



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Instituto de Biología

“EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE LOS
HONGOS MICROSCÓPICOS DULCEACUÍCOLAS
DEL ESTADO DE TABASCO, MÉXICO”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

DOCTOR EN CIENCIAS

P R E S E N T A

JOSÉ EDMUNDO ROSIQUE GIL

DIRECTORA DE TESIS: DRA. MARÍA DEL CARMEN AUXILIO GONZÁLEZ
VILLASEÑOR

MÉXICO, D. F.

NOVIEMBRE, 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 22 de Septiembre de 2008, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **DOCTOR EN CIENCIAS** del alumno **JOSÉ EDMUNDO ROSIQUE GIL** con número de cuenta **501093673** con la tesis titulada: "Evaluación de la diversidad de los hongos microscópicos dulceacuícolas del estado de Tabasco, México", realizada bajo la dirección de la **DRA. MARÍA DEL CARMEN AUXILIO GONZÁLEZ VILLASEÑOR:**

Presidente:	DR. TEÓFILO HERRERA SUÁREZ
Vocal:	DR. JOAQUÍN CIFUENTES BLANCO
Vocal:	DRA. DENÍ CLAUDIA RODRÍGUEZ VARGAS
Vocal:	DRA. ANA LUISA ANAYA LANG
Secretario:	DRA. MARÍA DEL CARMEN AUXILIO GONZÁLEZ VILLASEÑOR
Suplente:	DR. MIGUEL ARMANDO ULLOA SOSA
Suplente:	DRA. HERMELINDA MARGARITA VILLEGAS RÍOS

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F. a, 30 de Octubre de 2008.


Dr. Juan Nuñez Farfán
Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del interesado.

Este proyecto de investigación se realizó con el apoyo de:

- El Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- El Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y su programa de Becas de Posgrado (Registro de becario 163202).
- Proyecto CONACyT - SEP clave U1 60502.

El Comité Tutorial que evaluó y dio seguimiento al proyecto estuvo integrado por:

Dra. María del Carmen Auxilio González Villaseñor

Dr. Joaquín Cifuentes Blanco

Dr. Miguel Armando Ulloa Sosa

DEDICATORIA

ESTE TRABAJO ESTÁ DEDICADO A

MIS PADRES

SR. JOSÉ GABRIEL ROSIQUE ADRIANO (Q.E.P.D.)

SRA. YOLANDA GIL ALTAMIRANO

MI TELPERION Y MI LAURELIN

MARCELA

FERNANDA

AGRADECIMIENTOS

A los miembros de jurado por sus invaluable observaciones: Dr. Teófilo Herrera Suárez, Dr. Joaquín Cifuentes Blanco, Dení Claudia Rodríguez Vargas, Dra. Ana Luisa Anaya Lang, Dra. María del Carmen Auxilio González Villaseñor, Dr. Miguel Ulloa Sosa, Dra. Hermelinda Margarita Villegas Ríos.

A Maricarmen por creer en mí y darme la oportunidad de integrarme a su grupo de trabajo, pero sobre todo por la amistad y la confianza que ha hecho más placentera mi experiencia de aprendizaje y desarrollo de ideas.

A Joaquín y Rosalba por su amistad sus sabios consejos y su apoyo en todo momento.

A la Familia Hernández Cappello, Olmo, Ursula, Lalo y Silvia, que han sido parte esencial de mi desarrollo como persona.

A mis compañeros del Laboratorio C-121, Allan, Paty, Cristina, Lety.

Al Dr. Agustín Quiroz por su ayuda en la determinación e interpretación de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua.

Al Biólogo Andrés Pedrero Sánchez, Director de Recursos Naturales de la Secretaría de Desarrollo Social y Protección al Ambiente del Estado de Tabasco por los permisos y la ayuda técnica para hacer los recorridos en la laguna.

RESUMEN

Se realizó un estudio sobre los ascomicetes dulceacuícolas de la Laguna Las Ilusiones localizada en la ciudad de Villahermosa, Tabasco. Se establecieron 10 estaciones de muestreo, dependiendo del grado de urbanización observado en las zonas adyacentes a la laguna. Se realizaron cuatro muestreos durante el año 2006. En cada punto de muestreo se sumergieron bloques de madera de *Pinus* sp., *Cedrela* sp., *Tabubeia* sp. y *Bucida* sp. durante 3 meses. Se calcularon la riqueza de especies, la frecuencia de aparición, el índice de similitud de Sørensen y el índice de diversidad de Shannon y se aplicó un Análisis de Correspondencia a los datos. También se midieron la temperatura del agua, el pH, el oxígeno disuelto, la cantidad de materia orgánica y los fosfatos en las 10 estaciones durante cada muestreo. Se registraron un total de 52 taxa: 29 hongos anamórficos y 23 ascomycetes. Las especies con valores de frecuencia más altos fueron: *Ascosacculus heteroguttulatus* (71.27 %), *Savoryella lignicola* (47.01%), *Phaeoisaria clematidis* (20.90 %), *Podospora* sp. (16.04 %), *Xylomyces chlamidosporus* (14.55 %) y *Aniptodera* sp. (12.69 %). En enero se registró el índice de diversidad más alto debido a la entrada de material orgánica vegetal en la laguna durante la época de lluvias. El índice de diversidad más bajo se registró en la estación de muestreo mas urbanizada mientras que la diversidad más alta se registró en la estación con un área de vegetación circundante mayor. La distribución temporal de las especies sugiere que el principal factor regulador de la estructura de la comunidad de los ascomicetes dulceacuícolas es la lluvia; mientras que la distribución espacial no sugiere una estructura clara de la comunidad. Los parámetros fisicoquímicos medidos indicaron que la laguna se encuentra en estado de eutroficación durante todo el año. Esta es la primera contribución al conocimiento de los ascomicetes dulceacuícolas de las regiones tropicales de México.

