	7,91
NO ₂ ⁻ (mg·l ⁻¹)	0,36	0,42	0,31
Coliformes totales (UFC/100ml)	547,3	960	460
Coliformes fecales (UFC/100ml)	0	0	0

viembre y estación seca de diciembre a abril), determinándose el número de conidios/ml/mes y su frecuencia relativa en tres grupos: >75% (muy frecuente); 25-75% (frecuente) y <25% (poco frecuente o rara). Se utilizó una espátula cóncava esterilizada para recoger la espuma, que luego fue colocada en envases de vidrio estériles. Se fijaron con una solución 1% de fucsina en lactofenol y en el laboratorio fueron examinadas al microscopio de luz. Para la identificación de conidios se usó un aumento de 400×, y se empleó principalmente la clave taxonómica para hifomicetos del Neotrópico de Santos-Flores y Betancourt-López (1997).

La determinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, la cuantificación del número de

unidades formadoras de colonias (UFC) del grupo de coliformes totales y coliformes fecales, y el procesamiento estadístico de los datos fueron realizados como se describe en Storaci *et al.* (2013).

Resultados y Discusión

Los valores máximos, mínimos y promedios obtenidos durante el año de muestreo, correspondientes a las variables morfológicas, fisicoquímicas y microbiológicas de la quebrada 'La Estación' durante el año de estudio se presentan en la Tabla I. El agua se mantuvo clara, bien oxigenada, poco mineralizada, con un pH ligeramente básico e incolora, con pocos sólidos en suspensión. Los valores de temperatura obtenidos se encuentran en el intervalo de 24,1-26,1°C, con un valor promedio de 24,9°C, dado por la presencia de una abundante cobertura vegetal en la zona de estudio del río, lo cual resulta en una menor incidencia de radiación solar, favoreciendo el desarrollo de la vida acuática en general, ya que la temperatura se encuentra dentro de los niveles óptimos. Por su parte, el pH mostró poca variación dentro del intervalo normativo (6,0-8,5), indicando que las aguas del río presentan un pH cercano a la neutralidad, beneficiando muchos sistemas bióticos. La conductividad estuvo en valores muy bajos y fue poco variable, excepto en los meses de menor precipitación (sequía), cuando al concentrarse los

TABLA II
VALORES MENSUALES DE PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS, PRECIPITACIÓN, RIQUEZA Y FRECUENCIA DE ESPORAS DE HIFOMICETOS ACUÁTICOS DURANTE EL AÑO DE MUESTREO

Mes	Prp	Esp	C	CT	CF	T	pH	Cd	O ₂	S	P	N1	N2
Ene	0	9	145	700	0	24,1	8,1	2,07	75,3	24,4	4,09	0,32	17
Feb	0	10	150	960	0	24,5	8,14	2,88	90,1	25,52	5,73	0,42	8,35
Mar	0	10	215	500	0	25	7,45	2,6	88,9	21,75	4,21	0,38	8,51
Abr	0	9	315	460	0	25,6	7,67	2,35	80,5	21,9	7,85	0,31	9,97
May	30	14	420	480	0	24,4	6,98	2,48	91,6	21,9	7,76	0,37	9,01
Jun	31	11	390	501	0	24,5	7,51	2,82	82,1	26,4	4,36	0,38	11,2
Jul	0	9	180	490	0	24,6	8,12	2,73	76,6	26,15	6,76	0,33	13,2
Ago	19	9	190	520	0	25	8,05	2,91	77,9	23,9	7,85	0,34	15,2
Sep	19	16	545	481	0	25,1	8,03	2,81	87,7	23,8	4,45	0,37	7,91
Oct	27	19	370	510	0	26,1	7,95	2,63	87,4	22,9	5,51	0,35	8,03
Nov	126	9	335	462	0	24,8	7,8	2,55	90	23,7	4,89	0,4	8,4
Dic	4	9	275	503	0	24,9	8,1	2,75	88,8	21,8	5,2	0,33	8,2

Prp: precipitación (mm), Esp: número de especies, C: conidios/ml, CT: UFC de coliformes totales, CF: UFC de coliformes fecales, T: temperatura, Cd: conductividad (μS·cm⁻¹), O₂: de oxígeno disuelto (mg·l⁻¹), S: SO₄²⁻ (mg·l⁻¹), P: PO₄³⁻ (mg·l⁻¹), N1: NO₂ (mg·l⁻¹), N2: NO₃ (mg·l⁻¹).

