

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIRIQUÍ
VICE RECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS
MAESTRÍA EN MICROBIOLOGÍA AMBIENTAL

**Diversidad de Hyphomycetes acuáticos en hojarasca sumergida en la
cuenca del río David, provincia de Chiriquí- Panamá.**

YINA YAMILETH JAÉN SANTAMARÍA

4-275-968

ASESORES

DR. ORLANDO CÁCERES

MSc. LUIS GONZÁLEZ

MSc. ROGELIO SANTANACH

Tesis de Maestría para optar por

el Título de Maestría en

Microbiología Ambiental

2020

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis hijos que son la principal inspiración en mi vida, por los cuales continúo esforzándome y preparándome profesionalmente, esperando ser un buen ejemplo en sus vidas.

Gracias Dios por regalarme la bendición de ser madre.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por la vida y durante ella por la oportunidad que me ha dado de prepararme profesionalmente en esta carrera de Biología, donde no solo aprendí que es la ciencia que tiene por objeto el estudio de los seres vivos, sino que también es la ciencia que nos permite conocer seres vivos excepcionales.

Agradezco sinceramente a mi director de Tesis, Doctor Orlando Amílcar Cáceres, y a los profesores asesores, por su incansable entrega con este trabajo, por la paciencia y compromiso que me han ofrecido y por enseñarme que la calidad en una investigación es lo más importante.

Y agradezco por último, pero no menos importante a mis familiares y amigos, que me enseñan cada día que la alegría y el amor son los valores más importantes que se pueden inculcar.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE GENERAL	iv
INDICE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
SUMMARY	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1 ASPECTOS GENERALES DEL PROBLEMA	4
1.2 OBJETIVOS.....	5
1.2.1 Objetivo general:.....	5
1.2.2 Objetivos específicos:	5
1.3 ALCANCE DEL TRABAJO	6
1.4 LIMITACIONES	7
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1. Antecedentes de investigación realizados en el Río David	11
2.2 Generalidades de los Hongos Hyphomicetes Acuáticos	14
2.3. Taxonomía de los Hyphomycetes acuáticos.....	14
2.4. Morfología de los conidios	16
2.5. Distribución de los Hyphomycetes acuáticos.....	16

2.5.1. Hábitat	17
2.5.2. Estacionalidad.....	17
2.6. Factores que perturban el desarrollo de los Hyphomycetes acuáticos..	18
2.6.1. Factores fisicoquímicos.....	18
2.6.1.1. Nutrientes	18
2.6.1.2. Temperatura	19
2.6.1.3. Oxígeno disuelto.....	19
2.6.1.4. pH.....	20
2.6.1.5. Conductividad eléctrica	20
2.7. Factores Biológicos.....	21
2.7.1. Vegetación Ribereña	21
2.7.2. Relaciones interespecíficas	21
2.7.3. Papel de los Hyphomycetes acuáticos en el ambiente.....	22
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. Área de estudio	24
3.1.1. Parte alta de la cuenca del río David	24
3.1.2. Parte media de la cuenca del río David.....	24
3.1.3. Parte baja de la cuenca del río David.....	25
3.2. Metodologías para coleccionar muestras	26
3.2.1. Colección de hojas o material vegetal.....	26
3.2.2. Muestras de hojas.....	26
3.2.3. Proceso de muestras	27
3.2.4. Tinción de esporas.....	27
3.2.5. Identificación de Hyphomycetes.....	27
3.3. Índice de diversidad.....	28

3.4. Análisis estadísticos	30
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1. Diversidad de hyphomycetes por cuencas del río David	36
4.2. Hyphomycetes asociados a otros estudios y reportes para Panamá.....	39
4.3 Descripción de las especies identificadas	40
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXOS	84

Figura1. Muestras de hojas colectadas en el río David

Figura 2. Muestra centrifugada lista para observar en el microscopio

Figura 3. Colecta de hojas en la cuenca alta del río David

Figura 4 Colecta de hojas en la cuenca media del río David

Figura 5 Colecta de hojas en la cuenca baja del río David

INDICE TABLAS

Tabla 1. Escala del índice de Similitud de Sorensen.	30
Tabla 2. Especies de Hyphomycetes encontrados en el río David, Chiriquí.	32
Tabla 3. Comparación de reportes de Hyphomycetes encontrados en el río David, Chiriquí.....	39
Tabla 4. Índices de Biodiversidad de Hiphomycetes en la cuenca del río David, Chiriquí.	63
Tabla 5. Prueba de Chi cuadrado para la diversidad de Hyphomycetes en la cuenca del río David, Chiriquí.	69
Tabla 6. Especies de Hyphomycetes del río David, 2015.....	

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Mapa de ubicación de río David, Chiriquí. Fuente: Google maps, 2019.	25
<i>Figura 2.</i> Raspado de hojarasca colectadas del río David.	27
<i>Figura 3.</i> Grafica del índice de dominancia de Simpson en la cuenca del río David.	64
<i>Figura 4.</i> Índice de diversidad de Simpson de las cuencas del río David, Chiriquí.	65
<i>Figura 5.</i> Gráfica de los índices de Shannon y Wiener para las cuencas estudiadas.	66
<i>Figura 6.</i> Índice de Margalef de la diversidad de especies de la cuenca del río David, Chiriquí.	67
<i>Figura 7.</i> Índice de Similitud de Sorensen de la cuenca del río David, Chiriquí.	68

RESUMEN

Los Hyphomycetes acuáticos representan un conjunto de hongos microscópicos que se encuentran en los sistemas lóticos y son responsables de degradar y modificar el material vegetal que cae al agua, facilitando así que el mismo sea utilizado por otros organismos presentes. Estos hongos producen esporas llamadas conidias, por lo cual se identifican, presentando conidias de distintas formas, en su mayoría tetra radiadas, sigmoides, fusiformes, enrolladas y esféricas. El objetivo de la investigación es contribuir al conocimiento de la diversidad de Hyphomycetes acuáticos en la hojarasca sumergida en el río David, en la provincia de Chiriquí, Panamá. Se colectaron muestras en tres puntos del río: cuenca alta, cuenca media y cuenca baja. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio y mediante la técnica de raspado, centrifugación y concentración fueron analizadas mediante microscopía de luz. Para su identificación se utilizaron las claves taxonómicas de Ingold, Santos & Betancourt. Además se calcularon los índices de biodiversidad de dominancia de Simpson, Shannon & Wiener, Margalef y Sorensen. Se obtuvo como resultado una diversidad total de Hyphomycetes acuáticos con 23 especies distribuidas en 17 géneros. Los géneros que predominaron fueron *Campylospora*; *Clavariopsis* y *Scorpiosporium*. Se registró una diversidad de media y alta en las áreas de muestreo. Se concluye que la diversidad encontrada demuestra que existe una aceptable calidad ambiental en el sistema lótico debido a que los Hifomycetos acuáticos son considerados bioindicadores de pureza en dicho ecosistema.

Palabras claves: bioindicadores, conidias, fusiformes, Hyphomycetes, lótico, sigmoides, tetra radiadas.

SUMMARY

The aquatic Hyphomycetes represents a set of microscopic fungi that are found in the lotic systems and are responsible for degrading and modifying the plant material that falls into the water, thus facilitating it to be used by other organism present. These fungi produced spores called conidia, for which they are identified, presenting conidia in different ways, mostly tetra radiated, sigmoid, fusiform, coiled and spherical. The objective of the research is to contribute to the knowledge of the diversity of aquatic Hifomycetos in the leaf litter submerged in the David River, in the province of Chiriquí, Panama. Samples were collected at three points in the river: upper basin, middle basin and lower basin. The samples were transferred to the laboratory and using the technique of scraping, centrifugation and concentration were analyzed by light microscopy. The taxonomic codes of Ingold, Santos & Betancourt were used for identification. In addition, the biodiversity index of dominance of Simpson, Shannon & Wiener, Margalef and Sorensen were calculated. As a result, a total diversity of aquatic Hyphomycetes was obtained with 23 species distributed in 17 genera. The genera that predominated were Campylospora; Clavariopsis and Scorpiosporium. A diversity of medium and high was recorded in the sampling areas. It is concluded that the diversity found shows that there is an acceptable environmental quality in the lotic system because aquatic Hyphomycetes are considered bioindicators of purity in said ecosystem.

Keywords: bioindicators, conidia, fusiforms, Hyphomycetes, lotic, sigmoid, tetra radiated.

INTRODUCCIÓN

Los Hyphomycetes acuáticos son hongos cuya principal característica morfológica es que producen conidios adaptados al anclaje en medios acuáticos, y participan de forma muy activa en el proceso de descomposición de la materia vegetal acumulada. Favorecen el mantenimiento del equilibrio en el ecosistema que habitan, y contribuyen a crear las condiciones necesarias para la acción degradativa de otros organismos, principalmente invertebrados acuáticos (Volk, 2001).

Estos hongos se distribuyen a nivel mundial, no obstante, la mayoría de las especies que se han identificado están localizadas en las regiones frías y templadas, mientras que en los trópicos son pocos los trabajos realizados al respecto, (Bärlocher, 1992; Santos & Betancourt, 1997; Schoenlein & Piccolo, 2003; Smits et al.2007).

Los estudios realizados, en su mayoría se basan en muestras de Argentina, Brasil, Cuba, Dominicana, Ecuador, Jamaica, Puerto Rico y Venezuela (Santos-Flores y Betancourt-López, 1997; Schoenlein-Crusius y Piccolo, 2003; Fernández y Smits, 2013).

En Panamá el conocimiento acerca de las especies de Hyphomycetes acuáticos es escaso, solo han sido documentadas por Santos-Flores y Betancourt-López (1997), que reportan 11 especies en muestras de espumas provenientes del río Majagua (David, Chiriquí); Bärlocher et al. (2010), que reportaron 32 especies de 15 afluentes de la cuenca hidrográfica de la zona del Canal de Panamá y Cáceres et al. (2015), 25 morfo especies de Hyphomycetes acuáticos en el río Majagua, Los Algarrobos, Chiriquí.

En vista de la gran importancia que tienen los Hyphomycetes acuáticos en el balance de energía en los sistemas loticos, así como desde el punto de vista biotecnológico y ecológico (bioindicadores), además de la poca información y clasificación de hongos acuáticos en Panamá, se consideró realizar esta

investigación que tiene como objetivo contribuir al conocimiento de la diversidad y morfología de los hongos acuáticos en la hojarasca inmersa en el río David.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 ASPECTOS GENERALES DEL PROBLEMA

En Chiriquí encontramos una gran variedad de ambientes naturales con características climáticas diversas lo que conlleva al hecho de que en nuestro país exista una gran diversidad vegetal, y por tanto una gran diversidad fúngica asociada.

Dado a los pocos estudios referentes a los Hphomycetes acuáticos en ríos de la provincia de Chiriquí y debido a la importancia que estos representan para los ecosistemas acuáticos, hemos enfocado nuestra investigación, con el objetivo de dar a conocer la diversidad de éstos hongos en el río David, en la provincia de Chiriquí.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general:

Determinar la diversidad de comunidades de Hyphomycetes en la cuenca del río David de la provincia de Chiriquí.

1.2.2 Objetivos específicos:

Identificar las especies Hyphomycetes acuáticos más comunes en la cuenca del río David.

Establecer las diferencias en la diversidad de las comunidades de Hyphomycetes acuáticos en los sitios de la cuenca del río David, provincia de Chiriquí.

1.3 ALCANCE DEL TRABAJO

Como hemos dicho, los hongos secretan enzimas para degradar los nutrientes, aunque son también capaces de sintetizar y secretar una gran diversidad de metabolitos secundarios que les permite vencer las barreras biológicas y perpetuarse en un determinado ambiente. Debido a sus particulares características fisiológicas o metabólicas, desde hace tiempo los hongos han despertado el interés del hombre especialmente por la producción de moléculas de aplicación médica o biotecnológica entre otros.

Tomando en cuenta lo antes mencionado, la exploración de áreas geográficas diversas, representa la posibilidad no sólo de hallar hongos raros o desconocidos para la ciencia, contribuyendo así al conocimiento de su biodiversidad, sino también de hallar hongos que constituyen la base para los estudios de investigadores en las diversas facetas de la biotecnología.

En Chiriquí existe una gran variedad de ambientes naturales con una climatología muy variada, hecho que contribuye a que en ella encontremos la mayor diversidad vegetal de Panamá y, por tanto, una microbiota muy diferente. Si bien, el conocimiento que tenemos de la diversidad de hongos Hyphomycetes, es escaso, es precisamente en este último grupo donde encontramos la mayoría de hongos de interés biotecnológico, así como importantes patógenos de plantas y animales.

En nuestra investigación nos hemos centrado en el estudio sobre la diversidad de Hyphomycetes acuáticos procedentes principalmente de hojarasca sumergida en el río David.

1.4 LIMITACIONES

Las limitaciones de nuestra investigación se centraron en los recursos para la realización de laboratorios de los hongos Hyphomycetes, donde la cantidad y condiciones del equipo no eran óptimas, dificultando así la obtención de imágenes claras de las especies aislados para su identificación.

Otro aspecto limitante para nuestro trabajo fue el control de los microorganismos depredadores que se encuentran en el ecosistema acuático, ya que estos pueden alterar la diversidad en las muestras obtenidas.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Los Hyphomycetes acuáticos constituyen un grupo muy diverso en los sistemas lóticos, con una gran importancia en los ecosistemas acuáticos debido a que tienen un papel preponderante en la cadena trófica, como degradadores de la materia orgánica autóctona y alóctona de los ríos, proporcionando así un flujo de materia y energía a los niveles tróficos superiores.

Según Calow & Petts (1994) en Luna Fontalvo 2009, la mayoría de los medios acuáticos, el material orgánico inmerso ofrece una gama de nutrientes que son aprovechados por hongos y bacterias para su crecimiento. Entre los miembros que conforman la comunidad fúngica acuática se encuentran algunas que poseen enzimas especializadas para degradar los polímeros químicos que poseen los vegetales en su pared.

De igual forma en virtud de la diversidad que poseen estos hongos, pueden encontrarse en aguas con características fisicoquímicas y microbiológicas óptimas, así como también ciertas especies son tolerantes a perturbaciones ambientales como concentraciones altas de metales pesados, niveles altos de nutrientes y bajas concentraciones de materia orgánica, por esta razón pueden ser considerados como indicadores ambientales.

Los hongos acuáticos se encuentran en su mayor parte en corrientes de aguas claras, limpias y bien aireadas, sin embargo existen algunos que se adaptan a aguas con diversos niveles de contaminación.

Por otro lado, al tenor de las estaciones climáticas características de Panamá como país tropical, Tsui (2001) señala que la variación de la diversidad de especies fúngicas entre verano e invierno es debida a que el incremento de la descarga de agua probablemente lava los sustratos colonizados por los hongos.

Si bien los Hyphomycetes acuáticos son de distribución mundial, la mayoría de las especies que se han identificado están localizadas en las regiones frías y templadas, mientras que en los trópicos son pocos sus registros. Considerando

primeramente, y haciendo una revisión documental electrónica que existen pocos trabajos realizados en el contexto geográfico de América Central y el Caribe a pesar de ser la franja geográfica donde se localiza la mayor diversidad de especies vegetal y animales, que contribuyen al enriquecimiento de la flora y fauna acuática de aguas corrientes (Bärlocher et al. 2010).

En la república de Panamá específicamente en la región de la provincia de Chiriquí existe la carencia de estudios donde se puedan identificar Hyphomycetes acuáticos a pesar de la existencia de varias cuencas hidrográficas importantes como las del Río David por lo que no hay registros y muchos menos una clasificación de los mismos. En vista de la gran importancia que tienen los Hyphomycetes acuáticos en los sistemas loticos de bajo orden y debido a la escasa información concerniente a estos microorganismos se ha considerado realizar un registro de las especies de Hyphomycetes presentes en el río David.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación realizados en el Río David

Son escasos los estudios relacionados a la calidad del agua en las cuencas y sub-cuencas del interior del país, por lo que se hace necesario realizar más investigaciones en este campo, ya que la mayoría de las evaluaciones realizadas se enfocan en las principales cuencas hidrográficas del país.

EL Río David no escapa a esta realidad. Entre los pocos estudios se encuentran los realizados en universidades como la Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI), Universidad Tecnológica De Panamá (UTP), y como institución gubernamental, ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente)

Por parte de la Universidad Tecnológica de Panamá se realizaron los siguientes estudios:

"Mapa piloto de calidad de agua de la cuenca del Río David". (Caballero, M., & González, M., 2007). Universidad Tecnológica de Panamá.

"Modelo de gestión de cuencas para la prevención y control de la contaminación por 2,4-D y MCPA". (Domínguez et. al., 2007)

A pesar que estas instituciones han invertido en el monitoreo de la calidad del agua, la información que existe es reservada y dispersa.

Entre las investigaciones llevadas a cabo en la Universidad Autónoma de Chiriquí por el Laboratorio de Aguas y Servicios Físicoquímico (LASEF), podemos mencionar:

Año 2004: "Evaluación de la calidad físico química y bacteriológica del agua de la sub cuenca del rio David (Requena 2004).

Requena en el 2004 reportó que los valores de la turbiedad fueron menores que 1 UNT. La dureza total osciló de 21,99 a 35.14 mg/L expresado como carbonato de calcio, por lo que el agua del río David se clasifica como agua suave. El índice de

calidad de agua (ICA) del río David para el periodo estudiado se pudo clasificar como de buena calidad.

Año 2005: Este mismo laboratorio realiza el "Monitoreo de la calidad del agua de la parte alta y media de la sub cuenca del río David (Mitre, 2005).