ABSTRACT

An ecological investigation of freshwater ascomycetes was conducted in Las Ilusiones Lagoon located in Villahermosa City, state of Tabasco. Ten sampling sites were established, depending on the degree of urbanization present in the zones adjacent to the lagoon. Four samples were made during 2006. Wood panels of *Pinus* sp., *Cedrela* sp., *Tabubeia* sp. and *Bucida* sp. were submerged during 3 mo in each sampling site. Species richness, frequency of incidence, Sørensen similarity index and Shannon diversity index were calculated. Correspondence analysis was applied to the data. Water temperature, pH, dissolved oxygen, organic matter and phosphate were measured. A total of 52 taxa, 29 anamorphic fungi and 23 ascomycetes were recorded. *Ascosacculus heteroguttulatus* (71.27 %), *Savoryella lignicola* (47.01%), *Phaeoisaria clematidis* (20.90 %), *Podospora* sp. (16.04 %), *Xylomyces chlamidosporus* (14.55 %) and *Aniptodera* sp. (12.69 %) were the species with the highest frequency values. The highest diversity index was recorded in January because of input plant matter into Las Ilusiones lagoon system during winter rainfall. The lowest diversity was recorded at the most urbanized site whereas the highest diversity was recorded at the site with the greatest vegetation area. The temporal distribution of species suggests that the rainfall was the main factor regulating the structure of freshwater ascomycetes community. The spatial distribution not suggests a clear community structure. The physicochemical parameters mesaured indicate eutrophication level all year round. This is the first contribution on freshwater ascomycetes from a tropical region of Mexico.

CONTENIDO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN / ABSTRACT

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	4
3. IMPORTANCIA Y OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
4.1. Descripción del área de estudio.....	9
4.2. Muestreo.....	10
4.3. Extracción de los micromicetes dulceacuícolas.....	11
4.4. Procesamiento de la muestra.....	15
4.5. Identificación de los micromicetes.....	15
4.6. Conservación y registro de los micromicetes dulceacuícolas.....	16
4.7. Determinación de algunos parámetros fisicoquímicos.....	16
4.8. Análisis de datos.....	16
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
5.1. Diversidad de los micromicetes dulceacuícolas.....	18
5.2. Evaluación de la diversidad.....	20
5.3. Distribución temporal durante un ciclo anual.....	37
5.4. Distribución espacial en la laguna Las Ilusiones.....	44
6. CONCLUSIONES.....	52
7. PERSPECTIVAS.....	53
8. REFERENCIAS.....	54

ANEXO

1. INTRODUCCIÓN

Los hongos dulceacuícolas son un grupo diverso de organismos que incluye representantes de todos los fila que conforman el reino Fungi, principalmente especies de los Ascomycota y Chytridiomycota (Wong et al. 1998b; Shearer et al. 2007). Los ascomicetes dulceacuícolas son aquellos hongos que habitan sobre substratos total o parcialmente sumergidos y que completan su ciclo de vida en hábitats acuáticos (Shearer 1993; Thomas 1996).

Se cree que los ascomicetes dulceacuícolas pueden haberse desarrollado a partir de ancestros terrestres por tres vías evolutivas principalmente: 1) como patógenos, endófitos y saprobios de plantas marinas y de humedales que invadieron ambientes dulceacuícolas; 2) a partir de grupos de hongos asociados a los restos de la vegetación circundante a los cuerpos de agua dulce y que fueron capaces de adaptarse al nuevo ambiente; 3) a través del escurrimiento por lluvias y la sedimentación (Shearer 1993). Para sobrevivir en el ambiente dulceacuícola, estos hongos presentan adaptaciones morfológicas como la desaparición del aparato apical de las ascas, la liberación de ascosporas a través de ascas delicuescentes (*Aniptodera*, *Nais*), la producción de ascosporas filiformes que incrementan su área de proyección y el contacto con el sustrato (*Apostemidium*, *Niptera*, *Vibrissea*; *Ophioceras*, *Gaeumannomyces*, *Pseudohalonectria*; *Ophiobolus*) y la presencia de vainas gelatinosas (*Caryospora*, *Massarina*, *Phaeosphaeria*, *Pleospora*) o apéndices apicales viscosos (*Ascagilis*, *Lophiostoma*, *Wettsteininia*) en las ascosporas que permiten que se adhieran al sustrato (Shearer 1993; Wong et al. 1998).

Debido al material vegetal y terrestre que se incorpora a los sistemas dulceacuícolas, las especies fúngicas reportadas de tales ambientes varían de aquellas que están adaptadas para completar su ciclo de vida en el agua y no son encontradas fuera de dicho ambiente (especies residentes), a aquellas que se presentan en el agua de manera fortuita (especies transitorias) (Shearer et al.

2007), por lo que su sola presencia no es confiable para definirlos como hongos dulceacuícolas.

Los hábitat en los cuales se presentan los ascomicetes dulceacuícolas pueden ser: 1) lenticos (lagos, lagunas, pantanos, pozas); y, 2) loticos (ríos, arroyos). En dichos hábitat los ascomicetes dulceacuícolas y sus estados anamórficos tienen como función principal descomponer la biomasa vegetal que ingresa a los sistemas dulceacuícolas, formada por 35% de celulosa, 25% de hemicelulosa y 35% de lignina, debido a su habilidad para degradar lignocelulosa por acción enzimática (Shearer 1993; Wong et al. 1998a; Maheshwari 2005). Los hongos intervienen en la descomposición en el momento en que la disponibilidad de polisacáridos absorbibles disminuye y pueden entrar en contacto con los componentes estructurales de la madera (Dighton 2003). Causan pudrición blanda, la que se caracteriza por la formación de cavidades cilíndricas a lo largo de la estructura microfibrilar de la capa S₂ de la pared celular secundaria en condiciones de alta humedad y alto contenido de nitrógeno (Jones 1981; Zare-Maivan y Shearer 1988; Blanchette et al. 2003), aunque se sabe poco de los procesos físicos y biológicos y del papel de dichos hongos en la degradación de madera (Tsui y Hyde 2003b). Otro papel importante de los hongos dulceacuícolas es el que desempeñan en las cadenas alimenticias detritivoras, sirviendo como fuente de alimento para algunos invertebrados y al alterar la estructura física de la madera convirtiéndola en un recurso más accesible para los invertebrados acuáticos (Suberkropp y Krug 1980; Suberkropp 1995).