iones disueltos, se incrementó la conductividad, siendo normal en aguas dulces naturales encontrarse entre 10 y 350 μ S \cdot cm⁻¹ o inclusive más bajos, de acuerdo a la geología del sistema. Se evidenció poca presencia de sólidos totales suspendidos que puedan afectar los procesos fotosintéticos en la flora del sistema, aunado a que la calidad del agua pudiera ser afectada por metales y nutrientes que pueden estar presentes en los sedimentos. En relación a los nutrientes esenciales para el desarrollo del componente biótico del ecosistema acuático, el sulfato (SO₄²⁻), no superó el nivel permitido (250mg \cdot l⁻¹), mientras que el fosfato (PO₄³⁻), estuvo por debajo de la norma (9,9mg \cdot l⁻¹) y al final se encontraron niveles por debajo de los límites máximos permitidos de nitrato (NO₂⁻) y nitrato (NO₃⁻) con 0,01-0,04mg \cdot l⁻¹ y 10mg \cdot l⁻¹, respectivamente. Para el oxígeno disuelto, durante todo el estudio se presentaron valores >6,9mg \cdot l⁻¹, siendo mayor a lo normal (4mg \cdot l⁻¹), encontrando así niveles de oxigenación adecuados en el sistema lótico. Finalmente, en cuanto a la calidad bacteriológica del agua, se halló que el río no presentaba coliformes fecales, pero sí coliformes totales (>100 UFC), lo cual es normal en sistemas naturales de aguas dulces no perturbados, que requieren potabilización para su consumo humano.

Asimismo, en este trabajo solo se encontraron correlaciones de Spearman (rs) significativas (0,73 a p<0,05) y altamente significativas (0,78 a p<0,01) entre el número de conidios/ml con el número de especies y la precipitación (mm), respectivamente, lo cual indicó que a lo largo del año la diversidad de hifomicetos acuáticos no fue afectada por la temperatura, el pH, la conductividad, la turbidez, los nutrientes y el oxígeno, debido a que sus niveles variaron poco durante el tiempo de estudio en la quebrada 'La Estación' (Tabla II), un sistema natural no perturbado.

La riqueza de hifomicetos acuáticos registrada fue de 40 especies (Tabla III). Las especies frecuentes en más de un 75% del muestreo anual fueron *Campylospora parvula* (83,3%), *Clavatospora tentacula* (83,3%) y *Triscelophorus monosporus* (83,3%). Por otra parte, las especies con frecuencias medianas, entre 25-75%, fueron *Alatospora acuminata* (33,3%), *Brachiosphaera tropicalis* (58,3%), *Camposporidium* sp. (33,3%), *Campylospora filicladia* (66,7%), *Campylospora chaetoclada* (41,7%), *Culicidospira grávida* (75%), *Diplocladiella* sp. (25%), *Flabellospora acuminata* (58,3%), *Flabellospora crassa* (25%), *Helycomyces colligatus* (33,3%), *Helicomyces* sp. (33,3%), *Helicomyces*

TABLA III
REGISTRO MENSUAL DE ESPECIES DE HIFOMICETOS ACUÁTICOS
EN LA QUEBRADA 'LA ESTACIÓN'