Por su parte (Mitre, 2005), coincidió con los estudios de Requena al encontrar valores menores a 1,0 UNT para la turbidez. Los análisis microbiológicos determinaron la presencia de *Escherichia coli*, *Salmonella sp.*, *Shigella sp.*, *Klebsiella sp.*, entre otras. Cabe resaltar que el nacimiento del río David no presentó crecimiento bacteriano, sin embargo, la calidad del agua para los puntos siguientes disminuye de la categoría media (al aumentar el promedio de colonias de coliformes fecales) hasta la categoría de mala. Lo que demuestra que los puntos con mayor accesibilidad se ven influenciados por las actividades realizadas en el área. Finalmente Mitre coincide con Requena en que el índice de calidad del agua (ICA) a lo largo del río David fue clasificada como de "calidad buena".

Año 2009: dando seguimiento a las investigaciones anteriores se efectúa la investigación titulada "Evaluación y monitoreo de la calidad del agua en la parte alta y media de la sub cuenca del río David durante periodo 2009 - 2010 (Villareal, 2010).

Villarreal evaluó la calidad de agua durante la estación lluviosa del 2009 y la estación seca del 2010, en los nueve (9) sitios de muestreo establecidos en los estudios anteriores. Cabe destacar, que dichas investigaciones a través de los años, demuestran que la turbidez del río está en deterioro; los valores reportados por Requena (2004) y Mitre (2005) no superaban el valor de 1 NTU.

Año 2010: En julio se realiza la investigación "Calidad del agua en la parte media y baja en la sub cuenca del río David (Rovira et al., 2010).

Rovira et al. 2010, diagnosticaron el estado del recurso hídrico de la sub cuenca media y baja del río David, en siete (7) sitios establecidos con personal del IDAAN, dando como resultado:

El ICA para DBO5, OD, NO3 y PO4 fueron clasificadas como excelente para todos los sitios estudiados, mientras que los ICA para la turbiedad y sólidos totales se caracterizan como de buena. Sin embargo, los coliformes fecales estuvieron en la categoría de mala y muy mala. Todos los puntos estudiados presentaron contaminación microbiana con coliformes fecales y totales, lo que evidencia la existencia de ciertas deficiencias locales en la forma de disposición de los desechos líquidos de tipos domésticos. El índice de calidad de agua se encontró dentro del rango de 79,13 a 85,58; indicando que los sitios estudiados de la zona media y baja del Río David, presentó una calidad buena del agua.

Año 2013: El Índice de Calidad de Agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos: Caso Sub-cuenca baja del Río David (Estudiantes de Química de agua de la Maestría de Microbiología Ambiental, 2013).

Los estudiantes del curso de química de aguas (2013), encontraron que los 4 puntos de muestreo en la cuenca baja del río David presentan diferentes índices de calidad de agua que según tablas de referencia del ICA se le designa como "agua regular" la cual pudiera ser utilizada para uso agrícola y para consumo humano si se realiza un tratamiento de potabilización. Los parámetros como el pH, OD, NO3 y Fosfatos, estuvieron en la categoría excelente y buena, la turbiedad, TDS y temperaturas están dentro de la categoría buena y regular. Sin embargo, los coliformes fecales están en la categoría mala y pésima, según los Índices de Calidad de Agua (ICA) de la NFS, de los Estados Unidos.

El principal factor de deterioro del recurso hídrico superficial de la sub cuenca del río David, es la contaminación con microorganismos patógenos, ya que se detectaron la presencia de coliformes fecales y totales en cantidades que superan los límites establecidos.

Se concluyó que el estado general del recurso hídrico es bueno y puede emplearse como aguas destinadas a abastecimiento para consumo humano con tratamiento simplificado, coincidiendo con lo realizado por Requena 2004 y Mitre 2005.

2.2 Generalidades de los Hongos Hyphomycetes Acuáticos

Los Hyphomycetes acuáticos son un grupo heterogéneo de hongos mitospóricos específicamente adaptado para ambientes acuáticos, que inician la descomposición de materia orgánica derivada de la vegetación. Así tenemos que Bärlocher (1982) y Sakayaroj et al. (2005) reportaron que este grupo de hongos crecen en la hojarasca que se encuentra en los arroyos y liberan gran cantidad de conidios, que facilitan la identificación de las especies. Dichos hongos colonizan las hojas deciduas que caen en las corrientes de agua, constituyendo un importante nivel trófico entre las hojas sumergidas y los invertebrados del sistema lótico.

La mayoría de los Hyphomycetes acuáticos producen esporas (conidias), por lo cual se identifican tradicionalmente mediante microscopía de luz, presentando conidias de distintas formas, en su mayoría tetraradiadas, un pequeño grupo de tipo sigmoidea, fusiformes, enrolladas y esféricas, mientras algunas especies tienen esporas de forma convencional (Ingold, 1975). Así, Goh & Hyde (1996), señalan que la morfología de las conidias confieren a estos hongos mayor habilidad para permanecer suspendidas en el agua por períodos extensos de tiempo y aumenta la probabilidad de los propágulos a permanecer adheridos a sustratos orgánicos, disponibles para colonizar.

2.3. Taxonomía de los Hyphomycetes acuáticos

Con respecto a la clasificación, los Hyphomycetes acuáticos constituyen un grupo filogenéticamente artificial y heterogéneo, en esencia morfos de Ascomycetos y Basidiomicetos (Webster, 1992). También Dix & Webster (1995) se han referido a este grupo, con el término tetraradiados, debido a que muchas especies producen conidias con formas radiadas o estrellas, con una parte central, desde las cuales tres o cuatro brazos son proyectados en posición divergente.

Los estudios iniciales sobre taxonomía de Hyphomycetes acuáticos registran aproximadamente 60 géneros y alrededor de 120 especies, en su mayoría

ascomicetos y algunos basidiomicetos. También, estos estudios destacaron que aquellos Hyphomycetes con incidencia terrestre serían mejor llamados "Hyphomycetes anfibios" (Ingold, 1979).

Por otra parte, Goh & Hyde, (1996), proponen una clasificación de hongos acuáticos de acuerdo a su forma y ciclo de vida, contemplando tres grupos:

- **Hyphomycetes Ingoldianos:** hongos que presentan conidias con formas hidrodinámicas y son exclusivamente dependiente de medio ambiente acuático para su reproducción.
- **Hyphomycetes Aero-acuáticos:** aquellos hongos que pueden soportar condiciones sumergidas pero se reproducen fuera del medio ambiente acuático.
- **Hyphomycetes Acuáticos-terrestres e Hyphomycetes Acuáticos-sumergidos (Demateaceos):** hongos facultativos, ya que son observados tanto en medios ambientes acuáticos como terrestres.

Adicionalmente los investigadores señalan que existen más de 600 de hongos acuáticos, la mayoría reportados para zonas templadas en comparación con regiones tropicales. Estos incluyen 340 ascomicetos, 300 deuteromicetos, y otros no señalados (Goh & Hyde, 1996).

Dos años más tarde Wong et al. (1998), reordenan estas especies en tres grupos, los cuales incluyen: hongos Ingoldianos, ascomicetos acuáticos e Hyphomycetes no Ingoldianos (quitridiomycetos y oomicetos). La identificación de las especies se ha realizado mediante métodos tradicionales o convencionales, basados en las características morfológicas de las conidias, debido a que la mayoría de Hyphomycetes acuáticos produce esporas (Marvanová, 1997). Sin embargo, la mayoría de la biomasa fúngica sobre hojas en descomposición consiste de hifas vegetativas, las cuales no pueden ser identificadas a través de microscopia convencional. En este sentido, el margen de error del método tradicional se debe a que la ausencia de conidias es causada por no haber especie alguna o por la presencia de micelio no esporulante (Nikolcheva, et al., 2003).

2.4. Morfología de los conidios

La identificación se basa en la observación de la morfología de las esporas. Según Gessner et al. (2003), se pueden encontrar dispersos en la columna de agua o concentrarse en la espuma, principalmente después de zonas de corriente elevada o en períodos de lluvia.

Los Hiphomycetes acuáticos presentan una gran variedad de formas de conidias (compactas, filiformes y ramificadas), de las cuales depende el éxito de anclaje a los sustratos, flotabilidad o dispersión de las mismas, así como también la eficacia en su atrapado en la espuma natural en ambientes acuáticos turbulentos (Cole, 1986).

En los sistemas lóticos, este grupo de organismos son un puente primordial en la transferencia energética en la cadena trófica (Barlocher, 1985). En este orden de ideas, Fernández & Smits (2005) destacan índices elevados de diversidad de estos hongos, están concatenados a una alta calidad ambiental en estos sistemas, debido a que los Hyphomycetes acuáticos son considerados bioindicadores de pureza en dicho ecosistema. Es por ello que algunos autores han evidenciado este efecto mediante estudios realizados en ríos contaminados, en los cuales la diversidad de especies de estos hongos es severamente restringida, particularmente con metales pesados que influyen en la muerte programada de las células fúngicas (Azevedo et al., 2009).

2.5. Distribución de los Hyphomycetes acuáticos

Los Hyphomycetes acuáticos son de distribución mundial, la mayoría de la especies que se han identificado están localizadas en la regiones frías y templadas, mientras que los trópicos son pocos los trabajos realizados a pesar de ser una franja geográfica donde se localizan la mayor diversidad de especies vegetales y animales, que contribuyen al enriquecimiento de la flora y fauna acuática de aguas

corrientes (Bärlocher, 1992; Santos-Flores & Betancourt-López, 1997; Schönlein-Crusius & Grandi, 2003; Smits et al., 2007; Fernández & Smits, 2009), observándose repetidamente en la hojarasca en descomposición en la zona templada y corrientes tropicales (El-Hissy et al., 1992).

2.5.1. Hábitat

Su hábitat consiste principalmente en sistemas lóticos (ríos o quebradas), de agua clara, limpia, bien aireada y con moderada turbulencia, así como en sistemas lénticos (embalses, lagos), sin embargo, algunas especies pertenecientes a este grupo se pueden desarrollar en cuerpos de agua, represas y lagos con diferentes clases o niveles de contaminación. En sistemas de aguas corrientes, estos hongos se encuentran asociados en primer orden a hojas sumergidas en descomposición, y en segundo orden asociados a ramas y semillas entre otros (Ingold, 1975). Algunos Hyphomycetes acuáticos tienen distribución cosmopolita, mientras que otros muestran distribución latitudinal o altitudinal que son determinadas en gran parte por la temperatura del agua (Koske & Duncan, 1974; Suberkropp, 1984). En este sentido, Shearer & Webster (1985) y Gönzöl et al. (1999) señalan que el número de especies y concentración de esporas de Hifomicetos acuáticos varía longitudinalmente, al comparar localidades de muestreo de diferentes altitudes en una corriente. La tendencia general es que el número de especie incrementa simultáneamente con la altitud y esto parece estar afectado por la heterogeneidad del ambiente lótico (Gönzöl et al., 1999).

2.5.2. Estacionalidad

En el trópico se presenta una tendencia a una variación estacional de las especies durante el año; así Betancourt & García (1987), indican que esta variación se debe a pequeñas alteraciones en factores tales como tipo de sustrato, cambios químicos y físicos en las corrientes, concatenado a las interacciones con factores climáticos. De esta manera, la tendencia general dentro de una población de Hyphomycetes acuáticos es que en el invierno prevalecen las especies que son típicas de zonas templadas, las cuales durante el verano son reemplazadas por especies típicas de zonas tropicales y subtropicales (Justiniano & Betancourt, 1989).

2.6. Factores que perturban el desarrollo de los Hyphomycetes acuáticos

Se ha comprobado que la distribución de las especies de Hyphomycetes acuáticos, está influenciada por las propiedades fisicoquímicas del agua de los ríos, así como variables biológicas (Chamier et al., 1984).

2.6.1. Factores fisicoquímicos

Los factores que afectan principalmente a las comunidades de Hyphomycetes acuáticos son temperatura, latitud y composición química del agua, tales como pH, nutrientes disponibles como el fósforo, nitrógeno y sulfato, oxígeno disuelto, entre otros (Bärlocher, 1982; Gessner & Chauvet, 1994; Sridhar & Bärlocher, 1997).

2.6.1.1. Nutrientes

Las tasas de esporulación parecen ser positivamente afectados por la concentración de nutrientes disueltos, especialmente fósforo (Casas & Descals, 1997). De tal manera, que Gulis & Suberkropp (2004), afirmaron que los Hifomicetos acuáticos utilizan fósforo (P) y nitrógeno (N) como nutrientes esenciales para ellos, ya que los mismos pueden crecer en corrientes donde se encuentran presentes estos compuestos, además, señalaron que al enriquecerse la corriente con dichos nutrientes, se incrementó el número de especies, así como la concentración de conidios y el patrón de dominación de los mismos.

Por otra parte, Aimer (1989), indicó que la esporulación de Hyphomycetes acuáticos era estimulada por bajo contenido de nutrientes orgánicos, así como de bajo contenido mineral (Abel-Raheem & Ali, 2004). En algunos aspectos, los Hyphomycetes acuáticos se comportan al igual que muchos otros indicadores ecológicos, con una reducción en la diversidad de hongos, la biomasa y el rendimiento asociado el estrés (Sridhar et al., 2001; Pascoal & Cassio, 2004; Baudoin et al., 2008).

La mayoría de ellos juegan un papel fundamental en la degradación de la materia orgánica compleja, en una más simple efectuando un reciclaje de nutrientes (Paliwal & Sati, 2009). En este sentido, se sugiere que la abundancia y riqueza de especies

de conidios de Hyphomycetes acuáticos podría estar relacionado con la disponibilidad de sustrato en lugar de con la química del agua (pH, alcalinidad o la concentración de nutrientes).

2.6.1.2. Temperatura

La temperatura resulta el valor más importante dentro de estos factores que puede generar variaciones en la diversidad de los Hyphomycetes acuáticos. El-Hissy et al. (1992) señalaron que las muestras de hojas en descomposición que se obtuvieron de 177 sitios donde la temperatura de agua fue moderadamente baja, presentaron la mayor riqueza en Hyphomycetes acuáticos. Iqbal & Webster (1973) y Michaelides & Kendrick (1978) observaron que la concentración de conidios fue alta durante todo el año, excepto en el período mayo-julio. Además, Willoughby & Archer (1973) informó que los conidios de Hyphomycetes fueron más abundantes durante el período húmedo que el seco, es decir, aquellas estaciones donde la temperatura no era muy alta (El-Hissy et al., 1992).

Otros estudios realizados sobre el efecto de la temperatura, concuerdan en que entre 15 y 29°C es el intervalo de temperaturas entre la cual se ve favorecida la esporulación, cuyos óptimos se contemplan entre 15–20°C (Koske & Duncan, 1974; El-Hissy et al., 1992; Chauvet & Suberkropp, 1998). Por su parte, Rajashekhar & Kaveriappa (1996) y Chandrashekar et al. (1991) establecen que a 35°C es el máximo intervalo de temperatura en el cual se puede observar esporulación de algunas especies. Además el patrón de temperatura de esporulación y/o desarrollo de estos hongos depende de cada especie (Chauvet & Suberkropp, 1998).

2.6.1.3. Oxígeno disuelto

La aireación favorece el incremento de los Hyphomycetes acuáticos de acuerdo a lo reportado por Webster (1975) que indica que existe una relación proporcional entre el aumento de oxígeno en el agua y el desarrollo de esporas. Ahmed & Abdel-Raheen (1997) y El-Hissy et al. (1992), han observado una alta riqueza de Hyphomycetes acuáticos en hojas sumergidas en descomposición en ríos con alto contenido de oxígeno disuelto. Por su parte, Rajashekhar & Kaveriappa (2003),

señalan que las diferencias encontradas en corrientes al occidente de la India son debido a bajos niveles de oxígeno disuelto.

2.6.1.4. pH

Los datos disponibles en la literatura sobre la tolerancia de los Hyphomycetes a pH son algo contradictorios, especialmente cuando se comparan con los estudios de campo (Chamier, 1992). En este sentido, Rajashekhar & Kaveriappa (2003) señalaron, que bajos niveles de pH, junto con otros parámetros (temperatura, oxígeno disuelto y sulfuro) generó diferencias en cuanto a la diversidad de hongos encontrados en corrientes al occidente de la India. Por lo tanto, este resultado se añade al cuerpo de evidencia que apoya, el papel de pH / alcalinidad, como elemento determinante para la composición de especies en comunidades Hyphomycetes acuáticos. Un estudio muy detallado sobre este tema, el de Suberkropp & Chauvet (1995), quienes reportaron consistentemente menor riqueza y composición de especies de contraste en las corrientes neutrales con respecto a las de los arroyos con concentraciones altas de pH. Por otra parte, Chauvet (1991), estudió los factores ambientales que afectan la composición de la comunidad en la espuma de los arroyos en el sur-oeste de Francia, llegó a la conclusión de que la importancia del pH fue menor que la de altitud, lo que a su vez puede determinar cambios importantes en la calidad, cantidad y el tiempo de descomposición de la hojarasca. Este autor sugirió que el pH puede, no obstante, afectar a la distribución de algunas especies.

2.6.1.5. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica o conductancia específica es la habilidad de conducir corriente eléctrica a través de un cubo de agua de un centímetro de lado. El agua pura, tiene una conductividad eléctrica muy baja, la natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos. La conductividad de la mayoría de las aguas dulces naturales se encuentra entre los 10 a 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dependiendo del tipo de geología.

En zonas con influencia marino costera los valores pueden ir desde los 125 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta los 2.200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que en lagos y reservorios las conductividades son por lo general más bajas (Beita-Sandi & Barahona-Palomo, 2010).