Los hongos conforman uno de los grupos taxonómicos más diversos en la Tierra; a nivel mundial se han reportado 80 060 especies de hongos (Kirk et al. 2001), las cuales representan el 4.8% del 1.5 millón de especies de hongos estimado por Hawksworth (1991, 2001). Esta estimación solo es menor que la hecha para los insectos, la cual asciende a 8 millones de especies (Heywood 1995). Para México, Guzmán (1998) estimó un total de 200 000 especies de hongos de las cuales se conocen 6 510 (3.5% del total estimado).

Se han reportado alrededor de 1,229 especies de ascomicetes dulceacuícolas pertenecientes a los Discomycetes, Loculoascomycetes y

Pyrenomycetes en una proporción de 111:143:246 (Shearer et al. 2007); 44 géneros de Discomycetes, 54 de Loculoascomycetes y 98 de Pyrenomycetes (Cai et al. 2003). Algunos de los órdenes con 10 o más especies dulceacuícolas son Helotiales (101 spp.), Pleosporales (91), Sordariales (114), Melanommatales (30), Eurotiales (25), Halosphaeriales (24), Xylariales (19) e Hypocreales (14); sólo 191 se han reportado de zonas tropicales (Shearer et al. 2007).

Los hongos dulceacuícolas han sido estudiados principalmente en las regiones templadas de América y Europa y en la región tropical de Asia y Australia por lo que en estas áreas biogeográficas se han registrado el mayor número de especies conocido: 125, 174 y 152 especies respectivamente; mientras que para la región tropical de América sólo se conocen 13 especies (Shearer et al. 2007). Esto representa un problema biogeográfico ya que el conocimiento de la diversidad de hongos dulceacuícolas se limita a pocas áreas y no permite hablar sobre especies de distribución global o endémicas debido a la diferencia en el esfuerzo de colecta entre las áreas tropicales y templadas.

2. ANTECEDENTES

El primer reporte de un hongo dulceacuícola fue hecho por Weston (1929), aunque se considera que el estudio de los ascomicetes dulceacuícolas inició con los trabajos de Ingold (1951, 1955) en ríos y lagos de Inglaterra, quien fue el primero en reconocer a estos hongos como un grupo distintivo y describió algunas especies nuevas.

El estudio de los hongos dulceacuícolas como una rama de la micología fue establecido por Shearer que realizó un extenso estudio en la bahía Chesapeake, posteriormente ha cubierto el estudio de la diversidad de los hongos dulceacuícolas, principalmente en América del Norte, abordando aspectos taxonómicos y biogeográficos utilizando detritos vegetales encontrados en el agua (Shearer 1971, 1973, 1974, 1978, 1989; Shearer y Crane 1971, 1978, 1980; Shearer y Miller 1977; Zare-Maivan y Shearer 1988; Shearer et al. 1999; Fallah y Shearer 2001; Campbell et al. 2003; Raja et al. 2005; Raja y Shearer 2006, 2008).

El estudio de la diversidad de hongos dulceacuícolas en Australia y la región tropical de Asia inició con el trabajo de Minoura y Muroi (1978) y posteriormente con los hechos por Hyde (1992 a y b) y Goh y colaboradores (1997a). A partir de estos y posteriores trabajos se han descrito numerosos géneros y especies nuevas (Hyde 1992c, 1993; Hyde et al. 1997, 1999; Ho et al. 1997, 1999; Chang et al. 1998; Hyde y Wong 1999), además de abordar aspectos ecológicos (Cai et al. 2006) y de impacto económico (Udaiyan 1991).

La región templada del continente europeo ha sido poco estudiada en comparación con América del Norte y Asia, cubriendo aspectos taxonómicos (Ingold 1955; Dudka 1963; Jones y Eaton 1969; Gönczöl 1973; Czezug 1995; Spooner 1996; Caldusch et al. 2002) y ecológicos (Eaton y Jones 1970, 1971; Dudka 1985).

La diversidad de los hongos dulceacuícolas de América del Sur ha sido muy poco estudiada, los estudios que existen se han realizado principalmente en cuerpos de agua loticos (Arambarri et al. 1987; Cazau et al. 1993); mientras que los reportes de hongos para cuerpos de agua lenticos son escasos y enfocados a

aspectos taxonómicos (Schoenlein-Crusius et al. 1992; Schoenlein-Crusius y Piccolo-Grandi 2003).

Hyde y Goh (1998) hicieron un estudio sobre la diversidad de los hongos dulceacuícolas en el lago Barrine en el norte de Queensland, Australia. Colectaron 100 muestras de madera sumergida que fueron incubadas en cámaras húmedas; examinaron las muestras a las 3 y 24 semanas de incubación. Identificaron 39 especies, 15 ascomicetes, 23 hongos mitospóricos y 1 basidiomicete. A las 3 semanas de incubación identificaron 35 especies, 14 ascomicetes, 20 hongos mitospóricos y 1 ascomicete; la especie más común fue *Candelabrum brocchiatum*, presente en el 41% de las muestras, seguida de *Trichocladium linderi* (11%), *Canalisporium pulchrum* (9%), *Pleurothecium recurvatum* (8%) y *Helicosporium griseum* (7%). A las 24 semanas de incubación identificaron 26 especies; las especies más comunes fueron *T. linderi* (30%), *C. brocchiatum* (22%), *Papulaspora* sp. (20%), *Pleurothecium recurvatum* (14%) y *Sporoschisma uniseptatum* (13%).

Goh y Hyde (1999) realizaron un estudio en una ensenada artificial en Hong Kong. Identificaron 57 taxa, incluyendo 17 ascomicetes y 40 hongos mitospóricos. Las especies más comunes fueron *Kirchsteiniotelia elasterascus* (70%), *Didymella aptrooti* (14%) y un celomicete no identificado (12%).