Especies	Meses											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Alatospora acuminata</i> Ingold						X	X			X	X	
<i>Beltrania rhombica</i> Penzig							X					
<i>Beltraniella portoricensis</i> (F.Stevens) Piroz & S. D. Patil	X	X										
<i>Brachiosphaera tropicalis</i> Nawawi					X		X	X	X	X	X	X
<i>Camposporidium</i> sp.					X	X				X	X	
<i>Camposporium antenatum</i> Harkn.											X	
<i>Campylospora chaetoclada</i> Ranzoni		X	X			X			X	X		
<i>Campylospora filicladia</i> Nawawi	X	X	X			X			X	X	X	X
<i>Campylospora parvula</i> Kuzuha		X	X	X	X	X			X	X	X	X
<i>Clavatospora tentacula</i> Sv. Nilsson	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X
<i>Culicidospira grávida</i> R. H. Petersen	X	X			X	X			X	X	X	X
<i>Dedrospora juncicola</i> S.H. Iqbal						X					X	
<i>Dicranidion gracile</i> Matsush						X						
<i>Diplocladiella</i> sp.					X			X	X	X		X
<i>Diplocladiella scalaroides</i> G. Arnaud											X	
<i>Flabellospora acuminata</i> Descals	X	X						X	X	X	X	X
<i>Flabellospora crassa</i> Alas	X	X										X
<i>Flabellocladia tetracladia</i> Nawawi	X											X
<i>Flagellospora curvula</i> Ingold					X							
<i>Helicomyces colligatus</i> R.T. Moore	X				X						X	X
<i>Helicomyces</i> sp.						X			X	X		X
<i>Helicomyces torquatus</i> L.C. Lane & Shearer						X			X	X	X	
<i>Isthmotricladia gombakiensis</i> Nawawi					X	X	X	X	X	X	X	
<i>Isthmotricladia laenensis</i> Matsush						X						
<i>Jaculispora submersa</i> H.J. Huds & Ingold		X									X	
<i>Lunulospora curvula</i> Ingold					X							
<i>Magdalaena monogramma</i> G. Arnaud												X
<i>Phalangispora constricta</i> Nawawi & J. Webster						X	X	X				
<i>Scorpiosporium</i> spp						X			X			
<i>Scorpiosporium angulatum</i> (Ingold) S.H. Iqbal		X									X	
<i>Scorpiosporium chaetocladium</i> (Ingold) S.H. Iqbal	X										X	X
<i>Tetrachaetum elegans</i> Ingold					X							X
<i>Tetracladium marchalianum</i> De Wild						X						
<i>Tetraploa cf. aristata</i> Berk & Broome					X							
<i>Tripospermum myrti</i> (Lind) S. Hughes								X				
<i>Trisulcosporium acerinum</i> H.J. Huds & B. Sutton							X					
<i>Triscelophorus acuminatus</i> Nawawi					X	X		X				
<i>Triscelophorus monosporus</i> Ingold	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Triscelophorus ponapensis</i> Matsush							X	X				
<i>Varicosporium delicatum</i> S.H. Iqbal						X						
Número de especies por mes	9	10	9	11	14	11	8	9	16	20	10	11

torquatus (33,3%), *Isthmotricladia gombakiensis* (50%), *Phalangispora constricta* (25%), *Scorpiosporium chaetocladium* (25%) y *Triscelophorus acuminatus* (25%). Las especies raras o frecuentes en menos de un 25% fueron *Beltrania rhombica* (8,3%), *Beltraniella portoricensis* (16,7%), *Camposporium antenatum* (8,3%), *Dedrospora juncicola* (16,7%), *Dicranidion gracile* (8,3%), *Diplocladiella scalaroides* (8,3%), *Flabellocladia tetracladia* (16,7%), *Flagellospora*

curvula (8,3%), *Isthmotricladia laenensis* (8,3%), *Jaculispora submersa* (16,7%), *Lunulospora curvula* (8,3%), *Magdalaena monogramma* (8,3%), *Scorpiosporium* sp. (16,7%), *Scorpiosporium angulatum* (16,7%), *Tetrachaetum elegans* (16,7%), *Tetracladium marchalianum* (8,3%), *Tetraploa cf. aristata* (8,3%), *Tripospermum myrti* (8,3%), *Trisulcosporium acerinum* (8,3%), *Triscelophorus ponapensis* (16,7%) y *Varicosporium delicatum* (8,3%).

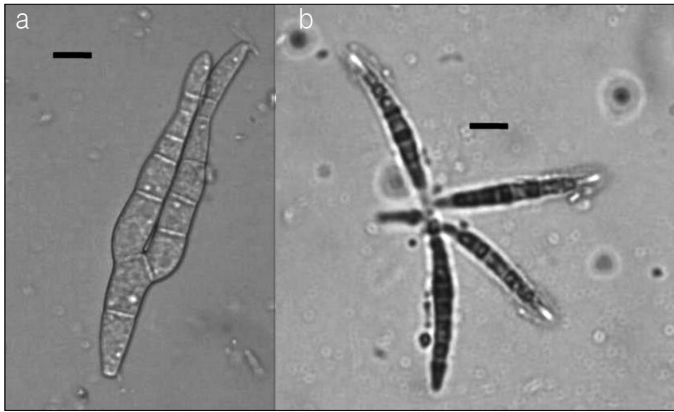


Figura 1. Nuevos reportes de especies de hifomicetos acuáticos en Venezuela. a: *Dicranidion gracile*, b: *Isthmotricladia laeensis*. Escala: 10µm.