2.7. Factores Biológicos

Además de los factores fisicoquímicos, se ha evidenciado que, la incidencia y distribución de Hyphomycetes acuáticos, también se ve influida por factores biológicos tales como: tipo de vegetación en las riberas de los ríos y la dinámica de las relaciones intraespecíficas (con otros grupos taxonómicos) e interespecíficas (con especies del mismo grupo taxonómico) (Suberkropp, 1992).

2.7.1. Vegetación Ribereña

Actualmente está bien establecido que las alteraciones de la química del agua y la vegetación ribereña afecta a la diversidad de organismos acuáticos (Lecerf & Chauvet 2008). Además, los cambios drástico en la vegetación ribereña generan un empobrecimiento claro de la comunidad fúngica (Metvalli & Shearer, 1989), lo cual se atribuye a la dilución de los recursos alimenticios disponibles (Bärlocher, 1992).

La naturaleza heterotrófica de estos pequeños arroyos y su fuerte interacción con el medio terrestre (Vannote et al., 1980; Mulholland et al., 2001) los hacen más sensibles a los cambios en la vegetación ribereña, lo que puede resultar de la invasión por especies exóticas, monocultivos forestales o campos agrícolas, vegetación removida por las prácticas forestales o desarrollo urbano (Chadwick et al., 2006; Ferreira et al., 2006).

2.7.2. Relaciones interespecíficas

Con respecto a las relaciones interespecíficas, algunos estudios, de los cuales destaca el de Rodríguez & Graca (1997) quienes realizaron cultivos entre especies de hongos acuáticos y hongos terrestres, evaluando la capacidad de maceración y producción enzimática, evidenciando que los discos de hojas cultivados con Hyphomycetes acuáticos tuvieron mayor pérdida de biomasa, en comparación con aquellos inoculados con hongos terrestres. Por su parte, Chamier et al. (1984) evaluando la distribución espacial de hongos sobre hojas de *Alnus glutinosa* en descomposición en un río, demostraron que los Hyphomycetes colonizan e inhiben

el crecimiento de otros hongos y bacterias; sin embargo, en avanzado el proceso de descomposición retorna la colonización por bacterias que durante el proceso se hallaron parcialmente distribuidas sobre el sustrato.

La relación entre hongos y bacterias durante el proceso de descomposición del material vegetal en los sistemas lóticos obedece a interacciones antagónicas, Mille-Lindblom & Tranvik (2003), constataron que la acumulación de biomasa fúngica fue más alta en ausencia que en presencia de bacterias y viceversa, las estimaciones de biomasa microbiana fue aproximadamente el doble en ausencia de hongos comparado cuando los hongos estuvieron presentes.

2.7.3. Papel de los Hyphomycetes acuáticos en el ambiente

En el ecosistema acuático este grupo de organismos es responsable de utilizar, degradar y modificar el material vegetal que cae al agua permitiendo así la transferencia de energía en la cadena alimentaria en arroyos de bosques y ríos, esto lo logran mediante la degradación del material vegetal particulado y otros escombros arbolados que caen a los ríos convirtiéndola en biomasa fúngica, mediante la cual se alimentan invertebrados detritívoros (Bärlocher, 1985). Así, Fernández & Smits (2005), destacan que índices elevados de diversidad de estos hongos están concatenados a alta calidad ambiental en los sistemas lóticos, debido a que los Hyphomycetes acuáticos son considerados bioindicadores de pureza en dicho ecosistema.

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo durante los meses de lluvia del año 2015, en la sub-cuenca del río David, la cual se encuentra localizada en la vertiente del Pacífico en la ladera sur occidental del Volcán Barú y al occidente de la República de Panamá en la provincia de Chiriquí. Sus coordenadas geográficas son 8°22'22" y 8°46'22" de latitud norte y 82°23'14" y 82°32'48" de longitud oeste. Limita al norte con el Parque Nacional Volcán Barú, al sur con la confluencia con el Río Chiriquí y los manglares de David (Pedregal), al este con la sub-cuenca del Río Cochea y al oeste con la subcuenca del Río Chirigagua. La subcuenca hidrográfica del río David, comprende los corregimientos de David (Cabecera), y los corregimientos de Los Algarrobos, Los Anastacios, Dolega (cabecera) Potrerillos Abajo y Rovira en el distrito de Dolega.

Se tomaron muestras en tres puntos del trayecto del río:

3.1.1. Parte alta de la cuenca del río David

Esta parte corresponde a un segmento del río David ubicado desde el nacimiento del río en Palmira del Banco hasta el corregimiento de Potrerillos Abajo. En este tramo, específicamente en el tramo ubicado en el corregimiento de Rovira, (8°38'28" N 82°29'57" O), el río tiene características típicas de río de montaña, con aguas de mucha velocidad y bajas temperaturas, asociados a la fuerte pendiente del cauce. En parte de este tramo, el río está bordeado por bosque ribereño, vegetación nativa, además de los habitantes de la región, que se dedican a cultivos de cítricos, pastoreo de ganado lechero, entre otros.

3.1.2. Parte media de la cuenca del río David

Corresponde a un tramo, ubicado desde el corregimiento de Potrerillos Abajo hasta Dolega. En esta zona el río tiene menor pendiente que la anterior, los sectores de remansos y rápidos se suceden de manera más espaciada y los bolones del fondo son de tamaño menor. Las actividades que se desarrollan en este sector de la cuenca son de tipo agropecuario, como también se presta para la recreación como desarrollo turístico de la región.

En éste tramo del río David, específicamente en la comunidad de Dolega, es donde tomamos las muestras de los Hyphomycetes.

3.1.3. Parte baja de la cuenca del río David

En este sector el lecho del río se expande considerablemente y pierde pendiente. Además, es un sector muy soleado. Este tramo recibe a los principales tributarios del David, correspondientes a los ríos Majagua y Soles. También recibe los aportes de las pequeñas quebradas del Sapo y Obaldía, ubicadas en la ciudad de David. Parte de la vegetación de las áreas ribereñas está dominada por bosque ribereño y bosque secundario intervenido. Podemos mencionar que se desarrollan actividades de pastoreo. El punto de muestreo en este tramo fue debajo el puente del río Risacua, ubicado en el corregimiento de David.



Figura 1. Mapa de ubicación de río David, Chiriquí. Fuente: Google maps, 2019.

3.2. Metodologías para coleccionar muestras

El registro de la comunidad de Hyphomycetes acuáticos está directamente relacionado con la identificación morfológica y propiedades de los conidios. Las técnicas tradicionalmente empleadas para la identificación y caracterización de las esporas derivadas de los Hyphomycetes acuáticos son: la colección de hojas y/o material vegetal tomados al azar y observación directa de conidios con un microscopio invertido, la espuma, la filtración de agua del río y el cultivo de hojas.

En nuestra investigación coleccionamos hojas o material vegetal sumergidas en el río.

3.2.1. Colección de hojas o material vegetal

Las hojas representan un sustrato importante para la colonización por los Hyphomycetes acuáticos a orillas de los ríos. Habitualmente mediante este método, se examina la colonización y distribución de los Hyphomycetes acuáticos, de acuerdo a la capacidad que poseen dichos hongos para degradar polímeros de origen vegetal (Webster & Benfield, 1986).

3.2.2. Muestras de hojas

Se tomaron hojas en diferentes estados de descomposición al azar en tres puntos de la cuenca alta, media y baja. Las almacenamos en bolsas estériles y luego fueron transportadas al laboratorio de microbiología.

Se lavaron las hojas con agua desionizada para eliminar los sedimentos y se colocaron en refrigeración con una solución de metronidazol (10%) para evitar que fueran depredadas por otros microorganismos propios del hábitat.

3.2.3. Proceso de muestras

Se rasparon las hojas sobre su superficie y en el envés, sobre un plato Petri estéril (ver figura# 2) y luego el raspado con el agua se colocó en un tubo para proceder a centrifugar. El sedimento se observa en el microscopio a 40x y 100x.



Figura 2. Raspado de hojarasca colectadas del rio David.

3.2.4. Tinción de esporas

Las muestras fueron teñidas con Lacto-Fuscina al 0,5% durante 5 minutos. Se prepararon placas en fresco sobre un portaobjetos de vidrio para su observación directa con microscopía de luz, utilizando un microscopio de contraste de fase, en diferentes amplificaciones (40x y 100 x) para la identificación, contaje y registro fotográfico (Cámara digital Sony) de los conidios.

3.2.5. Identificación de Hyphomycetes

Las especies se identificaron mediante la morfología de los conidios utilizando la clave de Ingold, (1975), Descals et al. (1977), Roldán et al. (1987, 1988), Santos y Betancourt (1997) y Gulis et al., (2005). Las especies identificadas fueron documentadas a través de fotografías.

3.3. Índice de diversidad

El índice de diversidad es uno de los parámetros que nos permiten medir la riqueza de organismos. En ecología, es también usado para cuantificar la biodiversidad de un hábitat.

En nuestra investigación utilizamos el índice de diversidad de Shannon Winner. Este índice se usa en ecología u otras ciencias similares para medir la biodiversidad específica. Se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía de 0 a Logaritmo natural del número de especies, determinadas por el número de especies presentes en cada unidad de muestreo y basándose en la escala logarítmica escogida $\sum H' =$ índice de Shannon – Wiener, $\ln =$ logaritmo natural, $p_i = n_i/N$; donde $n_i =$ al número de individuos de cada especie y $N =$ número total de individuos; este índice permitió cuantificar la biodiversidad específica en cada una de las unidades de muestreo. (Moreno, 2001).

Según Villarreal et al. (2004); para facilitar la interpretación de los resultados del estudio de la diversidad biológica se recomiendan los siguientes valores para éste índice:

Baja: $H' \text{ entre } 0 \text{ y } < 1.5$

Media: $H' \geq 1.5 \text{ y } \leq 2.7$

Alta: $H' > 2.7$

El Índice de Margalef, o índice de biodiversidad de Margalef, es utilizado en ecología para estimar la diversidad de una comunidad tomando en cuenta la distribución numérica de los individuos de las diversas especies en función de la cantidad de individuos presentes en la muestra observada; comparando la riqueza de especies entre las muestras recogidas de diferentes hábitats (Margalef, 1995).

El índice de Margalef tiene la siguiente expresión $I=(s-1)/\ln N$, donde I es la biodiversidad, s es el número de especies presentes, y N es el número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies). La notación \ln determina el logaritmo natural de un número. El mínimo valor que puede adoptar es cero, y ocurre cuando solo existe una especie en la muestra ($s=1$, por lo que $s-1=0$)

Esta expresión nos indica que la riqueza de especies se puede formular por medio de un índice de diversidad donde Valores inferiores a 2,0 son considerados como relacionados con zonas de baja diversidad (en general resultado de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5,0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad (Margaleff, 1995).

También se evaluó la Uniformidad de los datos obtenidos, que indica la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada; su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Marrugan, 1988).

Otro índice de diversidad utilizado es el de Simpson (también conocido como el índice de la diversidad de las especies o índice de dominancia), es uno de los parámetros que permiten medir la riqueza de organismos. En ecología, es también usado para cuantificar la biodiversidad de un hábitat. El índice de Simpson representa la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie. Es decir, cuanto más se acerca el valor de este índice a la unidad existe una mayor posibilidad de dominancia de una especie y de una población; y cuanto más se acerque el valor de este índice a cero mayor es la biodiversidad de un hábitat. (Aguirre, 2001)

Se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$P_i \square N_n$$

Donde:

□ = Índice de dominancia

P_i = Proporción de individuos de una especie n = Número de individuos de la especie

N = Número total de individuos de todas las especies

La escala de la diversidad de Simpson se ubica entre 0-0.33= baja; 0.34 a 0.66=media y mayor de 0.67=alta.

El índice de similitud de Sorensen-Dice, es un estadístico utilizado para comparar la similitud de dos muestras. Este índice es el más utilizado para el análisis de comunidades y permite comparar dos comunidades mediante la presencia/ausencia de especies en cada una de ellas. (Aguirre, 2001)

Tabla 1. Escala del índice de Similitud de Sorensen.

Significancia	Rango	Significancia
No parecidos	0 a 0,33	Diferentes florísticamente
Medianamente parecidos	0,34 a 0,66	Medianamente diferentes
Muy parecidos	0,67 a 1	florísticamente Similares

3.4. Análisis estadísticos

Se utilizó la prueba de chi cuadrado de bondad de ajuste al 95% de confianza y error de 5% para observar la distribución normal de los datos obtenidos de la diversidad en las cuencas del río David y ajustar la frecuencia de ocurrencia de las observaciones en una muestra observada y las frecuencias esperadas (Williams, 2006).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron 23 especies de Hyphomycetes acuáticos en las muestras de hojarasca, de las cuales 21 se identificaron hasta el nivel de especie y 2 hasta nivel de género. Las especies que se encontraron con mayor frecuencia fueron: *Scorpiosporium sp.*; *Clavariopsis azlannii* y *Campylospora filicladia*. Las especies menos frecuentes ($n < 5$) fueron: *Clatosporium intricatum*, *Phalangispora nawawi*, *Flagellospora acuminata*, *Helicoma sp.*; *Scutisporu brunneus*; *Tricelophorus ponapensis*; *Tumularia acuática* y *Wiesneriomyces laurinus*. (Tabla 2)

Tabla 2. Especies de Hyphomycetes encontrados en el río David, Chiriquí.

Nombre de especies	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
<i>Anguillospora longissima</i>	9	1.33
<i>Campylospora chaetoclada</i>	49	7.22
<i>Campylospora filicladia</i>	68	10.01
<i>Clatosporium intricatum</i>	1	0.15
<i>Clavariopsis aquatica</i>	16	2.36
<i>Clavariopsis azlannii</i>	121	17.82
<i>Clavastopora lomgibragiata</i>	18	2.65
<i>Clavatospora tentacula</i>	33	4.86
<i>Flagellospora acuminata</i>	2	0.29
<i>Flagellospora curvula</i>	32	4.71
<i>Helicoma sp</i>	1	0.15
<i>Heliscus submerus</i>	28	4.12
<i>Mycocentrospora acerina</i>	40	5.89
<i>Phalangispora nawawii</i>	1	0.15
<i>Scorpiosporium angulatum</i>	58	8.54
<i>Scorpiosporium sp.</i>	181	26.66
<i>Scutisporus brunneus</i>	1	0.15
<i>Tetracladium marchalianum</i>	5	0.74
<i>Tricelophorus carviramifer</i>	5	0.74
<i>Tricelophorus ponapensis</i>	1	0.15

<i>Tripospermum myrti</i>	2	0.29
<i>Tumularia acuática</i>	2	0.29
<i>Wiesneriomyces laurinus</i>	5	0.74
Totalidad	679	100

Al comparar nuestros resultados con los estudios realizados en ríos de zonas templadas de Europa y Asia, contaminados con aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales, existe poca coincidencia. Especies como *Campylospora chaetoclada* y *Tumularia acuática* que fueron encontradas en ríos de la India (Raghu et. al, 2001); *Tetracladium marchalianum* y *Aguillospora longuísima*; encontradas en ríos de Alemania central (Krauss et al 2001) (Solé et. al, 2008); *Flagellospora curvula*, encontrada en ríos de Francia (Lecef y Chauvet (2008) y en el norte de Finlandia (Tolkin et. al 2015).

En el trópico, las especies de Hyphomycetes acuáticos reportadas en este estudio ha revelado la estrecha similitud de la comunidad de Hyphomycetes acuáticos de Panamá con las de las regiones de Centro y Sur América. En el caso de las especies *Anguillospora longissima*, *Campylospora filicladia*, *Flagellospora curvula*, coinciden con las reportadas en ríos de zonas rurales y urbanas en la cuenca del canal de Panamá (Bärlocher et al., 2010).

Por otro lado: *Campylospora filicladia*, *Clavatospora tentacula*, *Tetracladium marchalianum*, *Anguillospora longissima*, *Campylospora filicladia*, *Clavariosis azlanii*, *Heliscus submersu*, *Scorpiosporium angulatum* han sido encontradas en Venezuela datos registrados en la actualización de inventarios de Hiphomycetes de .Fernández y Smitts, 2015.

Jorge Luna-Fontalvo 2009 registró por primera vez para Colombia las especies: *Clavatospora tentacula*, *Clavariopsis aquatica*, *Campylospora chaetoclada*, *Helicomycetes sp.* y *Flagellospora curvula*. Las cuales son similares a las reportadas en nuestra investigación.

PORCENTAJE DE HYPHOMYCETES A NIVEL DE CUENCAS

La riqueza de especies en las cuencas del río fue heterogénea, reportándose 679 conidias de hongos acuáticos distribuidos de la siguiente manera: en la cuenca alta se registraron 58 conidias en 8 géneros; en la cuenca Media 248 conidias en 17 géneros y en la Cuenca baja 344 conidias distribuidos en 9 géneros. Algunos géneros de Hyphomycetes fueron reportados para las tres cuencas, otros solo se encontraron en dos y algunos solo en una cuenca (ver fig. 3)

De las 23 especies de Hiphomycetes encontradas hubo tres que se encontraron con mayor frecuencia en los tres puntos de muestreo. Los porcentajes fueron: *Scorpiosporium sp.*(26.6%); *Clavariopsis azlannii* (17.82%) y *Scorpiosporium angulatum* (8.54%).

La cantidad de conidios encontrados en el río no fue igual en las diferentes cuencas, obteniéndose los siguientes resultados: en la cuenca alta se identificaron 8.92%, en la media 38.15% y en la baja 52.92%. Lo que nos demuestra que la abundancia de Hyphomycetes en la cuenca baja fue mayor. (Ver fig. 3).