Cai y colaboradores (2002) estudiaron la diversidad de hongos acuáticos del lago Fuxian, en la provincia china de Yunnan. Colectaron 100 trozos de madera, bambú y raíces, las cuales fueron incubadas en bolsas de plástico de 1 a 3 semanas. Registraron 64 taxa, 35 ascomicetes y 29 hongos mitospóricos. Las especies más frecuentes fueron *Dictyosporium heptasporum*, presente en un 15% de las muestras, *Savoryella lignicola* (10%), *Aniptodera chesapeakeensis* (9%), celomicete sp. (6%), *Massarina thalassioidea* (6%), *Phaeoisaria clematidis* (6%) y *Pseudohalonestria lignicola* (6%). Al graficar una curva con el número acumulativo de hongos identificados, observaron que la curva alcanzaba la asíntota en 88 muestras por lo que concluyeron que el número de muestras colectados en su estudio era el adecuado para tener una imagen de la diversidad fúngica de su área de estudio.

Luo y colaboradores (2004) realizaron un estudio en el Lago Dianchi, un lago altamente contaminado de la provincia de Yunnan en China. Colectaron 100 trozos de madera cada tres meses durante un año. Registraron 97 hongos, 56 ascomicetes y 41 hongos mitospóricos. Las especies dominantes fueron *Savoryella lignicola* (19%), *Pseudohalonestria lignicola* (17%), *Phaeoisaria clematidis* (11%), *Aniptodera lignicola* (10%), *Dictyosporium heptasporum* (10%) y *Massarina thalassioidea* (10%). No observaron variaciones significativas entre las muestras de diferentes épocas del año.

Se conoce muy poco de los hongos acuáticos de México; Céspedes y Castillo (1982) reportaron 18 especies de hongos, de las cuales únicamente *Rhizophidium keratinophilum* y *Allomyces neomoniliformis* (Chytridiomycota) son considerados hongos actualmente, el resto de las especies fueron Oomycetes.

Otro estudio sobre hongos acuáticos realizado en México es el que realizó Chavarria (2003) en Xochimilco, en el cual registró 7 géneros que incluyen especies dulceacuícolas: *Aniptodera*, *Cirrenalia*, *Mycosphaerella*, *Ophioceras*, *Orbicula*, *Orbilina* y *Trichocladium*.

González y Chavarria (2005) reportaron *Ascotaiwania lignicola*, *Jahnula poonythii*, *Ophioceras commune* y *Savoryella lignicola* por primera vez para México.

No se han realizado estudios sobre los hongos dulceacuícolas en el estado de Tabasco a pesar de la presencia de un sistema fluvial importante como el constituido por los caudales del río Usumacinta, el de mayor longitud de la república, y el río Grijalva, el más caudaloso, que tiene un volumen medio anual de 125 mil millones de m³, que representan el 35% de las corrientes del país, formando un amplio cauce que inunda grandes áreas y origina numerosas lagunas.

3. IMPORTANCIA Y OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

La aportación más importante de este estudio es contribuir al conocimiento de la micobiota de México en general, debido a que apenas se conoce el 3.5% del total estimado de especies de hongos (Guzmán 1998). En particular, este estudio contribuye al conocimiento de la diversidad de hongos dulceacuícolas de México, la cual es mínima (González y Chavarría 2005).

A nivel mundial se aportan registros de especies que permiten conocer más sobre aspectos taxonómicos y biogeográficos del grupo de hongos considerados dulceacuícolas (Hyde y Goh 1998), en especial de regiones tropicales.

Además este estudio proporciona las bases taxonómicas y ecológicas para que posteriores trabajos exploren el uso de los hongos dulceacuícolas como biomonitores y biomarcadores de cambios ambientales debido a su participación a nivel basal en las cadenas de alimentación y el reciclaje de nutrientes (Butterworth 1995; Tsui y Hyde 2003a), así como en estudios de biorremediación y control biológico gracias a la capacidad que tienen algunos hongos para producir metabolitos secundarios que pueden ser utilizados (Wong et al. 1998a; Butt et al. 2001).

Otra contribución importante de este estudio es que por primera vez se utilizan carnadas de madera en donde se combinan diferentes tipos de madera y se toman mediciones de parámetros fisicoquímicos del cuerpo de agua estudiado.

La colocación de carnadas de madera para extraer hongos de los cuerpos de agua ha sido utilizado principalmente en cuerpos de agua lóticos (Jones y Oliver 1964; Shearer y Webster 1985; Sivichai et al. 2000), mientras que en cuerpos de agua lénticos se ha utilizado principalmente la recolección de trozos de madera que se encuentran sumergidos (Hyde y Goh 1998; Cai et al. 2002).

Los únicos estudios sobre la diversidad de hongos dulceacuícolas en los que se comparan diferentes tipos de madera son los realizados por Jones y Oliver (1964) y Sivichai y colaboradores (2000, 2002), ambos en cuerpos de agua lóticos.

Solo un estudio, realizado por Raviraja y colaboradores (1998), relaciona la riqueza de especies de hongos con algunos parámetros fisicoquímicos del agua como pH y temperatura.

Con base en lo planteado anteriormente se considera importante iniciar el estudio de la diversidad de dichos organismos en el estado de Tabasco y este trabajo tiene el siguiente objetivo:

- Evaluar la diversidad de los hongos microscópicos saprobios dulceacuícolas que degradan substratos lignocelulósicos de la Laguna de Las Ilusiones, municipio del Centro, Tabasco, durante un ciclo anual para conocer el grado de conservación de la micobiota, y los factores abióticos que determinan su distribución espacial y temporal.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Descripción del área de estudio

El estado de Tabasco se encuentra en el sureste de la república mexicana, entre los 18° 39' y 17° 15' de latitud norte y los 91° 00' y 94° 07' de longitud oeste. Colinda al norte con el Golfo de México y Campeche; al este con Campeche y la República de Guatemala; al sur con Chiapas y al oeste con Veracruz, tiene una extensión de 24 747 km² (1.3% del total del país) (Fig 1).