Con respecto al número de especies por mes, éste vario poco (8-11) en la mayoría de los meses de estudio, excepto durante mayo con 14 y los picos máximos entre septiembre a octubre con 16-20 especies (Tabla III). Por otra parte, se reportan dos nuevos registros de especies de hifomicetos acuáticos para Venezuela: *Dicranidion gracile* y *Isthmotricladia laeensis* (Figura 1).

El análisis exploratorio de componentes principales (ACP) con todas las variables estudiadas en este trabajo (físicoquímicas, microbiológicas e hifo-

micetos acuáticos), logró explicar el 73,20% de la varianza total del sistema con dos ejes. El biplot de la Figura 2 señaló que el sistema se encontraba estrechamente asociado con altos niveles de NO_3^- y con bajas concentraciones de oxígeno (agosto; baja precipitación). Asimismo, el ACP permitió discernir claramente dos agrupaciones de especies de hifomicetos acuáticos que

presentaban la mayor abundancia de conidios (vectores de longitud considerable hacia el primer componente), uno entre febrero y abril representado por *Campylospora parvula*, *Clavatospora tentacula* y *Diplocladiella* sp., y otro en junio conformado por *Campylospora chaetocladia* y *Campylospora fili-cladia*, logrando retener el 71,97% de la información, mientras que el resto de las especies no presentaron una agrupación clara en los componentes.

Desde 1995, en Venezuela se regula la calidad del agua me-

dante las normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos (Norma, 2003). En este sentido, los valores de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos encontrados en el río están ajustados a un cuerpo de agua de tipo I, el cual es de excelente calidad, evidenciando así que el mismo está protegido de acuerdo a los estrictos lineamientos de sustentabilidad en el desarrollo agrícola en la Hacienda Ecológica 'La Guáquira'.

Los parámetros determinados estuvieron en el intervalo óptimo de desarrollo para dichos organismos, que en ambientes tropicales está generalmente a una temperatura de 15 y 29°C (El-Hissy *et al.*, 1992; Chauvet y Suberkropp, 1998), un pH neutro (Wood y Bärlocher, 1983), moderados niveles de nutrientes (Gulis y Suberkropp, 2004) y altos niveles de aireación u oxígeno (Farida *et al.*, 1992; Gönczöl y Révay, 1999; Gönczöl *et al.*, 1999; Duarte *et al.*, 2006). En el presente estudio, el factor que afectó el desarrollo de los hifomicetos acuáticos fue la precipitación, ya que las lluvias al provocar un mayor cauce en el río, determinan una mayor aireación y una mayor cantidad de material vegetal en el mismo, incrementando así la riqueza de especies y la abundancia (conidios/ml) de hifomicetos acuáticos, tal como lo señalan Karamchand y Sridhar (2008) y Paliwal y Santi (2009).

Las especies más frecuentes (>75%) o medianamente frecuentes (25-75%) durante el estudio, han estado siempre presentes en cuerpos de agua del país ya estudiados (Fernández y Smits, 2005; Cressa y Smits, 2007; Smits *et al.*, 2007; Fernández y Smits, 2009; Pinto *et al.*, 2009, Fernández y Smits, 2011), mientras que las poco frecuentes (<25%) o que aparecieron esporádicamente una o dos veces durante el muestreo, son comunes en este tipo de estudios, lo indican los trabajos realizados por Betancourt y Caballero (1983) y Betancourt *et al.* (1987) en ríos de Puerto Rico. Es de hacer resaltar que se reportan dos nuevos registros de especies de hifomicetos acuáticos para Venezuela: *Dicranidion gracile* y *Isthmotricladia laeensis*, habiendo sido ya registradas en otros cuerpos de agua del país todas las demás especies aquí reportadas.