Figura 3. Especímenes encontrados en la cuenca del río David, Chiriquí.

Esta diferencia puede darse por las actividades agrícolas e industriales que influyen en el estrés antropogénico de los ambientes acuáticos, afectando significativamente la riqueza, diversidad y producción de esporas de los Hyphomycetes acuáticos (Tsui et al., 2016).

Según Dang et al., (2007), las características morfológicas de la hojas van a permitir una mejor adhesión de estos hongos al material vegetal, de tal manera dependiendo del tipo de hoja el éxito de reproducción será mejor eso explica el mayor número de esporas en uno de los ambientes. Sin embargo, en este trabajo no se identificaron las hojas para la incubación, por lo tanto, no se puede establecer claramente una relación entre el número de esporas y el tipo de sustrato (hojas).

Por otro lado Betancourt et al. (1987) y Burgos (1983) (Bärlocher, 2016). consideran que la variación en la cantidad de conidios va a depender de pequeños cambios físico - químicos en el agua; como el pH y factores climáticos que afectan la estructura y función ecológica del ensamblaje de los Hyphomycetes acuáticos en los cuerpos de agua.

Otro aspecto interesante y que coincide con otros estudios realizados en el trópico, es que el mayor número de especies identificadas en nuestra investigación fueron aquellas cuyos conidios presentan formas tri o tetra radiadas, seguido por un reducido número de especies cuyas formas de conidios son filiforme y sólo dos especies cuyos conidios presentan forma globosa. La forma del conidio de una determinada especie le brinda ventaja competitiva, en la comunidad de Hyphomycetes. Así, se destacan tanto las formas ramificadas (particularmente las tri o tetra radiadas, con tres o cuatro puntos de contacto) que son las que más fácil se adhieren al sustrato o quedan atrapadas en la espuma. Aparte de la forma del conidio, juegan un papel importante su tamaño y la longitud del tubo germinal (Dang et al., 2007).

4.1. Diversidad de hyphomycetes por cuencas del rio David

El número de especies de Hifomycetos acuáticos encontrados, varió por tramo o cuenca del río en estudio. Así, tenemos que en la cuenca alta se identificaron 8 especies, mientras que en la cuenca media, se encontraron 17 especies. En el caso de cuenca baja, la riqueza total de Hifomycetos acuáticos encontrada fue de 9 especies. Lo que nos demuestra que la diversidad de Hifomycetos en la cuenca media fue mayor que en las otras cuencas (gráfico.). Asimismo, las especies más frecuentes en el estudio, fueron *Scorpiosporium sp.*; *Clavariopsis azlannii* y *Campylospora filicladia*. Al evaluar la frecuencia relativa por especie y la concentración de conidios por especie en los puntos de estudio se encontraron especies que presentaron aumento en su frecuencia: en la cuenca media con respecto a la cuenca alta.

NÚMERO DE ESPECIES POR CUENCA DEL RÍO DAVID

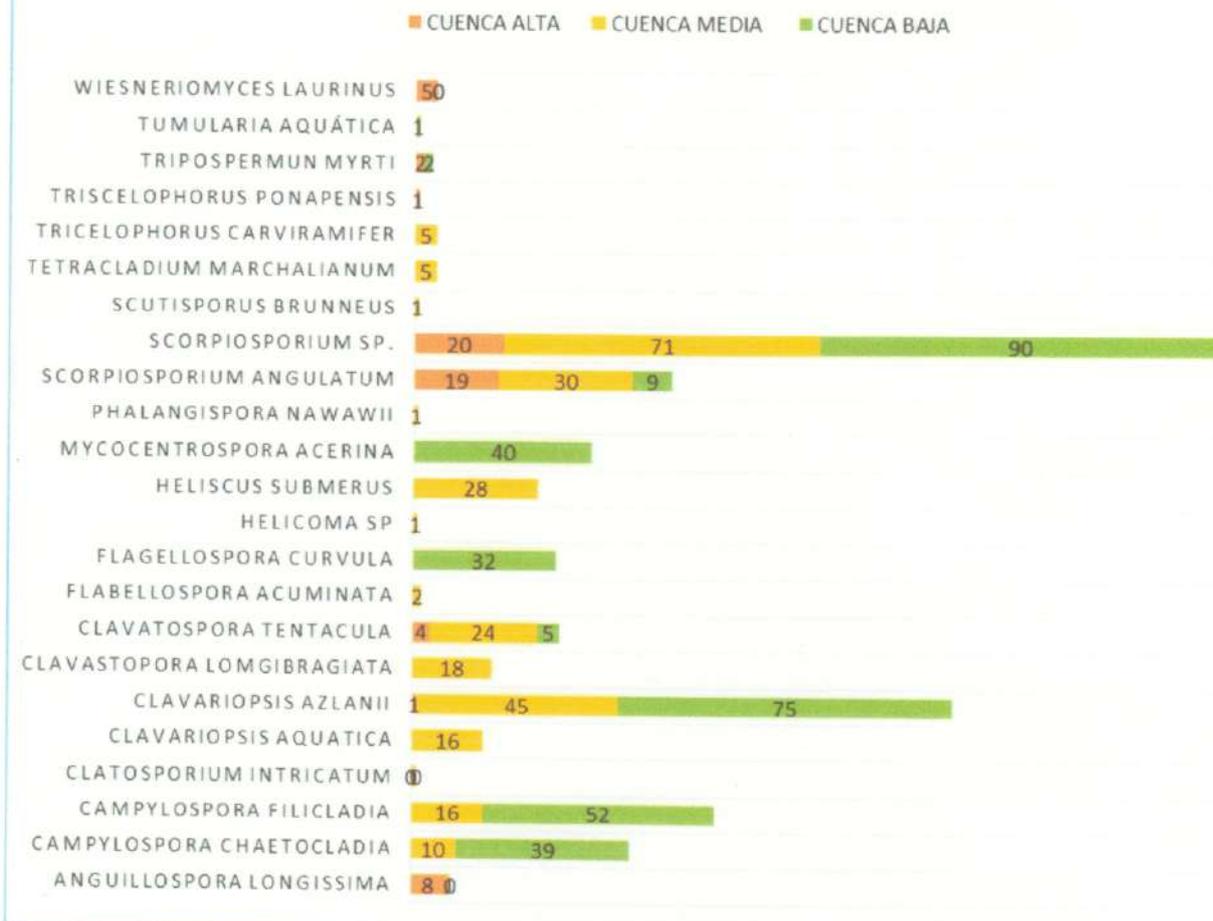


Figura 4. Número de especies por cuencas del río David, Chiriquí.

Las especies, *Clavatospora tentácula*, *Clavariopsis azlanii*, *Scorpiosporium sp.*, *Scorpiosporium angulatun* y *Campylospora filicladia*, disminuyeron en la cuenca media y baja con respecto a la cuenca alta, esto podría indicarnos que estas especies son sensibles a la contaminación presente en la cuenca media y baja, caracterizada por el elevado nivel de coliformes totales y coliformes fecales. (Rovira et al. 2010).

En el caso de *Clavatospora tentaculata*, en un estudio realizado en Chile, a pesar de estar distribuida especialmente en zonas tropicales, se encuentra ausente

cuando la temperatura del agua se eleva (Piontelli *et al.* 1983). Según Conway (1970), esta especie sería poco tolerante a los cambios de pH, lo que de alguna manera explicaría su ausencia en los meses calurosos.

Especies como: *Clavastopora lomgibragiata*, *Heliscus submerus*, *Tetracladium marchalianum*, *Tricelophorus carviramifer*, *Clavastopora lomgibragiata* y *Clavariopsis aquatica* solo aparecieron en la cuenca media.

En el caso de la cuenca baja las especies *Clavariopsis azlanii*, *Scorpiosporium sp.*, y *Campylospora filicladia*, mantuvieron una elevada frecuencia. *Mycecentrospora acerina* y *Flagellospora curvula* aparecieron por primera y única vez en este tramo del río, durante este estudio. Esta última fue catalogada como una especie marcadora de perturbación ambiental, al ser encontrada en ríos del sureste de Irlanda, y Francia que presentaban una alta dureza total del agua, elevadas conductividades y pH muy ácidos. (Harrington, 1997), y Lecerf y Chauvet (2008).

Por otro lado *Mycecentrospora acerina*, que ha recibido mucha atención debido a su patogenicidad en cultivos comerciales, fue probablemente el primer hongo ingoldiano registrado fuera de los arroyos. (Von Thümen, 1876).y además eficaces para uso antibiótico (Gulis y Stephanovich 1999).

En relación a las especies de Hyphomycetes acuáticos indicadoras, por un lado se encuentran las sensibles a la afectación, que disminuyen su frecuencia de conidios en el área perturbada, y por otra parte, las tolerantes a la perturbación, aumentan su frecuencia de conidios en dicho ambiente. Las especies que no son tolerantes a la contaminación de acuerdo a este estudio son: *Scorpiosporium angulatum*, que es un nuevo reporte para Panamá, y *Clavatospora tentacula* considerada una especie común en Colombia (Flores *et al.*; 2016). En el caso de las especies que pueden ser tolerantes a la contaminación, se tienen a: *Anguillospora longissima*, *Campylospora filicladia*, *Flagellospora curvula*, que coinciden con las reportadas en ríos de zonas rurales y urbanas en la cuenca del canal de Panamá (Bärlocher *et al.*, 2010). Estos estudios corroboran que *Flagellospora curvula* es una especie potencialmente bioindicadora de contaminación, tal como lo indicaron Harrington

(1997) en 21 ríos de Irlanda y Barlocher et al. (2010) en 15 zonas de cuerpos de agua urbanos y rurales de la cuenca del canal de Panamá.

4.2. Hyphomycetes asociados a otros estudios y reportes para Panamá

Tabla 3. Comparación de reportes de Hyphomycetes encontrados en el río David, Chiriquí.

Especies	Yina Jaén	Santos y Betancourt	Barlocher	Cáceres
<i>Anguillospora longissima</i>	X		X	X
<i>Campylospora chaetocladia</i>	X	X	X	X
<i>Campylospora filicladia</i>	X			
<i>Clatosporium intricatum</i>	X			
<i>Clavariopsis aquatica</i>	X	X		X
<i>Clavariopsis azlanii</i>	X			
<i>Clavastopora lomgibragiata</i>	X			
<i>Clavatospora tentacula</i>	X		X	X
<i>Flagellospora acuminata</i>	X			
<i>Flagellospora curvula</i>	X		X	
<i>Helicoma sp</i>	X			
<i>Heliscus submerus</i>	X	X		X
<i>Mycecentrospora acerina</i>	X		X	
<i>Phalangispora nawawii</i>	X			
<i>Scorpiosporium angulatum</i>	X			
<i>Scorpiosporium sp.</i>	X			X
<i>Scutisporus brunneus</i>	X			
<i>Tetracladium marchalianum</i>	X	X	X	
<i>Tricelophorus carviramifer</i>	X			
<i>Tricelophorus ponapensis</i>	X			
<i>Tripospermum porosporiferum</i>	X			
<i>Tumularia acuática</i>	X			
<i>Wiesneriomyces laurinus</i>	X	X		

En la tabla 3, se hace una comparación de los resultados obtenidos en el presente estudio con respecto a las especies reportadas para el río Majagua por Santos – Flores y Betancourt-López (1997); para las afluentes cercanas al Canal de Panamá por Bärlocher *et al.* (2010) y las del río Majagua reportadas por Cáceres *et al.* (2015).

Se identificaron 23 especies de Hyphomycetes acuáticos en el Río David, 5 coinciden con las reportadas por Cáceres *et al.*, (2015), 3 con Santos-Flores y Betancourt-López (1997) y 3 con Bärlocher *et al.*, (2010). Se encontraron 12 nuevos reportes para Panamá.

4.3 Descripción de las especies identificadas

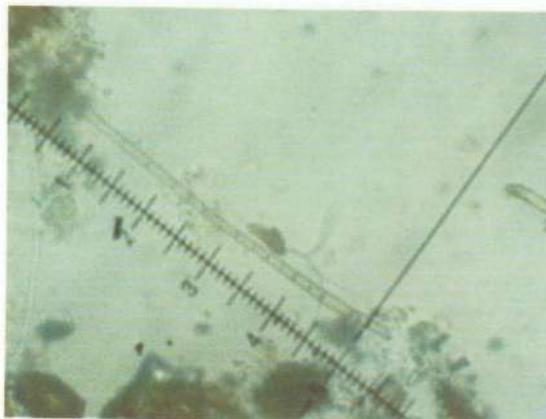
Anguillospora longissima

División: Ascomycota

Clase: Dothideomycetes

Familia: Incertae sedis

Género: Anguillospora



Fuente: Y Jaén, 2015

Figura 1: *Anguillospora longissima*

Especie: *Anguillospora longissima* (Saccardo & P. Sydow.) Ingold 1942, hojarasca sumergida, muestra RDCA134...

Características: En este género, el conidium filiforme con tallo terminal único, no ramificado, largo (1,5 – 4 µm), septado y curvado (a menudo sigmoide), afinándose en las extremidades.

Reporte para otros países: España (Roldán 1986) Venezuela (Cressa & Smith 2007) (Da Silva & Smits 2015); Puerto Rico (Santos & Betancourt 1994); Brasil (Fuiza 2013); Panamá (Cáceres et al., 2015).

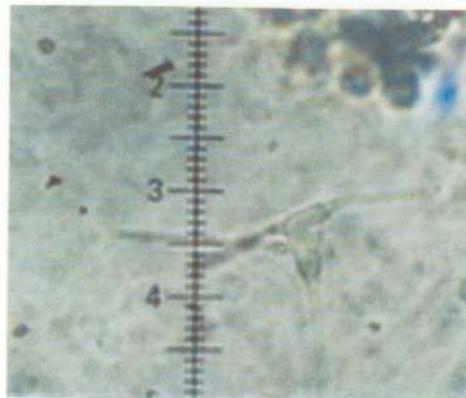
Campylospora chaetocladia

División: Ascomycota

Clase: Pezizales

Familia: Incertae sedis

Género: *Campylospora*



Fuente: Y Jaén, 2015

Figura 2: *Campylospora chaetocladia*

Especie: *Campylospora chaetocladia* (Ranzoni 1953), hojarasca sumergida, muestra RDCB7

Características: Conidio con varias ramificaciones, de diferente morfología, elementos cilíndricos relativamente largos, abarca hasta 70 μm , con cuatro largas extensiones y el cuerpo conidial está compuesto de dos partes.

Reportes en otros países: se han hallado en Venezuela (Nicholson 1992) (Da Silva y Smits 2011, 2015); Puerto Rico (Santos & Betancourt 1994); Colombia (Fontalvo 2009); Panamá (Barlocher et al. 2010).

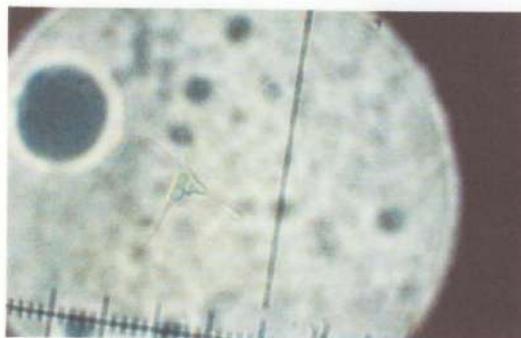
Campylospora filicladia

División: Ascomycota

Clase: Pezizales

Familia: Incertae sedis

Género: *Campylospora*



Fuente: Y Jaén, 2015

Figura 3. *Campylospora filicladia*

Especie: *Campylospora filicladia* (Nawawi 1974.), hojarasca sumergida, muestra RDCM366...

Características: Hialino y tetraradiado. El conidio consiste de cuatro células, una parte es de forma triangular. Apéndices apicales filiformes.

Reportes en otros países: Esta especie ha sido encontrada en Nigeria (Ingold 1959); en Puerto Rico (Santos y Betancourt 1994); Venezuela (Da Silva y Smits 2011) y Japón (Miura 1974; en Brasil (Fuiza 2007).

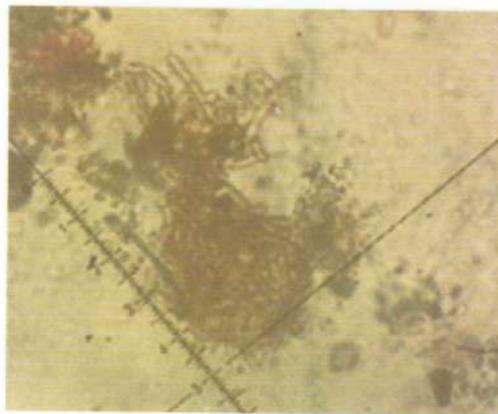
Cladosporium intricatum

División: Ascomycota

Clase: Dothideomycetes

Familia: Cladosporiaceae

Género: Cladosporium



Fuente: Y. Jaén, 2015

Figura 4 *Cladosporium intricatum*

Especie: *Cladosporium intricatum* (Nawawai y Kuthub, 1987), hojarasca sumergida, muestra RDCM084...

Características: color marrón claro, globoso a sub-globoso en general, en forma de red, hueco en la parte central; que consiste en un grupo de celdas dispuestas en forma de clatrato. Las ramas de los filamentos de las células que forman los conidios son multiseptadas, de 4 a 7 micras de ancho, con células de 9 a 13 micras de largo e infladas entre los tabiques.

Reportes en otros países: Puerto Rico (Flores y Betancourt, (1997).