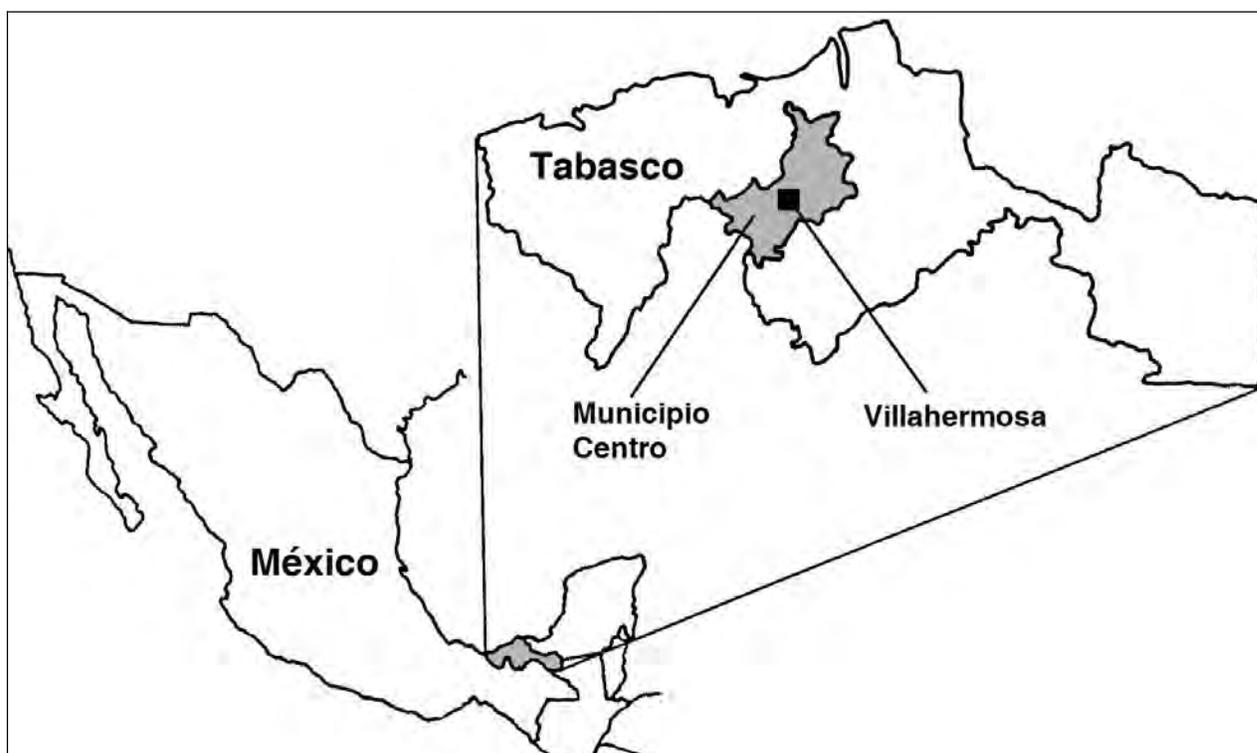


Fig 1 - Ubicación del estado de Tabasco en la República Mexicana.

El estado se encuentra bajo la influencia de climas cálidos con temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura media del mes más frío mayor a 18°C. La precipitación es estacional, el período de lluvia abarca de junio a octubre y presentan dos máximas mensuales: junio (220.5 mm promedio) y septiembre (348.3 mm promedio). La temporada seca ocurre en marzo y abril, el volumen

medio de precipitación es de 40 mm. La humedad relativa fluctúa entre 80% y 86%. El estado se caracteriza por temperaturas elevadas y uniformes, cuya media anual varía de 24 a 28°C; la temperatura máxima se registra en mayo con un valor medio de 28 a 30°C; mientras que la media más baja, entre 21 y 25°C, se presenta en enero. En el estado de Tabasco se localiza la red hidrográfica más compleja del país y se registran las mayores precipitaciones pluviales; el 30% de las aguas superficiales que escurren en el país lo hacen por este estado. En esta región se encuentran dos de los ríos más importantes del país, el Mezcalapa-Grijalva y el Usumacinta, así como parte de las regiones hidrológicas Coatzacoalcos y Grijalva-Usumacinta.

La ciudad de Villahermosa es la capital del estado de Tabasco, situada en las márgenes de los ríos Grijalva y Carrizal entre los 17° 59' de latitud norte y 92° 56' de longitud oeste con una altitud de 10 msnm. La ciudad se localiza en la provincia de la llanura costera del Golfo sur, que cubre la mayor parte del territorio tabasqueño y cuyo relieve está formado principalmente por llanuras. Presenta un clima de tipo Am(f) cálido húmedo con lluvias en verano con temperaturas promedio de 26°C y precipitación media anual de 2 000 mm (INEGI 2001).

La laguna de Las Ilusiones es la laguna más grande de Villahermosa, se originó por contacto y ocupa una extensión de 198.4 ha. Abarca un perímetro lagunar de 26.3 km, tiene 1.8 km de longitud máxima, anchura máxima de 1.1 km, proporción largo/ancho de 1.65 y profundidad promedio de 1.5 m. Presenta estratos de selva alterada como vegetación aledaña y antiguamente se comunicaba con el río El Espejo, siendo hoy día un cuerpo lagunar completo (Rodríguez 2002).