Muchas especies de hifomicetos acuáticos presentan distribución cosmopolita, con variaciones altitudinales y latitudinales (Koske y Duncan, 1974). Su hábitat consiste principalmente en sistemas lóticos (ríos o quebradas), de agua clara, limpia, bien aireada y con moderada turbulencia, así como en

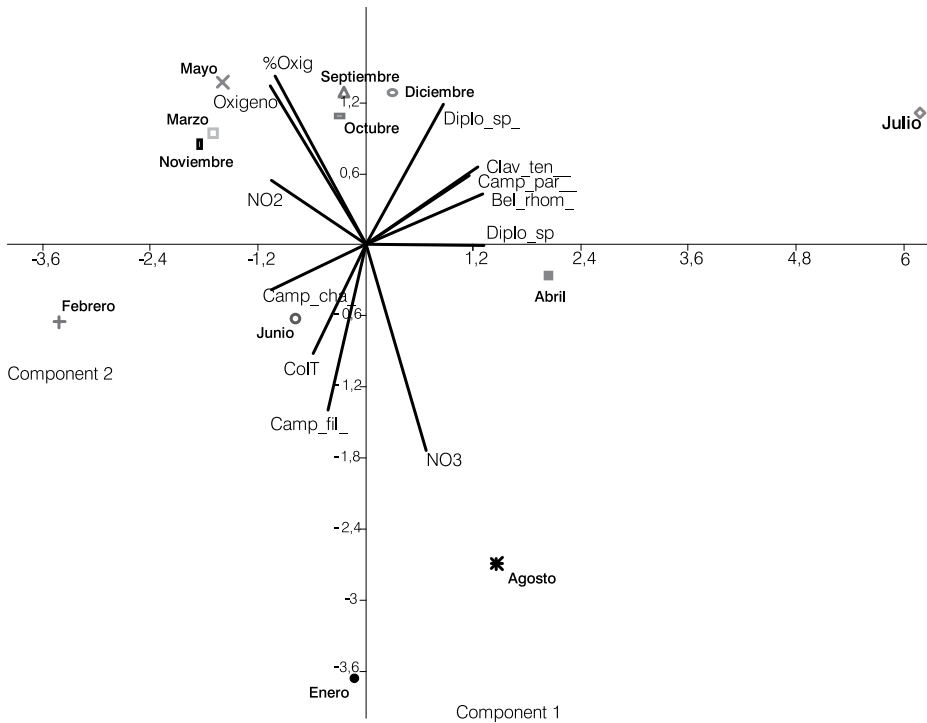


Figura 2. Biplot asociando la distribución de las variables físicoquímicas, microbiológicas y climáticas (precipitación) con la riqueza (número de especies) y la abundancia (conidios/ml) de hifomicetos acuáticos. Bel_rhom: *Beltrania rhombica*, Camp_cha: *Campylospora chaetocladia*, Camp_fil: *C. fili-cladia*, Camp_par: *C.*, Clav_ten: *Clavatospora tentacula*, Diplo_sp: *Diplocladiella* sp., ColT: coliformes totales.

sistemas lénticos (Ingold, 1975). Su distribución depende de las variaciones de las condiciones fisicoquímicas como temperatura, pH, nutrientes, oxígeno disuelto (concentración) y/o aireación, así como del efecto significativo del tipo de vegetación ribereña y las interacciones intraespecíficas e interespecíficas de los organismos que participan en el proceso de descomposición del material vegetal (Fernández *et al.*, 2010; Krauss *et al.*, 2011). De tal manera que en zonas tropicales, las variaciones de las especies son pequeñas, siendo concatenadas a cambios biológicos, químicos y físicos en las corrientes, además de las interacciones con factores climáticos (Chamier *et al.*, 1984; Suberkropp, 1984; Betancourt *et al.*, 1987), particularmente la diversidad de especies es mayor en periodos lluviosos (Karamchand y Sridhar, 2008; Paliwal y Santi, 2009).