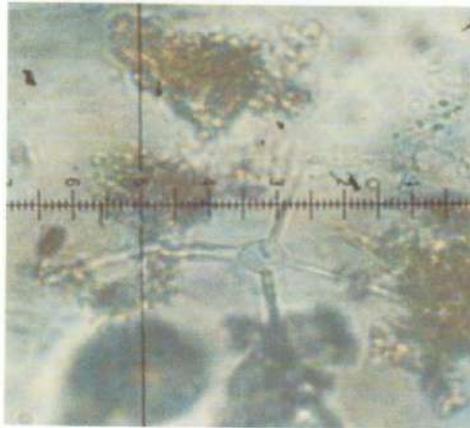
Clavariopsis aquatica

División: Ascomycota

Clase: Dothiideomycetes

Familia: Pleosporomycetidae

Género: Clavariopsis



Fuente: Y Jaén, 2015

Figura 5 *Clavariopsis aquatica*

Especie: *Clavariopsis aquatica* (De Wild) muestra RDCM262...

Características: De un obconidio, 2-3 ejes principales celulados, 25-70 micras de largo, 10-16 micras en el ancho. Los tres brazos que surgen del extremo ancho del primer brazo formado son largos y angostos. Generalmente el eje es más largo, 25-100 X 2-3 micras, 1-5 septos, no constreñidos en su base pero con un tabique distintivo. La alta concentración de glucógeno en el brazo gordo le da al conidio una apariencia perlada.

Reportes en otros países: España (Roldán 1986); Brasil (Schoenlein, 1990); Puerto Rico (Betancourt y Ramírez 1990); Venezuela (Pinto et. al., 2009); Panamá (Cáceres et al., 2015).

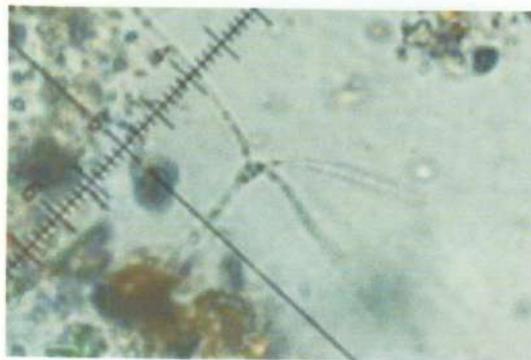
Clavariopsis azlanii

División: Ascomycota

Clase: Dothideomycetes

Familia: Pleosporomycetidae

Género: Clavariopsis



Fuente: Y Jaén, 2015

Figura 6: *Clavariopsis azlanii*

Especie: *Clavariopsis azlanii*, (Nawawi, 1987) hojarasca sumergida, muestra RDCA088.

Características: el género tiene un tallo conidio llevado terminalmente en un conidióforo simple. Cada conidio consta de cuatro brazos. El primero formado es un cono invertido desde el extremo romo del cual los otros tres brazos se desarrollan y crecen simultáneamente.

Reportes en otros países: Puerto Rico (Santos & Betancourt 1994); Panamá (Cáceres et al., 2015)

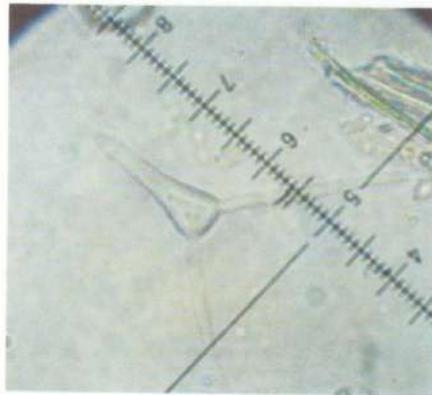
Clavastopora longibrachiata

División: Ascomycota

Clase: Microascales

Familia: Halosphaeriaceae

Género: Clavastopora



Fuente: Y Jaén, 2015

Figura 7 *Clavastopora longibrachiata*

Especie: *Clavastopora longibrachiata* (Nilsson & Marvanová 1971)

Muestra hojarasca sumergida RDCM217

Característica: los conidios son hialino, pequeños y tri o tetraradiado cada uno nace en un conidióforo en forma de cono invertido. El eje principal clavado, truncado en el ápice.

Reportes en otros países: Puerto Rico (Hamilton, 1973); España (Roldán, 1986).

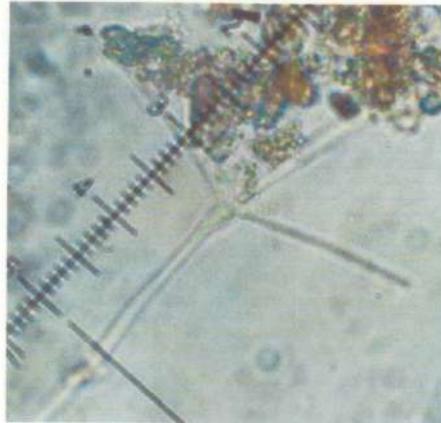
Clavatospora tentacula

División: Ascomycota

Clase: Microascales

Familia: Halosphaeriaceae

Género: *Clavatospora*



Fuente: Y Jaén, 2015

Figura 8 *Clavatospora tentacula*

Especie: *Clavatospora tentacula* (Sv. Nilsson 1964) hojarasca sumergida muestra RDCB024

Características: La reproducción es por conidios unicelulares tetraangulados. En desarrollo se produce un conidio inicial, al final del conidio en forma de phialide, en forma de cono invertido. Más adelante, del amplio ápice de esto, surgen tres apéndices y crecen simultáneamente.

Reporte para otros países: La India (Sridhar, 1992), Puerto Rico (Santos y Bethancourt, 1994); Colombia (Fontalvo 2009) Nicaragua (Delgado, 2011), Venezuela (Pinto, 2012) y Panamá (Cáceres et al., 2015)

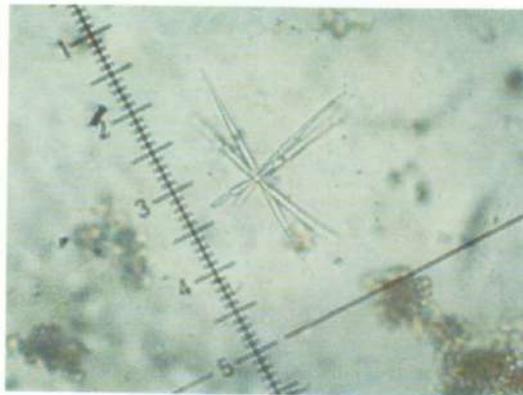
Flabellospora acuminata

Division: Ascomycota

Clase: Pezizales

Familia: Incertae sedis

Género: Flabellospora



Fuente: Y Jaén, 2015

Figura 9: *Flabellospora acuminata*

Especie: *Flabellospora acuminata* (Descals 1982), hojarasca sumergida muestra RDCA021

Características: Conidio con nueve ramificaciones inversamente claviforme circular, ramificaciones, cada ramificación tiene de 5-8 células con un apéndice acuminado. Este conidio mide 30-120 μm .

Reporte para otros países: Brasil (Fontalvo 2009); Panamá (Barlocher, 2010); Venezuela (Pinto y Smits, 2012) y (Da Silva y Briedis 2011); Puerto Rico (Santos-Flores et al. 1996).

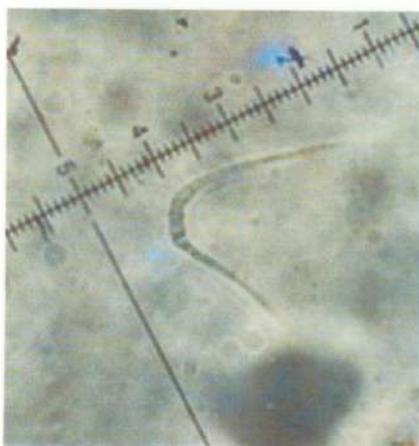
Flagellospora curvula

División: Ascomycota

Clase: Pezizales

Familia: Incertae sedis

Género: *Flagellospora*



Fuente: Y Jaén, 2015

Figura 10: *Flagellospora curvula*

Especie: *Flagellospora curvula* (Ingold 1942), hojarasca sumergida muestra RDCB774

Características: los conidios son abundantes en las muestras de espuma y los crecimientos esporulados son muy comunes en las hojas en descomposición sumergidas. Los conidios son filiformes, sigmoides o lunados de 100 a 150 micras de largo, solo 2 micras de ancho y parecen no tener septos.

Reportes en otros países: *F. curvula* fue reportada por primera vez en Panamá (Barlocher et al., 2010), en puerto Rico (Santos-Flores y Bethancourt, 1994), en la India (Sridhar et al., 1992), en Irlanda por (Dang et al., 2007), en Venezuela (Pinto y Smits, 2012) y en Brasil (Fiuza y Gusmao, 2013).

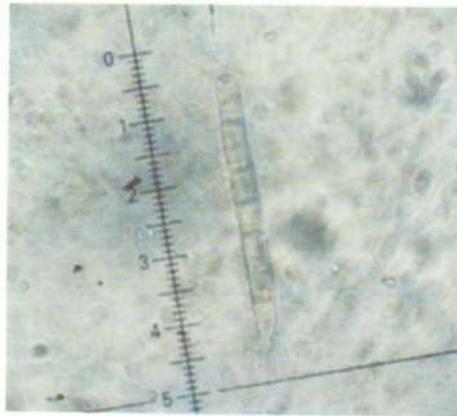
Helicoma sp

División: Ascomycota

Clase: Dothideomycetes

Familia: Tubeufiaceae

Género: *Helicoma*



Fuente: Y. Jaén, 2015

Figura11: *Helicoma sp*

Especie: *Helicoma sp.* (Corda, 1837); hojarasca sumergida muestra RDCM448

Características: conidio hialino, 16-18 μm de diámetro, enrollada 1 1/3 veces, 7-8 septos, el filamento mide como una línea abierta de 38-42 μm de largo, truncada en la base.

Reportes en otros países: Venezuela (Obispo 2015); Colombia (Fontalvo, 2009); Belice (Morris 1978); Perú (Matsushima 1993); Guayana (Dennis 1970).

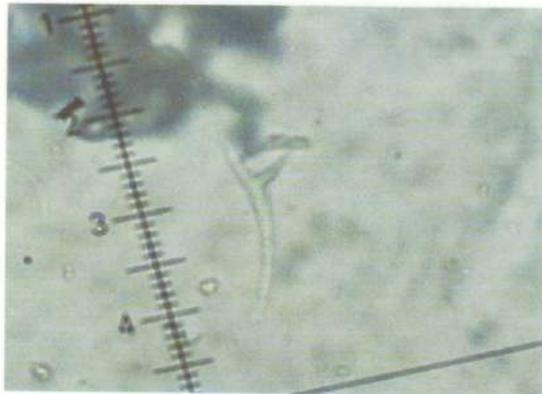
Heliscus submerus

División: Ascomycota

Clase: Hypocreales

Familia: Nectriaceae

Género: *Heliscus*



Fuente: Y Jaén, 2015

Figura 12: *Heliscus submerus*

Especie: *Heliscus submerus* (H.J. Hudson 1961) hojarasca sumergida muestra RDCM 390

Características: La primera parte formada del phialoconidium es un cono invertido estrecho y de su ápice tres o dos brazos cortos crecen hacia fuera. *Heliscus submersus* tiene dos conidios unicelulares, el otro uniseptado

Reportes en otros países: en el canal de Panamá (Barlocheret et al., 2010), Puerto Rico (Santos-Flores y Bethancourt, 1994), Venezuela (Cressa y Smits, 2007) y Panamá (Cáceres et al., 2015)

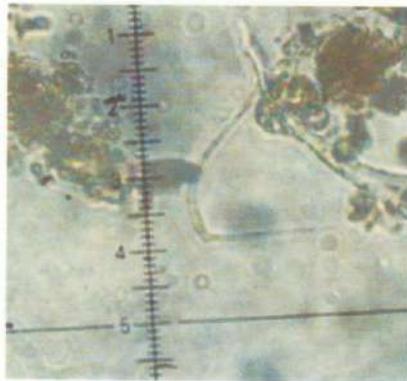
Mycocentrospora acerina

División: Ascomycota

Clase: Dothiceomycetes

Familia: Pleosporomycetida

Género: *Mycocentrospora*



Fuente: Y Jaén, 2015

Figura 13: *Mycocentrospora acerina*

Especie: *Mycocentrospora acerina* (Hartig Deighton 1977) hojarasca sumergida muestra RDCB708

Características: Conidios sigmoides muy peculiares de gran tamaño y aspecto robusto; termina en un apéndice delgado, generalmente curvado; en la parte basal presenta un apéndice caudal de tamaño variable que puede estar septado.

Reportes en otros países: España (Roldán 1986); Puerto Rico (Betancourt et al., 1983)

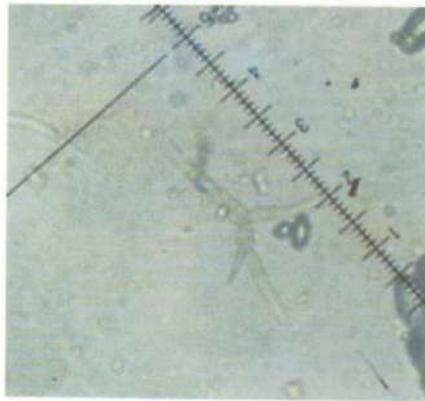
Phalangispora nawawii

División: Ascomycota

Clase: Pezizales

Familia: Incertae sedis

Género: *Phalangispora*



Fuente: Y Jaén, 2015

Figura 14: *Phalangispora nawawii*

Especie: *Phalangispora nawawii*. (Nawawi & Webster, 1982) hojarasca sumergida RDCM178

Características: conidios de color amarillento a marrón, ramificado en una cadena de 13 – 16 células conectado por un estrecho, con un eje principal y 2- 3 ramas laterales, 6 - 8 celdas en el eje principal, 2 - 4 celdas en las ramas laterales, 65 - 90 μm desde la base hasta apéndice, ramas laterales 45- 70 μm largo.

Reportes en otros países: Venezuela (Obispo 2015),(Smits et al.,2007); Brasil (Fontalvo, 2009).

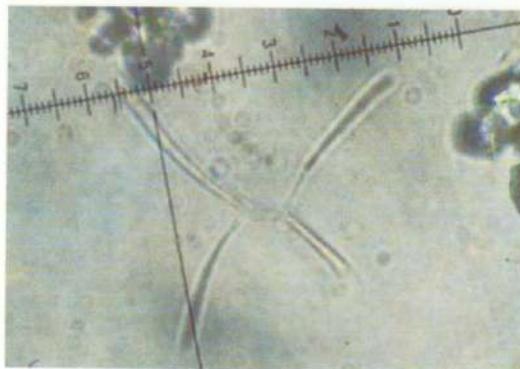
Scorpiosporium angulatum

División: Ascomycota

Clase: Leotiomycetes

Familia: Helotiales

Género: *Scorpiosporium*



Fuente: Y. Jaén, 2015

Figura15: *Scorpiosporium angulatum*

Especie: *Scorpiosporium angulatum*, (Ingold, 1974) hojarasca sumergida, muestra RDCM 254...

Características: de forma tetraangular, que consiste en un eje de 30-75 x 2-5 micras, 1-7 septos y 2 apéndices, 10-35 x 2-6 micras, 0-3 septos. Eje de 2-3 micras de ancho en las puntas, doblado en un ángulo obtuso en la inserción de cada apéndice, los apéndices son más anchos en la base (4-6 micras) que en la punta (2-3 micras), no en el mismo plano, y se insertan en el eje a 10-15 micras de distancia. A veces de apariencia nacarada debido a la acumulación de glucógeno.

Reportes en otros países: Puerto Rico (Hamilton, 1973) y (Betancourt et al., 1986); Venezuela (Fernández & Smith 2009)

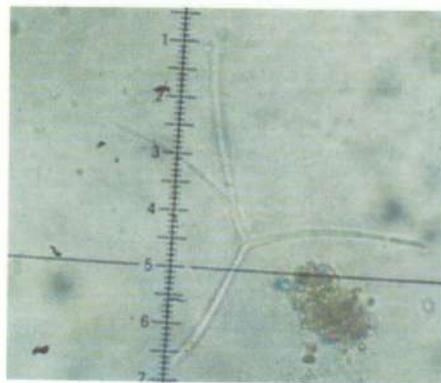
Scorpiosporium sp.

División: Ascomycota

Clase: Pezizales

Familia: Solenopeziaceae

Género: Scorpiosporium



Fuente: Y. Jaén, 2015

FIGURA 16: *Scorpiosporium sp.*

Especie: *Scorpiosporium sp.*, (Dyco 1977) hojarasca sumergida, muestra RDCB815...

Características: hialino y tetraradiado. Consiste en un eje principal doblado y constreñido en la inserción de apéndices, 100-250 X 2-6, 2-6 septos y 2 apéndices, 45-120 X 2.5-4 micras, 0-3 separados, 10-15 micras aparte en eje, contraído en la base. Apéndice inferior que surge de la parte basal del eje, extremo apical de la porción basal del eje más ancho que la parte central del eje.

Reportes en otros países: Jamaica (Hudson and Ingold 1960); Puerto Rico (Hamilton 1973); Venezuela (Fernández & Smith 2009); Panamá (Cáceres et al., 2015).