4.2 Muestra

Se realizaron 4 muestreos trimestrales con el objetivo de cubrir un ciclo anual (de octubre de 2005 a octubre de 2006). En el área de estudio se establecieron 10 puntos de muestreo, dichos puntos se eligieron dependiendo del grado de urbanización que presentan las zonas aledañas a la laguna basándose en

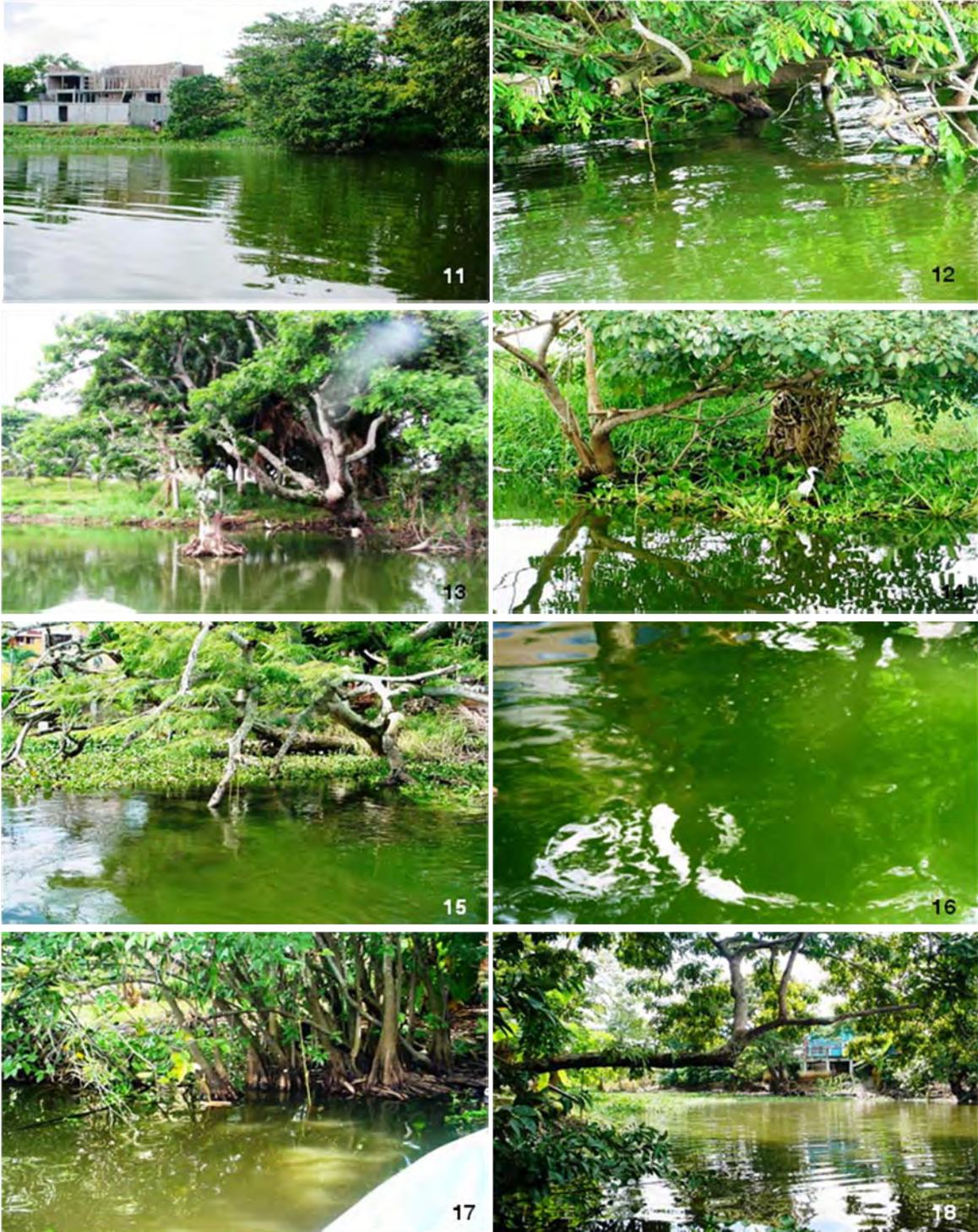
fotografías aéreas a escala 1 : 15 000 (Figs 2 - 27). En cada punto de muestreo se colocaron 8 carnadas, haciendo un total de 80 para todo el estudio. Cada tres meses se recuperaron 2 carnadas de cada punto de muestreo.



Fig 2 - Fotografía aérea de la Laguna Las Ilusiones mostrando las diez estaciones de muestreo.



Figs. 3 – 10. Estaciones de muestreo y aspecto circundante. 3 y 4, Estación 1. 5 y 6, Estación 2. 7 y 8, Estación 3. 9 y 10, Estación 4.



Figs. 11 – 18. Estaciones de muestreo y aspecto circundante. 11 y 12, Estación 5. 13 y 14, Estación 6. 15 y 16, Estación 7. 17 y 18, Estación 8.



Figs. 19 – 26. Estaciones de muestreo y aspecto circundante. 19 y 20, Estación 9. 21 y 22, Estación 10. 23, construcción en la orilla de la laguna. 24, descarga de agua. 25 y 26, arboles caídos durante la época de nortes.

4.3 Extracción de los micromicetes dulceacuícolas

Para obtener los hongos se siguió el método incubación de carnadas de madera (Jones 1976); el cual es un método específico para hongos lignocelulósicos. Las carnadas constan de 4 trozos rectangulares de madera, de 5 cm de ancho por 20 cm de largo y 2 cm de espesor. Para recuperar la mayor riqueza fúngica y determinar si existe alguna preferencia de colonización por parte de los hongos se eligieron 3 tipos de madera tropical, cedro (*Cedrela* sp.), maculiz (*Tabubeia* sp.) y pucté (*Bucida* sp.), y un tipo de madera de clima templado, pino (*Pinus* sp.).

Cada trozo tiene una perforación a 2 cm de un extremo. A través de la perforación se pasa una cuerda de nylon formando un collar con los 4 trozos de madera, el extremo inferior de la cuerda se amarra a un lastre para mantener sumergida la carnada y el extremo superior de la cuerda se amarra a tallos, raíces o plantas de la orilla de la laguna. Los trozos de madera se separan por medio de trozos de manguera de hule de 2 pulgadas de diámetro, colocados a la altura de las perforaciones (Fig 27).