Es evidente que el estudio ACP indicó una compleja independencia de los factores medidos, ya que no se pudo determinar una relación clara entre las variables fisicoquímicas y microbiológicas con la presencia de hifomicetos acuáticos, ya sea a nivel de riqueza (número de especies) como de abundancia (conidios/ml), lo cual pudo deberse a la compleja suma de interacciones de factores fisicoquímicos, climáticos y biológicos que inciden en las pequeñas variaciones de diversidad de los hifomicetos acuáticos en sistemas prístinos tropicales como el estudiado, tal como lo reseñan Betancourt *et al.* (1987). Únicamente se encontró una relación inversa entre el nivel de nitrógeno y la concentración de oxígeno, lo cual es evidente en sistemas lóticos, donde en periodos de poca precipitación, la degradación (dependiente del oxígeno) de la materia orgánica por parte de microorganismos bacteriales incrementa los niveles de nitrógeno en forma de nitratos, disminuyendo la concentración de oxígeno (Solé *et al.*, 2008). Se tiene que del grupo de especies de hifomicetos acuáticos encontrados, el grupo de especies típicas de ambientes tropicales hallado en los primeros meses del año (febrero-abril), a pesar de estar presente durante todo el periodo muestreado, mostró un leve incremento de su abundancia en ese periodo de nula precipitación, a diferencia del segundo grupo que se caracterizó por un mayor abundancia de conidios a mediados del año (junio), periodo con mayor precipitación, lo cual indicaría que son especies influenciadas por dicho factor climático (Suberkropp, 1984; Betancourt *et al.*, 1987; Chauvet, 1991; Abdel-Raheem y Ali, 2004).

En conclusión, se registraron 40 especies de hifomicetos acuáticos en la prístina quebrada 'La Estación', de las cuales dos (*Dicranidion gracile* y *Isthmotricladia laeensis*) son nuevos reportes para el país. Asimismo, no se encontró relación significativa entre los distintos factores fisicoquímicos y microbiológicos con la riqueza y abundancia de estos hongos, excepto con la precipitación, detectándose en función de ello, dos grupos de especies fúngicas, el primero (estación seca) formado por *Campylospora parvula*, *Clavatospora tentacula* y *Diplocladiella* sp. y el segundo (estación lluviosa) constituido por *Campylospora chaetocladiella* y *Campylospora filicladia*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Héctor Silva y Antonio Pérez por su valiosa colaboración en el traslado por la zona de estudio, a Mario Palacios por su valioso apoyo en las evaluaciones estadísticas realizadas y a Vincenzo Storaci por los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua del río.

REFERENCIAS

Abdel-Raheem AM, Ali EH (2004) Loignocellulolytic enzyme production by aquatic hyphomycetes species isolated from the Niles delta region. *Mycopathologia* 157: 277-286.

Aruffi T, Suberkropp K (1984) Leaf processing capabilities of aquatic hyphomycetes: interspecific differences and influence on shredder feeding preference. *Oikos* 42: 144-154.

Bärlocher F (1992a) *The Ecology of Aquatic Hyphomycetes*. Springer. Berlín, Alemania. 225 pp.

Bärlocher F (1992b) Research on aquatic Hyphomycetes: historical background and overview. En *The Ecology of Aquatic Hyphomycetes*. Springer. Berlín, Alemania. pp. 1-15

Bärlocher F (1992c) Community organization. En *The Ecology of Aquatic Hyphomycetes*. Springer. Berlín, Alemania. pp. 38-76.

Bärlocher F (2000) Water-borne conidia of aquatic hyphomycetes: seasonal and yearly patterns in Catamaran Brook, New Brunswick, Canada. *Can. J. Bot.* 78: 157-167.

Betancourt C, Caballero M (1983) Aquatic hyphomycetes (Deuteromycotina) from Los Chorros, Utuado, Puerto Rico. *Carib. J. Sci.* 19: 41-42.

Betancourt C, Cruz J, García J (1987) Los hifomicetos acuáticos de la Quebrada Doña Juana en el Bosque Estatal de Toro Negro, Villalba, Puerto Rico. *Carib. J. Sci.* 23: 278-284.

Chamier AC, Dixon PA (1982) Pectinases in leaf degradation by aquatic hyphomycetes in: The field study the colonization-pattern of aquatic hyphomycetes on leaf packs in a survey stream. *Oecologia* 52: 109-115.

Chamier AC, Dixon PA, Archer SA (1984) The spatial distribution of fungi on decomposing alder leaves in a freshwater stream. *Oecologia* 64: 92-103.

Chauvet E (1991) Aquatic hyphomycete distribution in South-Western France. *J. Biogeogr.* 18: 699-706.

Chauvet E, Suberkropp K (1998) Temperature and sporulation of aquatic hyphomycetes. *Appl. Env. Microbiol.* 64: 1522-1525.

Cressa C, Smits G (2007) Aquatic hyphomycetes in two blackwater streams of Venezuela. *Ecotropicos* 20: 82-85.

Descals E, Moralejo E (2001) El agua y la reproducción asexual en los hongos Ingoldianos. *Bot. Comp.* 25: 13-71.