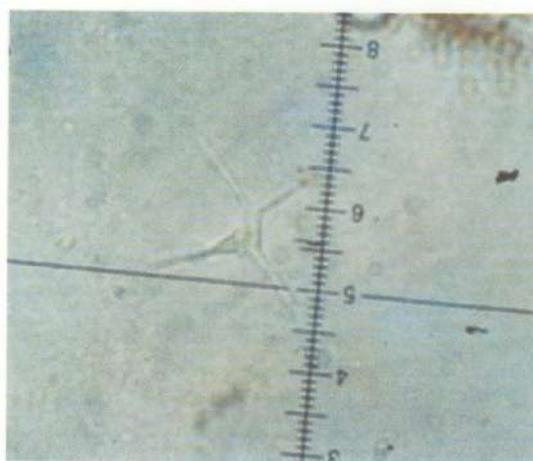
Scutisporus brunneus

División: Ascomycota

Clase: Pezizales

Familia: Incertae sedis

Género: *Scutisporus*



Fuente: Y Jaén, 2015

FIGURA 17: *Scutisporus brunneus*

Especie: *Scutisporus brunneus* (K. Ando & Tubaki 1985), hojarasca sumergida, muestra RDCM184

Características: Conídios con cuatro células, septos en forma de cruz, hialinos a subhialinos, $7,5 - 15 \times 6 - 10,5 \mu\text{m}$; célula basal cuneiforme, $2 - 7,5 \times 2,3 - 4,5 \mu\text{m}$, base $1,5 - 3 \mu\text{m}$; ramificaciones a partir de cada célula del cuerpo.

Reportes en otros países: África (Chen et al. 2000); América Central (Santos-Flores et al. 1996); Brasil (Fiuza 2013); Venezuela (Obispo 2015); Oceania (Matsushima 1989), Asia (Ando & Tubaki 1985).

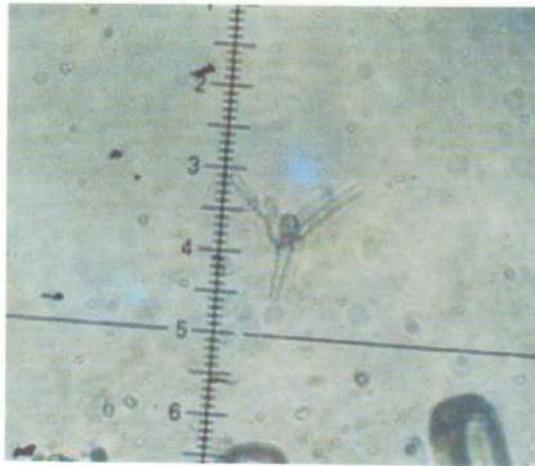
Tetracladium marchalianum

División: Ascomycota

Clase: Pezizales

Familia: Leotimycetes

Género: *Tetracladium*



Fuente: Yina Jaén, 2015

Figura 18: *Tetracladium marchalianum*

Especie: *Tetracladium marchalianum*, (Wildemar 1894), hojarasca sumergida, muestra RDCM 209

Características: cuando está maduro, consta de cuatro brazos divergentes y dos perillas esféricas. Los tabiques son a menudo difíciles de ver.

Reportes en otros países: España (Roldán, 1996); Puerto Rico (Santo & Betancourt 1992); Panamá y Canadá (Barlocher et al., 2010); India (Sridhar et al., 1992); Tailandia (Sivichai, 2003); Venezuela (Pinto y Smits, 2012); Irlanda (Dang et al., 2007); Alemania (Baschien et al., 2006), y para Nicaragua (Delgado, 2011); Hungría (Vass et al. 2013)

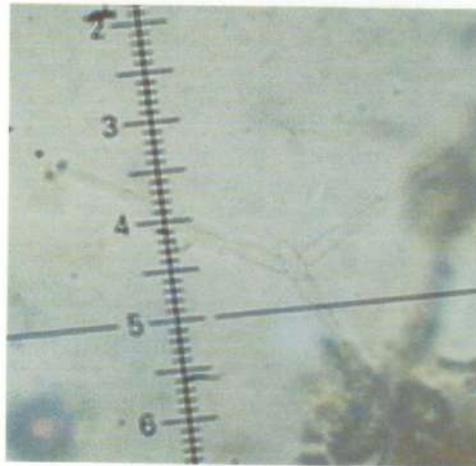
Triscelophorus carviramifer

División: Ascomycota

Clase: Pezizales

Familia: Hiphomycetaceae

Orden: Triscelophorus



Fuente: Y Jaén, 2015

Figura 19: *Triscelophorus carviramifer*

Especie: *Triscelophorus carviramifer*, (Ingold 1943) hojarasca sumergida, muestra RDCM 186... RDCB797

Características: El terminal de las taloconidias es tetraradiado y formado por un eje principal en línea con el conidióforo en el que se forma y una espiral basal de tres laterales, cada lateral está conectado por un estrecho istmo con el eje principal.

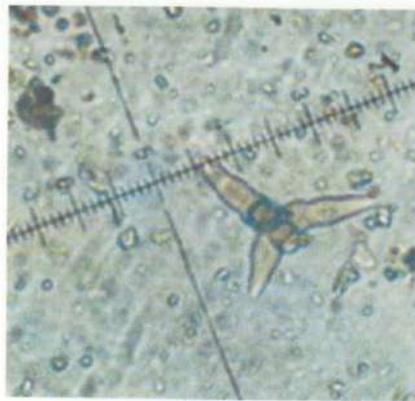
Reportes en otros países: Perú (Matsushima,1993); Puerto Rico (Santos y Betancourt 1997); Venezuela (Pinto y Smits, 2012);

Triscelophorus ponapensis

División: Ascomycota

Clase: Pezizales

Familia: Hiphomycetaceae



Fuente: Y Jaén, 2015

FIGURA 20: *Triscelophorus ponapensis*

Especie: *Triscelophorus ponapensis* (Matsushima, 1981) hojarasca sumergida, muestra RDCA068

Características: Conidios tetraradiados, hialinos, con tres ramas insertadas en células basales en un eje central, cilíndricos, 3-8 tabicado, se estrecha en el ápice, los tabiques no son constreñidos, 24-85 × 2-3 micras; ramas cilíndricas 3-4 tabicada, y 37,5 a 75 × 2-3 m. La célula basal por el eje presenta base truncada.

Reportes en otros países: Perú (Matsushima, 1993); Puerto Rico Santos Flores et al., 1996); Hong Kong (Chang & Hyde, 2000); Venezuela (Cressa y Smith 2007).

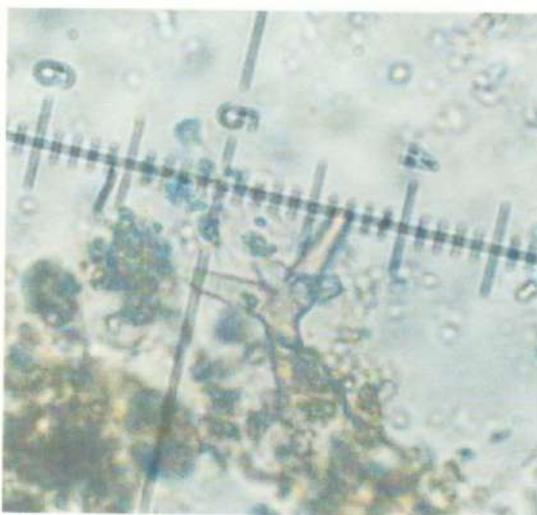
Tripospermun myrti

División: Ascomycota

Clase: Dothideomycetes

Familia: Dothideomycetidae

Género: *Tripospermun*



Fuente: Y Jaén, 2015

Figura 21: *Tripospermun myrti*

Especie: *Tripospermum myrti* (Ingol & Cox 1957) hojarasca sumergida, muestra RDCA0740

Características: El conidio surge lateralmente tiene una salida de una célula del micelio no diferenciado. El tallo conidio es septado y ramificado; consta de un eje principal doblado hacia adelante sobre sí mismo y de tres (raramente dos) ramas laterales.

Reportes en otros países: Mexico (Heredia, 1995); Perú (Matsushima 1993); Puerto Rico (Betancourt et al., 1983).

Tumularia acuática

División: Ascomycota

Clase: Pezizomycotina

Familia: Incertae sedis

Orden: Tumularia



Fuente: Y Jaén, 2015

FIGURA 22: *Tumularia acuática*

Especie: *Tumularia acuática* (Marvanová & Descals, 1987) hojarasca sumergida, muestra RDCM157.

Características: hialino, limoniforme, a veces forma más o menos alargada, 25-40 micras X 8-20 micras; conidios 1 septado; con tabique cerca de la base, o 2 septados con la celda más grande en el medio.

Reportes en otros países: Puerto Rico (Betancourt and Justiniano, 1989).

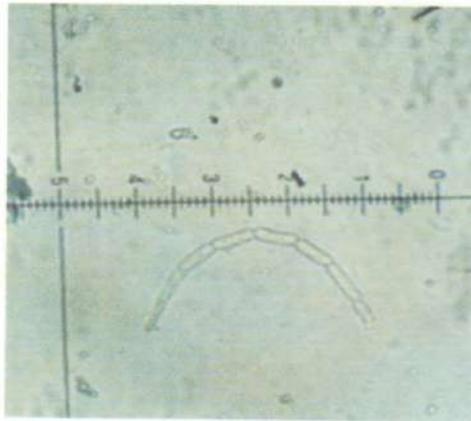
Wiesneriomyces laurinus

División: Ascomycota

Clase: Pezizomycotina

Familia: Wiesneriomycetaceae

Orden: Wiesneriomyces



Fuente: Y Jaén, 2015

Figura 23: *Wiesneriomyces laurinus*

Especie: *Wiesneriomyces laurinus* (Kirk, 1984) hojarasca sumergida, muestra RDCA091...

Características: conidio sub-hialino a verde claro; compuesto de una cadena no ramificada de 8-15 células; células apicales cónicas a triangulares, 4.5-6.5 X 1-3.5 micras, otras células cilíndricas, redondeadas en sus extremos, 7-9.5 X 2-3.5 micras.

Reportes en otros países: Perú, (Matsushima, 1993); Puerto Rico, (Santos & Betancourt, 1997).

DIVERSIDAD DE HYPHOMYCETES ACUÁTICOS EN LAS CUENCAS DEL RÍO DAVID

Se registra en las muestras de Hyphomycetes una totalidad de 23 especies de la cuenca del río David, Chiriquí. De las cuales 8 (23,5%) especies en la subcuenca alta, 17 (50%) en la subcuenca media y 9 (26,4%) en la subcuenca baja. Y se observaron 679 individuos de Hyphomycetes. Estos resultados se analizaron mediante los siguientes métodos de índice de biodiversidad. (Tabla 4).

Tabla 4. Índices de Biodiversidad de Hyphomycetes en la cuenca del río David, Chiriquí.

Categoría	Sub Cuenca alta	Sub Cuenca media	Sub Cuenca baja
Taxones	8	17	9
Conidios	60	275	344
Dominancia de S	0.24	0.13	0.17
Biodiversidad Simpson	0.75	0.86	0.82
Shannon y Wiener	1.636	2.24	1.87
Margalef	1.71	2.84	1.37
Similitud de Sorensen	0.78	0.79	0.85

Para poder valorar el estado de la biodiversidad de la cuenca del río David y sus respectivas subcuencas alta, media y baja, se tomaron en cuenta los índices establecidos por Simpson, Shannon & Wiener y Margalef.

Se considera que la dominancia de Simpson establece la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está

fuertemente influido por la importancia de las especies dominantes en el ecosistema (Aguirre, 2013). Se calculó un índice de dominancia para la sub cuenca alta de 0,24, sub media 0,13 y sub cuenca baja con 0,17. Esto evidencia que existen más especies dominantes en la cuenca alta comparada al resto de las *cuencas*; cuando este índice se encuentre más distante de 1 habrá especies dominantes en esta cuenca y sí se aproxima a 0 habrá uniformidad en las especies de estas cuencas y no existe dominancia. Puede considerarse que en la cuenca alta existe mayor dominancia de las especies *Scorpiosporium angulatum* y *Scorpiosporium sp.* Y en la cuenca media mayor uniformidad entre las especies y en la cuenca baja prevalece las especies de *Flagellospora curvula*, *Mycocentrospora acerina* y *Scorpiosporium sp.*

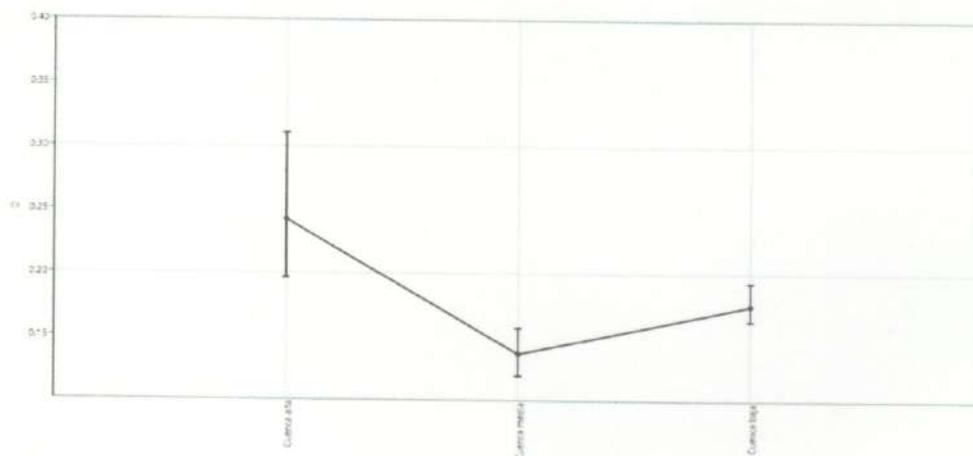


Figura 5. Grafica del Índice de dominancia de Simpson en la cuenca del río David.

A su vez está relacionado al índice de diversidad de Simpson que mide la abundancia de especies. Se obtuvo para la cuenca alta un índice de diversidad de 0,75, para la media 0,86 y 0,82 para la baja que indica que la diversidad de

Hyphomycetes para las tres cuencas es alta cuando el índice es mayor a 0,67 a máximo 1.

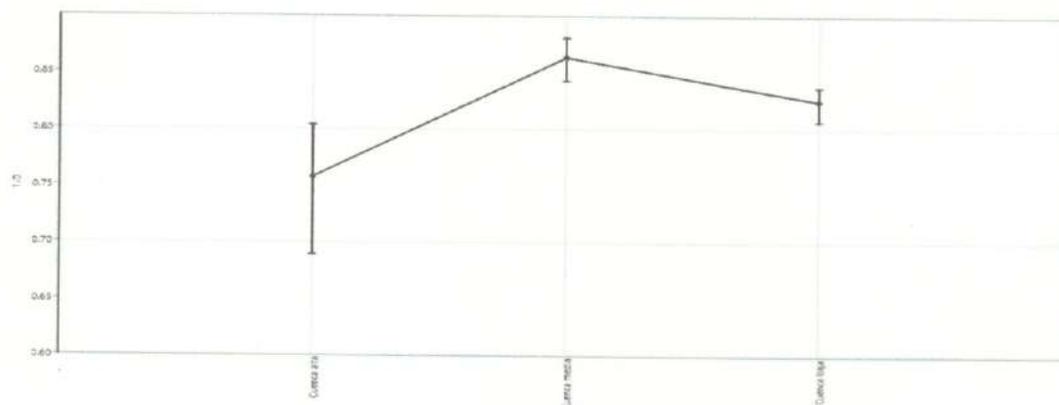


Figura 6. Índice de diversidad de Simpson de las cuencas del río David, Chiriquí.

En referencia al índice de Shannon y Wiener que representa al índice más usado en los estudios de diversidad de especies y tiene el criterio de uniformidad. Este mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenece un individuo escogido al azar de una colección (Aguirre, 2013). Se registró un índice de Shannon y Wiener de 1,63 para la cuenca alta, cuenca media con 2,24 y 1,87 para la cuenca baja. La diversidad de Hyphomycetes según la escala del índice de Shannon y Wiener se considera de una diversidad baja cuando se ubica con valores inferiores a 2 y de diversidad media con valores arriba de dos como es el caso de la cuenca media estudiada. (Ver fig.7)

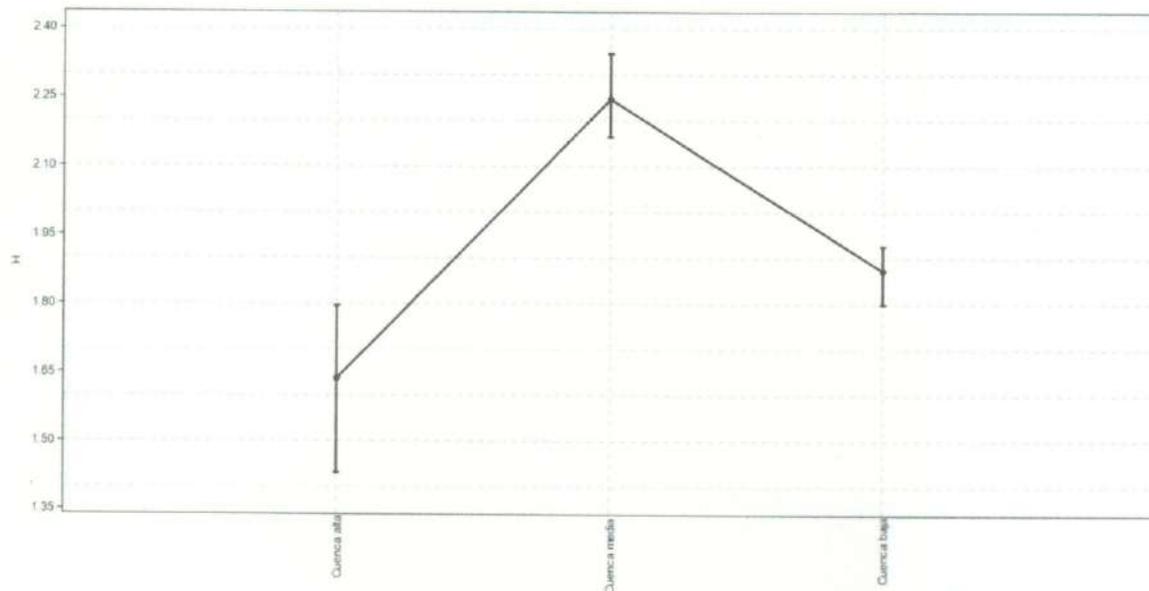


Figura 7. Gráfica de los índices de Shannon y Wiener para las cuencas estudiadas.