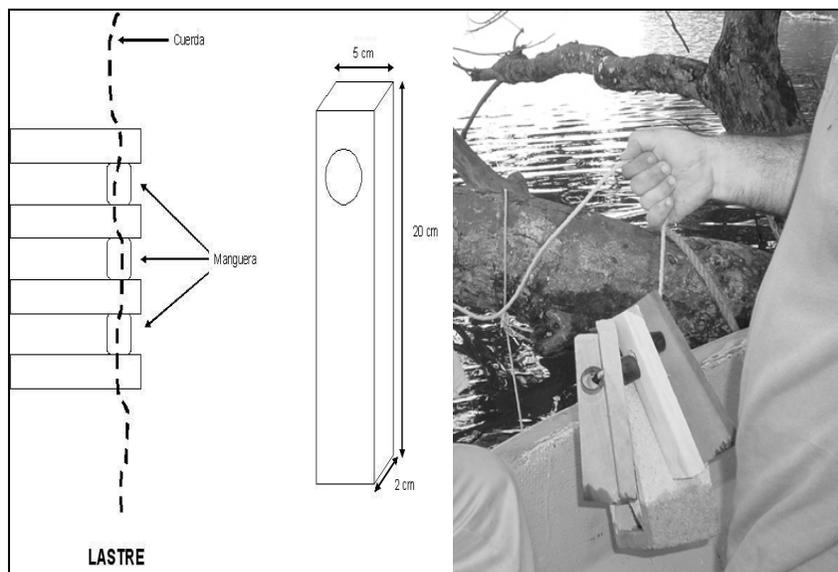


Fig 27 - Diseño de la carnada utilizada para estudiar la diversidad de los hongos microscópicos de la laguna Las Ilusiones.

4.4 Procesamiento de la muestra

Después del período de sumersión, se recuperaron las carnadas y se separaron los trozos de madera; estos se colocaron en bolsas de plástico estériles y se transportaron al laboratorio. En el laboratorio se lavó cada trozo de madera con agua; posteriormente, cada trozo se colocó sobre papel absorbente dentro de una caja de plástico estéril con tapa hermética. Las cámaras húmedas así preparadas se incubaron a temperatura ambiente durante 17 días, después de los cuales se revisó cada trozo de madera con un microscopio estereoscópico para localizar el desarrollo de los hongos. Cuando se consideró necesario se rehidrató cada caja para mantener la humedad relativa constante. Debido a la pérdida de algunas carnadas al finalizar el estudio se analizaron 268 trozos de madera.

4.5 Identificación de los micromicetes

Se realizaron preparaciones microscópicas de las estructuras de cada hongo presente en los trozos de madera para hacer mediciones de las estructuras morfológicas que permitan identificarlos mediante las claves de ascomicetes dulceacuícolas (Cai et al. 2003) y de hifomicetes (Goh y Tsui 2003), además de literatura especializada como artículos, monografías y otros tratados taxonómicos. Los hongos obtenidos se ilustraron con dibujos y fotomicrografías tomadas a una magnificación de 400X y 1 000X con un microscopio Olympus B202 y un microscopio Olympus SZ-PT con magnificación de 10X y 40X y con un microscopio electrónico de barrido.

4.6 Conservación y registro de los micromicetes dulceacuícolas

Para conservar los hongos que se desarrollaron en cada bloque de madera se marcó el lugar donde se encontró el hongo, posteriormente se deshidrató el bloque completo, se refrigeró durante 4 días y por último se incorporó a la Colección de Hongos del Herbario Nacional (MEXU).

4.7 Determinación de algunos parámetros fisicoquímicos

Para determinar las características físicas y químicas del agua, se tomaron muestras en los puntos donde se colocaron las carnadas. Las muestras se colectaron en botellas de plástico de 500 ml, manteniéndose en refrigeración hasta su análisis. Los análisis físicos y químicos aplicados a las muestras de agua fueron los siguientes (APHA 1989):

- pH
- Temperatura del agua
- Oxígeno disuelto
- Materia orgánica por el método de oxidación húmeda
- Ortofosfatos

4.8 Análisis de los datos

Se cuantificaron las incidencias de cada una de las especies registradas a partir de las cuales se calculó: 1) la riqueza de especies y 2) la frecuencia de ocurrencia.

La frecuencia de ocurrencia se calculó a partir del número de bloques de madera en los cuales se presentó una especie en particular dividido entre el número de bloques examinados y expresada como un porcentaje para cada especie (Tsui et al. 2003a).

Para conocer el grado de similitud entre los diferentes puntos de muestreo y los diferentes tipos de madera se utilizó el índice de similitud de Sørensen (Halffter y Ezcurra 1992):

$$S = 2c / a + b \times 100$$

Se utilizó el análisis de correspondencia, efectuado con el programa estadístico STATISTICA versión 7 (StatSoft, Inc. 2004), para determinar si hay dependencia estadísticamente significativa entre las especies y las épocas de muestreo o las estaciones de muestreo y establecer si existe algún patrón en la composición de la comunidad e interpretar dicho patrón con la ayuda de los parámetros ambientales registrados (Gauch 1995). Los datos de frecuencia se transformaron a logaritmo natural para disminuir el efecto de las especies con altos valores de frecuencia. Se descartaron del análisis las especies que presentaron frecuencias bajas o estuvieron presentes solo una vez. En el caso de la distribución temporal se utilizó una matriz de 16X4 observaciones, mientras que para evaluar la distribución espacial se utilizó una matriz de 13X10 observaciones. Los parámetros ambientales utilizados fueron codificados de forma ordinal de mayor a menor, se incluyeron solo para ayudar en la interpretación gráfica de los resultados, no influyeron en el ordenamiento de las especies y sitios de muestreo.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Diversidad de los micromicetes dulceacuícolas de la laguna Las Ilusiones

Se registraron 52 taxa, 29 Ascomycetes anamórficos y 23 Ascomycetes (Tabla 1).