Duarte S, Pascoal C, Cassio F, Bärlocher F (2006) Aquatic hyphomycete diversity and identity affect leaf litter decomposition in microcosms. *Oecologia*. 147: 658-666.

El-Hissy F, Khalil A, Abdel-Raheem A (1992) Occurrence and distribution of zoospore fungi and aquatic hyphomycetes in Upper Egypt. *J. IAS* 5: 173-179.

Farida T, El-Hissy A, Andel-Raheem A (1992) Occurrence and distribution of zoospore fungi and aquatic hyphomycetes in upper Egypt. *J. Islam. Acad. Sci.* 5(3): 1-14.

Fernández R, Smits G (2005) Estudio preliminar de los hongos acuáticos en el Río Cabriales. (Parque San Esteban, Edo. Carabobo) *Saber* 17: 147-149.

Fernández R, Smits G (2009) Registro de la presencia de hifomicetos en ríos de la cordillera de la costa, Venezuela. *Interciencia* 34: 589-592.

Fernández R, Smits G (2011) Hifomicetos acuáticos en la cabecera del río Guárico, Estado Carabobo, Venezuela. *Interciencia* 36: 831-834.

Fernández R, Smits G, Pinto, M (2010) Características e importancia de los hifomicetos acuáticos y registro de especies en Venezuela. *Rev. Faraute Cien. Tecnol.* 5(2): 1-15.

Figueroa, J, Rodríguez, M, Fenoglio S, Castillo P, Fochetti R (2012) Freshwater biodiversity in the rivers of the Mediterranean Basin. *Hydrobiologia* 692: 157-218

Gönczöl J, Révay A (1999) Studies on the aquatic hyphomycetes of the Morgó stream, Hungary. II. Seasonal periodicity of conidial populations. *Arch. Hydrobiol.* 144: 495-508.

Gönczöl J, Révay A, Csontos P (1999) Studies on the aquatic hiphomycetes of the Morgó stream, Hungary. I. Longitudinal changes of species diversity and conidial concentration. *Arch. Hydrobiol.* 144: 473-493.

Gulis V, Suberkropp K (2004) Effects of whole stream nutrient enrichment on the concentration and abundance of aquatic hyphomycete conidia in transport. *Mycologia* 96: 57-65.

Huber O, Alarcón C (1988) *Mapa de Vegetación de Venezuela. 1:2.000.000*. MARNR / The Nature Conservancy. Caracas, Venezuela..

Ingold CT (1975) *An Illustrated Guide to Aquatic and Water-Borne Hyphomycetes (Fungi Imperfecti) with Notes on their Biology*. Scientific Publication N° 30. Freshwater Biological Association. Ambleside, RU. 96 pp.

Iqbal SH (1997) Species diversity of freshwater hyphomycetes in some streams of Pakistan. II. Seasonal differences of fungal communities on leaves. *Ann. Bot. Fennici* 34: 165-178.

- Jones E, Pang K (2012) Tropical aquatic fungi. *Biodiv. Cons.* 21: 2403-2423
- Justiniano J, Betancourt C (1989) Hongos ingoldianos presentes en el Río Maricao, Puerto Rico. *Carib. J. Sci.* 25: 111-114.
- Karamchand K, Sridhar K (2008) Water-borne conidial fungi inhabiting tree holes of the west coast and western Ghats of India. *Czech Mycol.* 60: 63-74.
- Koske R, Duncan I (1974) Temperature effects on growth, sporulation and germination of some aquatic hyphomycetes. *Can. J. Bot.* 52: 1387-1391.
- Krauss G, Solé M, Krauss G, Schlosser D, Wesenberg D, Bärlocher F (2011) Fungi in freshwater: ecology, physiology and biochemical potential. *FEMS Microbiol. Rev.* 35: 620-651.
- Norma (2003) *Normas para la Clasificación Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos*. Decreto 883. Gaceta Oficial N° 37.700, 29/05/2003. Caracas, Venezuela. 32 pp.
- Paliwal P, Sati S (2009) Distribution of aquatic fungi in relation to physicochemical factors of Kosi river in Kumaun Himalaya. *Nature Sci.* 7: 70-74.
- Pinto M, Fernandez R, Smits G (2009) Comparación de métodos en la caracterización de la biodiversidad de hifomicetos acuáticos en el río Cúpira, Estado Carabobo, Venezuela. *Inter ciencia* 34: 497-501.
- Santos-Flores C, Betancourt-López C (1997) *Aquatic and Water-Borne Hyphomycetes (Deuteromycotina) in Streams of Puerto Rico (Including Records from other Neotropical Locations)* Carib. J. Sci. Spec. Publ. 2. 116 pp.
- Schönlein-Crusius I, Grandi R (2003) The diversity of aquatic hyphomycetes in South America. *Braz. J. Microbiol.* 34: 1-13.
- Smits G, Fernández R, Cressa C (2007) Preliminary study of aquatic hyphomycetes from Venezuelan streams. *Acta Bot. Venez* 30: 345-355.
- Solé M, Fetzter, I, Wennrich R, Sridhar K, Harms H, Krauss G (2008) Aquatic hyphomycete communities as potential bioindicators for assessing anthropogenic stress. *Sci. Total Env.* 389: 557-565.
- Storaci VK, 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. *Inter ciencia* 38: 480-487.
- Suberkropp K (1984) Effect of temperature on seasonal occurrence of aquatic hyphomycetes. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 82: 53-62.
- Wood S, Bärlocher F (1983) Aquatic hyphomycetes in sixteen streams in France, Germany and Switzerland. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 67: 491-549.