El índice de Margalef se refiere a la diversidad de especies, al registrar valores menores de 2 la biodiversidad es baja; entre 2 a 4,9 la biodiversidad es media y superior a 5 la biodiversidad es alta. Con respecto a la cuenca del río David se registró que la cuenca media con valor 2,84 indica una diversidad media en contraposición con las cuencas alta (1,71) y la cuenca baja (1,37) que tienen una baja diversidad. (Ver fig.8)

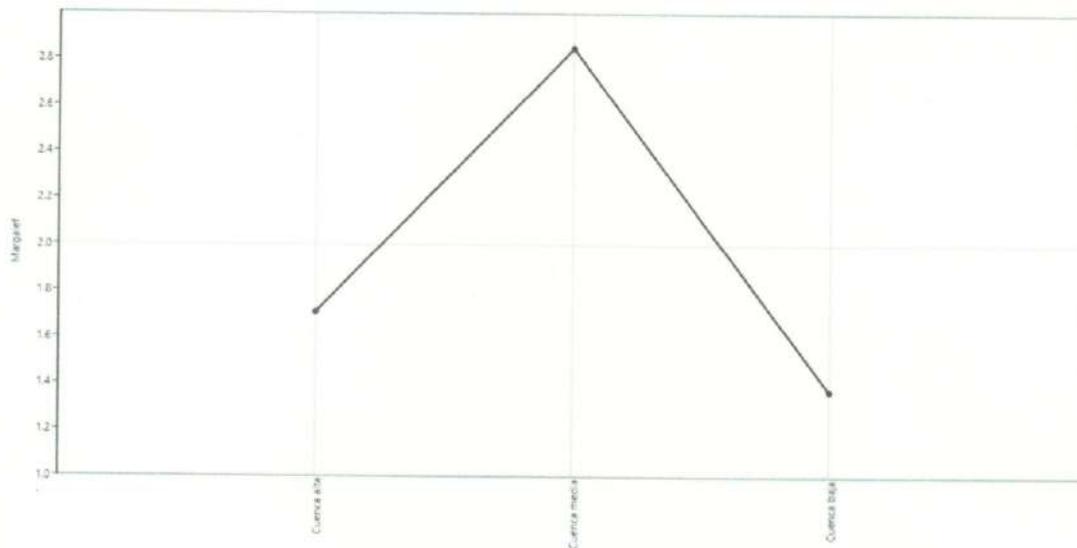


Figura 8. Índice de Margalef de la diversidad de especies de la cuenca del río David, Chiriquí.

Esta baja diversidad que se presenta puede estar relacionada con actividad antropogénica que refleja elevado nivel de coliformes totales y coliformes fecales (Villarreal 2009 y Rovira et al. 2010). La relación entre hongos y bacterias durante el proceso de descomposición del material vegetal en los sistemas lóticos obedece a interacciones antagónicas, Mille-Lindblom & Tranvik (2003), constataron que la acumulación de biomasa fúngica fue más alta en ausencia que en presencia de bacterias y viceversa.

Por otro lado actualmente está bien establecido que las alteraciones de la química del agua y la vegetación ribereña afecta a la diversidad de organismos acuáticos (Lecerf & Chauvet 2008). Además, los cambios drástico en la vegetación ribereña generan un empobrecimiento claro de la comunidad fúngica (Metvalli & Shearer, 1989).

Con respecto a la similitud que se mide con el índice de Sorensen que pueden expresar el grado en que dos comunidades son semejantes por las especies presentes en ellas, por lo que son una medida inversa de la diversidad beta, que se refiere al cambio de especies entre dos muestras. Para la cuenca del río David se registró un índice Sorensen de 0,78 para la cuenca alta, para la media 0,79 y 0,85 para la baja. (Ver fig. 9)

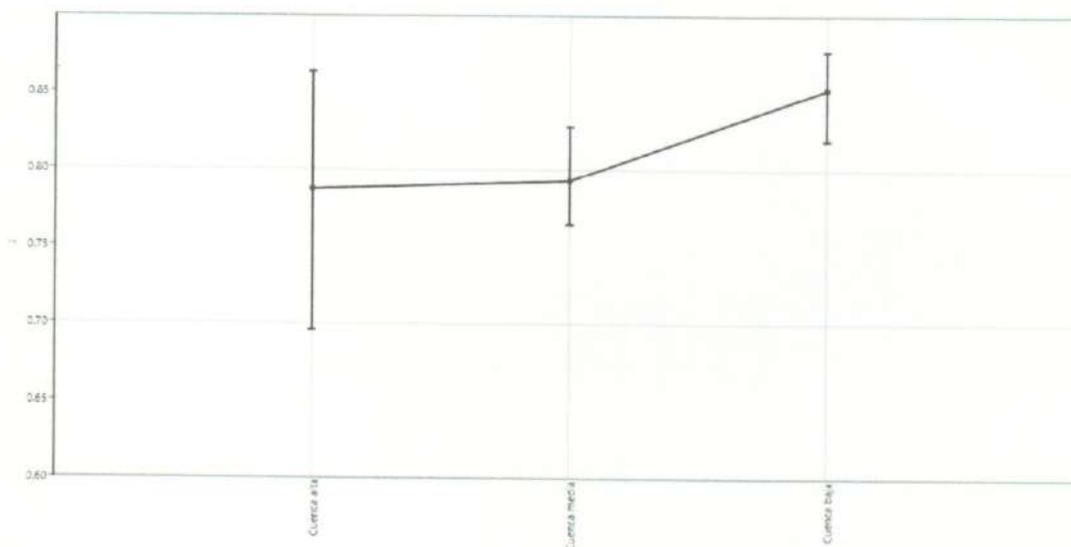


Figura 9. Índice de Similitud de Sorensen de la cuenca del río David, Chiriquí.

La escala de este índice recomienda que cuando es mayor 0,67 a máximo 1 se considera que las especies de Hyphomycetes están distribuidas uniformemente y que las especies son muy similares a lo largo de las tres cuencas.

PUEBA DE CHI CUADRADO

La hipótesis de investigación que se quiere comprobar se realizó mediante la prueba chi cuadrado al 95% de confianza y error del 5%.

Las hipótesis estadísticas del modelo son:

- H_0 : La diversidad y similitud de Hyphomycetes registrados en las cuencas del río David no son similares.
- H_a : La diversidad y similitud de Hyphomycetes registrados en las tres cuencas del río David son similares.

Criterios estadísticos:

- Se acepta H_0 , si la probabilidad de significancia es mayor o igual a 0,05.
- Se acepta H_a , si la probabilidad de significancia es menor de 0,05.

Tabla 5. Prueba de Chi cuadrado para la diversidad de hifomicetos en la cuenca del río David, Chiriquí.

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	11.081 ^a	4	.026
Razón de verosimilitudes	11.472	4	.022
Asociación lineal por lineal	.307	1	.579
N de casos válidos	69		

Con un 95% de confianza se obtuvo una probabilidad de 0,026 que obliga rechazar la hipótesis nula (H_0) y se acepta H_a . Que indica que la diversidad y similitud de Hyphomycetes registrados en las cuencas del río David son similares entre ellas. Se confirma estadísticamente que la diversidad de especies es similar en las cuencas estudiadas.

CONCLUSIONES

- La riqueza total de Hyphomycetes acuáticos encontrada en la hojarasca sumergida en el río David fue de 23 especies, registrándose 12 nuevas especies de hifomicetos acuáticos para Panamá: *Campylospora filicladia*, *Clatosporium intricantun*, *Clavariopsis azlanii*, *Clavastopora lomgibragiata*, *Helicoma sp.*, *Pahalangispora nawawii*, *Scorpiosporium angulatum*, *Scutisporus brunneus*; *Tetracladium marchalianum*, *Triscelophorus carviramifer*, *Triscelophorus ponapensis*, *Triposmermun porosporiferum*, *Tumularia aquatica*.
- El índice de dominancia para la cuenca alta es de 0,24, la cuenca media 0,13 y para la cuenca baja con 0,17. Esto evidencia que existen más especies dominantes en la cuenca alta comparada al resto de las cuencas. Puede considerarse que en la cuenca alta existe mayor dominancia de las especies *Scorpiosporium angulatum* y *Scorpiosporium sp.* En la cuenca media mayor uniformidad entre las especies y en la cuenca baja prevalece las especies de *Flagellospora curvula*, *Mycocentrospora acerina* y *Scorpiosporium sp.*
- Según el índice de Shannon & Wiener y el de Margalef se considera una diversidad media con respecto a la cuenca media y una baja diversidad en la cuenca baja y alta.
- Tomando en consideración el índice de diversidad de Simpson se obtuvo para la cuenca alta un índice de diversidad de 0,75, para la media 0,86 y 0,82 para la baja que indica que la diversidad de Hyphomycetes para las tres cuencas es alta cuando el índice es mayor a 0,67 a máxima 1.
- El índice de similitud de Sorensem considera que las especies de Hyphomycetes están distribuidas uniformemente y que las especies son muy similares a lo largo de las tres cuencas.
- En conclusión, con este estudio aumenta el número de especies de Hyphomycetes registradas para Panamá y se deja evidencia que la flora de Hyphomycetes acuáticos en nuestro país es variada, lo cual demuestra una buena calidad ambiental del sector estudiado.

RECOMENDACIONES

- Continuar los estudios de Hyphomycetes, como bioindicadores de calidad de agua; en la cuenca del río David utilizando otras técnicas de muestreo (espuma y filtrado de agua).
- Lo anterior señala la importancia de actualizar los registros e ilustraciones de las especies fúngicas presentes en nuestros ríos de Panamá, donde son aún pocos los microorganismos conocidos.
- Mejorar la técnica empleada para controlar los microorganismos que devoran a los Hyphomycetes, porque se pueden alterar los resultados obtenidos.
- Dotar de mejores quipos los laboratorios de microbiología de la UNACHI para facilitar el desempeño de los estudiantes en la investigación.
- Realizar estudios para conocer la calidad del agua en ambientes de aguas dulces en Chiriquí con la finalidad de identificar la calidad del agua para su aprovechamiento en actividades que se puedan llevar a cabo, éstos son de vital importancia para el desarrollo de la zona.
- Que esta investigación se tome como base de datos y se continúe con el estudio del agua de este río y se pueda monitorear las mejoras, mantenimiento o incremento del impacto antropogénico y esto permita a las autoridades la toma de decisión sobre la contaminación urbana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, A., Ulloa, E., Aguilar, M., Cifuentes, S. y Valenzuela, R., (2014). *Biodiversidad de hongos en México*. Revista mexicana de biodiversidad, (85): 76-81
- Albores, Z. (1995). *Tules y sirenas: El impacto ecológico y cultural de la industrialización en el Alto Lerma*. Toluca, México: El Colegio Mexiquense.
- Alvarez G. A.R. (2004). *Estudio de las características biofísicas y socioeconómicas de la subcuenca del Río Cochea*. David, Chiriquí, República de Panamá. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Allen, T. y Hoekstra, T. (1992). *Toward a unified ecology*. New York: Columbia University Press.
- Ando, K. y Tubaki K. (1985). *Three new Hyphomycetes from Japan: Anthropsis microspora, Scutisporus brunneus and Titaeella capnophila*. Trans. Mycol. Soc. Japan (26):151-160
- Arriaga, L. Aguilar V. y Espinoza J. (2009). *Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad, en capital natural de México, vol. 2*. Estado de Conservación y tendencias de cambio. México: CONABIO.
- Arsuffi, T. y Suberkropp. K. (1984). *Leaf processing capabilities of aquatic hyphomycetes: interspecific differences and influence on shredder feeding preference*. Oikos (42): 144-154.
- Barange, M. Field, J. Harris, R., Hofmann, E., Perry, I. y Werner F. (2010) *Marine Ecosystems and Global Change*. Editor Dawn M. Ashby. London: Oxford University.
- Bärlocher, F. (1982) *Conidium production from leaves and needles in four streams* *Canadian Journal of Botany*, 60 (8): 1487-1494.

Bärlocher, F. (1992.) *The Ecology of Aquatic Hyphomycetes*. Berlin, Alemania: Springer.

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.

Bärlocher, F., Helson H. y Dudley D. W. (2010). *Aquatic hyphomycete communities across a land-use gradient of Panamanian streams*. *Fundam. Appl. Limnol., Arch. Hydrobiol.* 117 (3): 209-221.

Baschien, C., Marvanová W. y Szewzyk U. (2006) *Phylogeny of selected aquatic hyphomycetes based on morphological and molecular data*. *Nova Hedwigia*, (83): 311-352.

Batista, R. (2003) *Estudio básico para el diagnóstico de la subcuenca hidrográfica del Río David*. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Betancourt, C., Cruz J. y Galarza L. (1986). *Estudio preliminar de los hifomicetos acuáticos (Deuteromicotina) de la República Dominicana*. *Caribbean Journal of Science*, 22 (1-2): 49-51.

Betancourt, C., Cruz J. y 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.

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

Caballero, M., y González, M. (2007) *Mapa piloto de calidad de agua de la cuenca del Río David*. IV Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ingeniería Civil. Concurso de Ponencias. Universidad Tecnológica de Panamá.

Cáceres, O., Castillo Y. y Hofmann T. (2015). *Hyphomycetes acuáticos asociados a hojarasca sumergida en el río Majagua, Chiriquí, Panamá*. *Revista Mexicana de Micología*, vol. (42): 65 -69

- Camargo, J. y Alonso A. (2006). *Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment*. Environment International, 32 (6) 831-849.
- Campbell, J. Shearer C. y Marvanová L. (2006). *Evolutionary relationships among aquatic anamorphs and teleomorphs: Lemonniera, Margaritispora, and Goniopila*. Mycological Research, 110 (9) 1025-1033.
- Chamier, A. y Dixon P. (1982). *Pectinases in leaf degradation by aquatic hyphomycetes in: The field study of the colonization-pattern of aquatic hyphomycetes on leaf packs in a surrey stream*. Oecologia, (52): 109-115.
- Chamier, A., Dixon P. y Archer S.A. (1985). *The spatial distribution of fungi on decomposing alder leaves in a freshwater stream*. Oecología, 64 (1): 92–103.
- Chan, S., Goh T. y Hyde K.D. (2000). *In-goldian fungi of Hong Kong*. Fungal Diversity (5): 89-107.
- Chandrashekar, K., Sridhar, K. y Kaveriappa, K. (1986). *Aquatic hyphomycetes of the river Kempu Hole in the Western Ghat Forests of Karnataka*. Indian phytopath. (39): 368–372.
- Chauvet, E. (1991). *Aquatic hyphomycete distribution in South-Western France*. J. Biogeogr. (18): 699-706.
- Chauvet, E. y Suberkropp K. (1998) Temperature and sporulation of aquatic hyphomycetes. Appl. Env. Microbiol. (64): 1522-1525.
- Chen, J. y Lin W.S. (2000). *New records from Taiwan of three interesting dematiaceous Hyphomycetes*. Bot. Bull. Acad. Sin. (41): 251-255.
- Cole, G. (1986) *Models of cell differentiation in conidial fungi*. Microbiol. Rev. 50: 95-132
- Cresa, C. y Smiths G. (2007). *Hyphomycetes acuáticos de dos ríos de aguas negras de Venezuela*. Sociedad Venezolana de Ecología. ECOTROPICOS, 20 (2): 82-85.

- Da Silva, F. y otros. *Registro de la presencia de hifomicetos acuáticos en ríos de la cordillera de la Costa Venezuela*. Revista Interciencia. Vol 34, Num 8, agosto 2009, pp. 589-592
- Da Silva, R. y Briedis G. (2011). *Hyphomycetes acuáticos de la cabecera del río Guárico, Estado Carabobo. Venezuela*. Interciencia, 36 (11):831-834.
- Dang, C., Gessner M. y Chauvet E. (2007) *Influence of conidial traits and leaf structure on attachment success of aquatic hyphomycetes on leaf litter*. Mycologia, (99): 24-32.
- Davikevin, E. (1999). *Encyclopedia of Environmental Science*. Springer. ISBN 0-412-74050-8.
- De Hoog, G., Guarro J., Gené J. y Figueras M. (2000). *Atlas of Clinical Fungi*. 2nd edn. Utrecht: Centraalbureau voor Schimmelcultures.
- Delgado, G. (2011). *South Florida. microfungi: Kalamarospora multiflagellata gen. et sp. (hyphomycetes), with additional new records from USA* Mycotaxon, 114, (16): 231-246.
- Descals, E. (1997). *Ingoldian Fungi: some field and laboratory techniques*. Bolletín de la Societat d'Historia Natural de les Balears, (40): 169–221.
- Descals, E. y Moralejo E. (2001) *Water and asexual reproduction in the ingoldian fungi*. Bot. Complut. (25): 13-71.
- Descals, E., Sanders P. y Ugalde U. (1977). *Hifomicetos ingoldianos del país vasco*. Sociedad de Ciencias Aranzadi, 3 (4): 237-260.
- Descals, E. y Webster J. (1982). *Morphology, distribution and ecology of conidial fungi in freshwater habitats*. In Cole, G. T.&B. Kendrick (eds), *Biology of Conidial Fungi*. New York: Academic Press.
- Descals, E. y Moralejo E. (2001) *El agua y la reproducción asexual en los hongos Ingoldianos*. Bot. Comp. (25): 13-71.

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

Domínguez et al. 2007. *Modelo de gestión de cuencas para la prevención y control de la contaminación por 2,4-D y MCPA*. Universidad Tecnológica de Panamá (UTP).

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

Ellis, M. (1971). *Dematiaceous Hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute. Kew.

Ellis, M. (1976). *More dematiaceous Hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute. Kew.

Elosegul, A., y Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Fundación BBVA. España, Ediciones Valant

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

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

Fernández, R. y 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. y Smits G. (2015). *"Registro de hifomicetos acuáticos en la cabecera del río Chirgua (Mun. Bejuma, Edo. Carabobo-Venezuela)"*. *Interciencia*, paginas.

- Ferreira, V. y Canhoto C. (2014). *Effect of experimental and seasonal warming on litter decomposition in a temperate stream*. *Aquat Sciences*, (76): 155–163.
- Fiuza, P. y Gusmão L. (2013). *Ingoldian fungi from the semi-arid Caatinga biome of Brazil*. *Mycosphere*, 4 (6):1133–1150, Doi 10.5943/mycosphere/4/6/10.
- Gareth, E. y Pang K. (2012). *Tropical aquatic fungi*. *Biodiversity and Conservation*, (21): 2403–2423.
- Gessner, M. y Chauvet E. (1994): *Importance of stream microfungi in controlling breakdown rates of leaf litter*. *Ecology*, 75: 1807–1817.
- González, L. (1989). *Introducción a la fitopatología*. Bib. Orton, IICA / CATIE.
- Gönczöl, J. y Revay A. (1999). *Studies on the aquatic hyphomycetes of the Morgò stream, Hungary*. II. Seasonal periodicity of conidial populations. *Archiv für Hydrobiologie*, 144(4): 495-508.
- Gönczöl, J., Revay A. y Csontos P. (1999). *Studies on the aquatic hyphomycetes of the Morgò stream, Hungary*. *Archiv für Hydrobiologie*, 144(4): 473-493.
- Gönczöl, J. y Revay A. (2003). *Treehole fungal communities: aquatic, aero-aquatic and demateaceous hyphomycetes*. *Fungal diversity*, (12): 19-34.
- Goh, T.H. y Hyde K.D. (1996) *Biodiversity of freshwater fungi*. *J. Ind. Microbiol.* (17): 328-345.
- Goos, R., Abdullah S., Fisher P. y Webster J. (1985). *The anamorph genus Helicodendron*. *Trans Br Mycol Soc*, (84): 423-435.
- Gulis, V., Marvanová L. y Descals E. (2005). *An illustrated key to the common temperate species of aquatic hyphomycetes*. Netherlands: Springer.
- Gulis, V. y Suberkropp K. (2004). *Effects of whole stream nutrient enrichment on the concentration and abundance of aquatic hyphomycete conidia in transport*. *Mycologia*, 96 (1): 57-65.

- Harrington, J. (1997). *Aquatic hyphomycetes of 21 rivers in Southern Ireland*. Biol. & Environ. Proc. Royal Irish Acad. 97B (2): 139-148.
- Hasija, S. y Singhal P. (1991). *Degradation of Plant Litter by Aquatic Hyphomycetes*. In: *Handbook of Applied Mycology: soils and plants* (Arora, D.K.; Rai, B.; Mukerji, K.G.; Knudsen, G. Eds), New York. USA. Marcel Dekker.
- Hawksworth, D., Crous P., Redhead S., Reynolds D., Samson R. et al. (2011). *The Amsterdam Declaration on Fungal Nomenclature*. IMA Fungus 2: 105–112.
- Heredia, G. y Reyes M. (1999). *Hongos conidiales de bosque mesófilo: algunas especies folícolas y de la hojarasca desconocidas para México*. Rev. Mex. Mic. (15): 79-88.
- Hudson, H. (1961). *Heliscus submersus sp. nov., an aquatic hyphomycete from Jamaica*. Trans. Br. mycol. Soc. (44): 91-94.
- Hughes, S. (1951). *Studies on micro-fungi. III. Mastigosporium, Camposporium, and Ceratophorum*. Mycol. Pap. (36): 44.
- Ingold, C. (1942): *Aquatic hyphomycetes of submerged decaying alder leaves*. – Trans. Br. Mycol. Soc. (25): 417–839.
- Ingold, C. (1952). *Actinospora megalospora. sp, an aquatic hyphomycete*. Trans. Br. mycol. Soc. (35): 66-70.
- Ingold, C. y Webster J. (1973). *Some aquatic hyphomycetes from India*. Kavaka I: 4-9.
- Ingold, C. (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, Cumbria, R. U.
- Iqbal, S. (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.

- Justiniano, J. y Betancourt C. (1989). *Hongos ingoldianos presentes en el Río Mariacao, Puerto Rico*. Carib. J. Sci. (25): 111-114.
- Kirk, P., Cannon P., David J. y Stalpers J. (2001): *Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi*. 9th Edition. CABI Bioscience, UK Centre, Egham
- Krauss, G. y Barlocher, F. (2003). *Effects of pollution on aquatic hyphomycetes*. *Fungal Diversity Research Series*. 10. 211-230.
- Krauss, G., Solé M., Krauss G., Schlosser D., Wesenberg D. y Bärlocher F. (2011) *Fungi in freshwaters: ecology, physiology and biochemical potential*. FEMS Microbiol. Rev. (35): 620-651.
- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos*. República Federal Alemana: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).
- Lowell, C. y Konopka A. (1985). *Primary and bacterial production in two dimictic Indiana lakes*. Applied and Environmental Microbiology (49):485-492.
- Luna Fontalvo, J. *Hongos Anamórficos acuáticos asociados a la hojarasca en el río gaira de la Costa del Caribe Colombiano*. Revista Intropica, Santa Marta, Colombia, Mayo de 2009
- Marvanová, L. & Bärlocher F. (2000). *Hyphomycetes from Canadian streams. V. Two new conidial basidiomycetes*. Mycotaxon, (75): 409-423.
- Matsushima, T. (1993). *Matsushima Mycological Memoirs No. 7*. Kobe: Published by the author.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza: M & T Manuales y Tesis.
- Manoharachary, C. y Madhusudan R. (1983) *Ecological studies of hyphomycetes associates with submerged leaves from India*. Indian Phytopathol (36):62-65.
- Margalef, R. (1995). *Aplicaciones del caos determinista en ecología* (171-184) En: Flos, J. (ed.) 1995. *Orden i caos en ecología*. Publicacions Universitat de Barcelona.

- Marrugan, A. (1988) *Ecological Diversity and its Measurement*. New Jersey: Princeton University Press.
- Osman, M., Kalthoum H. y El-Shaphy A. (2008). *Production of cellulose and pectinase from some aquatic hyphomycetes*. Res. J. Microbiol. 3(4):213- 224.
- Patrick, R. (1975). *Stream communities* Pp. 445-459, En: M. L. Cody y J. M. Diamond (eds.) *Ecology and Evolution of communities*. Cambridge: Belknap Press, Harvard University.
- Peña, N. (2000). *Key to the filamentous higher marine fungi from Buenos Aires Province, Argentina*. Darwiniana 38 (3-4): 291-298.
- Pinto, M., Fernández R. y Smits G. (2009) *Comparación de métodos en la caracterización de la biodiversidad de hifomicetos acuáticos en el río Cúpira, Estado Carabobo, Venezuela*. Interciencia (34): 497-501.
- Pinto, M. y Smits G. (2012). *Evaluación preliminar de la riqueza de especies de hifomicetos acuáticos en ríos de la vertiente norte de la cordillera de la costa, Estado Aragua-Venezuela*. Intropica, (7): 31-36.
- Pla, L. (2006). *Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza*. Interciencia, 31(8), 583-590.
- Rendón, M. (2012). *Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de: Ecología y Manejo de Recursos naturales mención en Ecología Aplicada*.
- Requena, G. 2005. *Evaluación de la calidad Físico-Química y bacteriológica del Agua y Sub Cuenca del río David*. Tesis Lic. en Química. UNACHI. Panamá
- Roldan, A., Descals E. y Honrubia M. (1987). *Hifomicetos acuáticos en las cuencas altas de los ríos Segura y Guadalquivir*. Anales de Biología, 13 (3): 3-13.
- Roldan, A., Descals E. Honrubia M. (1988). *Hifomicetos acuáticos de Sierra Nevada y Sierra de los Filabres*. Acta Botánica Malacitana, (13): 77-90.

- Romani, A. y otros. (2009). *La biota de los ríos: los microorganismos heterotróficos. Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Fundación BBVA.
- Rovira et al., 2010. "Calidad del agua en la parte media y baja en la sub cuenca del río David" UNACHI. Panamá
- Rzedowski, J. (1986). *Vegetación de México*. México, D.F. Limusa.
- Sabater, S., Donato A., Giorgi J. Ch. y Elosegí A. (2009). *El río como ecosistema. En Elosegí, A. & S. Sabater. (Eds.), Conceptos y técnicas en ecología fluvial (28-31)*. Fundación BBVA.
- Sánchez, S. (1986). *Vegetación de galería y sus relaciones hidrogeo-morfológicas*. Ingeniería Hidráulica en México.
- Santos-Flores, C. y Betancourt C. (1994). *Aquatic Hyphomycetes (Deuteromycotina) from Rio Loco at Susua State Forest, Puerto Rico* Caribbean Journal of Science, 30 (3-4):262-267.
- Santos-Flores, C., Betancourt C. y Nieves-Rivera A. (1996): *New Records of Water-borne Hyphomycetes for Puerto Rico*. Carib. J. Sci. (32): 105–110.
- Santos-Flores, C. y Betancourt, C. (1997). *Aquatic and Water-borne Hyphomycetes (Deuteromycotina) in Streams of Puerto Rico (Including Records from other Neotropical Locations)*. Carib. J. Sci. Special Publication (2):116.
- Schmidt-Nielsen B. y Schmidt-Nielsen K. 1950. *Evaporative Water Loss in Desert Rodents in Their Natural Habitat*. Ecology. Ecological Society of America. Volume 31, Issue 1 Pages 75–85
- Schonlein, I. y Grandi R. (2003). *The diversity of aquatic hyphomycetes in South America*. Braz. J. Microbiol. (34): 183-193.
- Shoenlein, I y Piccolo R. (2003). *The diversity of aquatic hyphomycetes in South America*. Brazilian J. Microbial. 34 (3): 1-13.

- Sivichai, S., Jones E. y Hywel-Jones N. (2003). *Lignicolous freshwater Ascomycota from Thailand: Hymenoscyphus varicosporoides and its Tricladium anamorph*. Mycologia, (95): 340–346.
- Smith, A. y Ramsbottom J. (1914). *New or rare microfungi*. Transactions of the British Mycological Society, 5 (1): 156-168.
- Smits, G., Fernández R. y C. Cressa. (2007). *Preliminary study of aquatic hyphomycetes from Venezuelan streams*. Acta Bot. Venez. (30): 345-355.
- Solomon, L. y Martin D. (2008) *Biología. 9a. Ed. Eldra*. New York: Cengage Learning Editores.
- Sridhar, K., Chandrashekar K. y Kaveriappa, K. (1992): *Research on the Indian subcontinent*. – In: Bärlocher, F. (ed.): *The Ecology of Aquatic Hyphomycetes*. Berlin: Springer.
- Suberkropp, K. (1984). *Effect of temperature on seasonal occurrence of aquatic hyphomycetes*. Trans. Br. Mycol. Soc. (82): 53-62.
- Standard Methods for the examination of water and wastewater. 2012. 22 edition, AWWA-WEF-APHA.
- Storaci, V., Fernández R. y 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): 480-487.
- Suberkropp, K. (1991). *Relationships between growth and sporulation of aquatic hyphomycetes on decomposing leaf litter*. Mycol. Res. (95):843–850.
- Tsui, K., Hyde K. y Hodgkiss I. (2001). *Colonization patterns of wood-inhabiting fungi on baits in Hong Kong rivers, with reference to the effects of organic pollution*. A. van Leeuwenhoek, (79): 33-38.
- Tubaki, K. (1957). *Studies on the Japanese hyphomycetes. III. Aquatic group*. Bulletin of the Natural Science Museum (Tokyo), (41): 249–268.

United Nations Environment Programme-UNEP (1992) *World Atlas of Desertification*. London. 69. *Susceptibility to Desertification in Chicualacuala, Republic of Mozambique* Inocência J. J. F. Pereira, Flávio Rodrigues do Nascimento. *International Journal of Geosciences*, 7 (2), February 29, 2016.

Villarreal, H., Álvarez S., Córdoba F., Escobar G. et al. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos biológicos Alexander Von Humboldt*. Bogotá, Colombia.

Volk, T. (2001). Fungi. In: S.A. Levin (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity*, vol. 3, San Diego: Academic Press. 141-163.

Villareal, 2010. "Evaluación y monitoreo de la calidad del agua en la parte alta y media de la sub cuenca del río David durante periodo 2009 - 2010" UNACHI Panamá.

Wallace, W., Secor J. y Schrader L. (1984) *Rapid accumulation of γ -aminobutyric acid and alanine in soybean leaves in response to an abrupt transfer to lower temperature, darkness, or mechanical stress*. *Plant Physiol* (175): 170-175.

Williams, P. (2006). Studies on HPLC profile and antifungal properties of various leaf extracts of drumstick (*Moringa oleifera* L.). *Plant Archives*, 6 (2):545-547.

Wood-Eggenschwiler, S. y Bärlocher F. (1983). *Aquatic hyphomycete communities of 16 streams in France, Germany and Switzerland*. *Transactions of the British Mycological Society*, (81): 371-379.

Zemek, J., Marvanová L., Kuniak, L. y Kadlečíková B. (1985). *Hydrolytic enzymes in aquatic hyphomycetes*. *Folia Microbiologica (Prague)*, (30): 363-372

ANEXOS



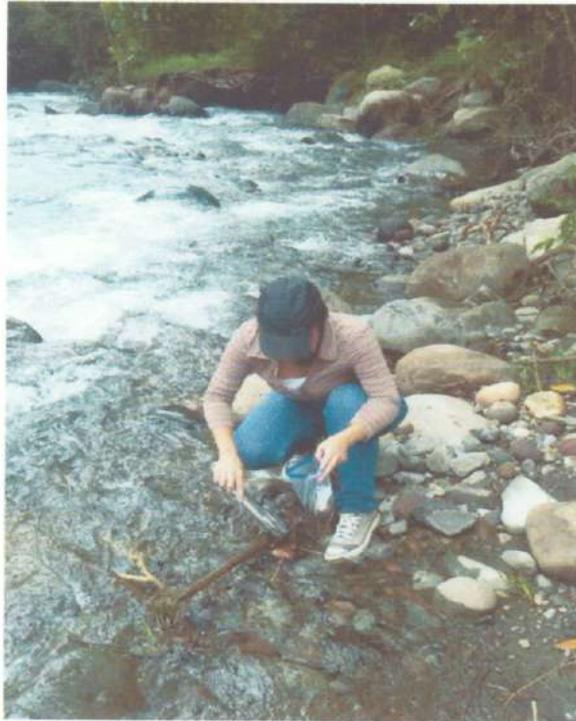
Fuente: Yina Jaén, 2015

Figura1. Muestras de hojas colectadas en el río David



Fuente: Yina Jaén, 2015

Figura 2. Muestra centrifugada lista para observar en el microscopio



Fuente: Yina Jaén, 2015

Figura 3. Colecta de hojas en la cuenca alta del río David



Fuente: Yina Jaén, 2015

Figura 4. Colecta de hojas en la cuenca media del río David



Fuente: Yina Jaén, 2015

Figura 5. Colecta de hojas en la cuenca baja del río David

Tabla 6. Especies de Hyphomycetes encontrados en el del río David, 2015

N°	ESPECIES	CUENCA ALTA	CUENCA MEDIA	CUENCA BAJA	TOTAL
1	<i>Anguillospora longissima</i>	8	1		9
2	<i>Campylospora chaetoclada</i>		10	39	49
3	<i>Campylospora filicladia</i>		16	52	68
4	<i>Clatosporium intricatum</i>		1		1
5	<i>Clavariopsis aquatica</i>		16		16
6	<i>Clavariopsis azlanii</i>	1	45	75	121
7	<i>Clavastopora lomgibragiata</i>		18		18
8	<i>Clavatospora tentacula</i>	4	24	5	33
9	<i>Flabellospora acuminata</i>		2		2
10	<i>Flagellospora curvula</i>			32	32
11	<i>Helicoma sp</i>		1		1
12	<i>Heliscus submerus</i>		28		28
13	<i>Mycocentrospora acerina</i>			40	40
14	<i>Phalangispora nawawii</i>		1		1
15	<i>Scorpiosporium angulatum</i>	19	30	9	58

16	<i>Scorpiosporium sp.</i>	20	71	90	181
17	<i>Scutisporus brunneus</i>		1		1
18	<i>Tetracladium marchalianum</i>		5		5
19	<i>Tricelophorus carviramifer</i>		5		5
20	<i>Triscelophorus ponapensis</i>	1			1
21	<i>Tripaspermum myrti</i>	2			2
22	<i>Tumularia aquática</i>			2	2
23	<i>Wiesneriomyces laurinus</i>	5			5
	TOTAL	58	248	344	