AQUATIC HYPHOMYCETES DIVERSITY FROM THE 'LA ESTACIÓN' STREAM IN THE ECOLOGICAL FARM 'LA GUÁQUIRA', YARACUAY, VENEZUELA

Rafael Fernández Da Silva and Gunta Smits Briedis

SUMMARY

Aquatic hyphomycetes are important components of water courses from the ecological and biotechnological points of view, due to their enzymatic battery and thus are considered as indicators of water quality. They are a group of microscopic anamorphic fungi that, in the aquatic ecosystem, degrade and alter the plant material that falls into the water, thereby enabling it to be used as a food resource by other organisms. In Venezuela, studies have been made that increase the records of these fungi species in different streams. The aim of this study was to elaborate an inventory of hyphomycetes species in 'La Estación' stream, located at the Ecological Station 'La Guáquira', Yaracuy State, and relate it to local physicochemical and microbiological factors.

*Weekly samples were collected during a year, under sterile conditions, from stream water and foam, in order to analyze the water quality and identify the fungi species. A total of 40 species were identified, of which *Dicranidion gracile* and *Isthmotricladia laeensis* are new reports for the country. Significant relationships were only found between the richness/abundance of conidia and the precipitation regime: *Campylospora parvula*, *Clavastospora tentacula* and *Diplocladiella sp.* were present only during the dry season, while *Campylospora filicladia* and *Campylospora chaetocladiella* were present only during the rainy season.*

DIVERSIDADE DOS HYPHOMYCETES ACUÁTICOS NO RIO 'LA ESTACIÓN' NA FAZENDA VERDE 'LA GUÁQUIRA', YARACUAY, VENEZUELA

Rafael Fernández Da Silva e Gunta Smits Briedis

RESUMO

Os hyphomycetes aquáticos são importantes para o meio ambiente e a biotecnologia, dado a sua bateria de enzimas, também são considerados como indicadores de qualidade de água, por ser um grupo de fungos anamórficos microscópico em ecossistemas aquáticos que degradam o alteram o material da planta que cai na água, permitindo assim que possam ser usados por outros organismos. Na Venezuela começou um inventário destes fungos em diferentes correntes, é por isso que este trabalho marca um registro de espécies aquáticas hyphomycetes no rio 'La Estación' da Fazenda verde 'La Guáquira', Estado de Yaracuy, em correspondência com os fatores físico-químicos e microbiológicos dos mesmos.

*Na esterilidade as amostras de água e de espuma foram tomadas semanal (por um ano) nos canais do rio, analisar a qualidade do mesmo e identificar os fungos. Foram identificados um total de 40 espécies, das quais são novos registros para o país: *Dicranidion gracile* e *Isthmotricladia laeensis*. Apenas foram encontradas relações significativas entre o número de conídios/ml com o número de espécies e de precipitação: *Campylospora parvula*, *Clavastospora tentacula* e *Diplocladiella sp.* na seca e *Campylospora filicladia* e *Campylospora chaetocladiella* em chuvas.*