Tabla 1 - Listado taxonómico de las especies registradas en la laguna Las Ilusiones, Tabasco.

Reino Fungi			
Phylum Ascomycota			
Clase Ascomycetes			
Incertae sedis			
	Incertae sedis	Incertae sedis	
			<i>Canalisporium caribense</i> (Hol.-Jech. & Mercado) Nawawi & Kuthub. 1989
			<i>Chaetospermum camelliae</i> Agnihotr. 1962
			<i>Dictyosporium heptasporum</i> (Garov.) Damon 1952
			<i>Ellisembia</i> sp.
			<i>Stachybotrys</i> sp.
			<i>Trichocladium achrasporum</i> (Meyers & R.T. Moore) M. Dixon ex Shearer & J.L. Crane 1971
			<i>Xylomyces chlamidosporus</i> Goos, R.D. Brooks & Lamore 1977
Clase Dothideomycetes			
Subclase Pleosporomycetidae			
	Orden Pleosporales	Familia Tubeufiaceae	<i>Helicomycetes roseus</i> Link
		Incertae sedis	<i>Phoma</i> sp.
Incertae sedis			
	Orden Jahnulales	Familia Aliquandostipitaceae	

Clase Sordariomycetes Subclase Hypocreomycetidae	Orden Hypocreales	Familia Nectriaceae	<i>Aliquandostipite</i> sp. <i>Jahnula</i> sp1. <i>Jahnula</i> sp2.
	Orden Microascales	Familia Halosphaeriaceae	<i>Nectria</i> sp. <i>Ascosacculus heteroguttulatus</i> (S.W. Wong, K.D. Hyde & E.B.G. Jones) J. Campb., J. L. Anderson & Shearer 2003 <i>Aniptodera inflatiascigera</i> K.M. Tsui, K.D. Hyde & Hodgkiss 1997 <i>Aniptodera megalospora</i> K.D. Hyde, W.H. Ho & K.M. Tsui 1999 <i>Aniptodera</i> sp. <i>Nais aquatica</i> K.D. Hyde 1992b <i>Nais inornata</i> Kohlm. 1962 <i>Natantispora retorquens</i> (Shearer & J.L. Crane) J. Campb., J.L. Anderson & Shearer 2003
Subclase Sordariomycetidae	Orden Calosphaeriales	Familia Calosphaeriaceae	<i>Phaeoisaria clematidis</i> (Fuckel) S. Hughes 1958
	Orden Diaporthales	Familia Valsaceae	<i>Phomopsis</i> sp.
	Orden Sordariales	Familia Lasiosphaeriaceae	<i>Bombardia</i> sp. <i>Podospora</i> sp.
		Familia Sordariaceae	<i>Gelasinospora</i> sp.
		Incertae sedis	

			<i>Savoryella lignicola</i> E.B.G. Jones & R.A. Eaton 1969
	Incertae sedis		<i>Ascolacicola</i> sp.
		Familia Magnaporthaceae	
			<i>Ophioceras</i> sp.
Clase Orbiliomycetes			
Subclase			
Orbiliomycetidae			
	Orden Orbiliales		
		Familia Orbiliaceae	
			<i>Monacrosporium</i> sp.
			<i>Arthrobotrys</i> sp.

5.2 Evaluación de la diversidad

Ascosacculus heteroguttulatus fue el taxón más frecuente durante todo el ciclo anual, seguido de *Savoryella lignicola*, *Phaeoisaria clemitidis*, *Podospora* sp., *Xylomyces chlamidosporus* y *Aniptodera* sp. (Tabla 2). Las especies con valores de frecuencia mayores a 20 se consideraron dominantes, las especies con valores entre 10 y 20 se consideraron comunes y las especies con valores menores a 10 se consideraron raras.

La figura 28 muestra la curva de acumulación de especies obtenida a partir de los datos registrados durante un ciclo anual para la laguna de Las Ilusiones; debido a que la curva alcanza la asíntota después de las 150 muestras, el número de muestras examinadas pueden proporcionar una estimación confiable de la comunidad fúngica de la laguna. La figura 29 muestra la distribución de las frecuencias de aparición de las especies registradas, se puede observar que pocas especies fueron dominantes durante todo el estudio y la mayoría presentaron frecuencias bajas. La figura 30 muestra el porcentaje de especies recuperadas por cada tipo de madera; en la madera de pino se registró la mayor riqueza, mientras que en la madera de maculiz se registró la menor riqueza de especies.

Tabla 2 - Frecuencias de aparición de los taxa registrados durante el ciclo anual en la laguna Las Ilusiones, Tabasco.

TAXA	FRECUENCIA		TAXA	FRECUENCIA	
<i>Ascosacculus heteroguttulatus</i>	71.27	Especies Dominantes	<i>Arthrobotrys</i> sp.	0.75	Especies Raras
<i>Savoryella lignicola</i>	47.01		<i>Chaetospermum camelliae</i>	0.75	
<i>Phaeoisaria clematidis</i>	20.90		<i>Dictyosporium heptasporum</i>	0.75	
<i>Podospora</i> sp.	16.04	ascomicete 25	0.75		
<i>Xylomyces chlamidosporus</i>	14.55	ascomicete	0.75		
<i>Aniptodera</i> sp.	12.69	anamórfico 4	0.75		
ascomicete 13	7.46	ascomicete	0.75		
ascomicete	7.09	anamórfico 20	0.75		
anamórfico 5	6.72	ascomicete	0.75		
ascomicete	6.34	anamórfico 24	0.37		
anamórfico 23	5.60	<i>Aniptodera inflatiascigera</i>	0.37		
ascomicete	4.48	<i>Bombardia</i> sp.	0.37		
anamórfico 14	4.10	<i>Ellisembia</i> sp.	0.37		
<i>Trichocladium achrasporum</i>	2.99	<i>Jahnula</i> sp2.	0.37		
<i>Aliquandostipite</i> sp.	2.61	<i>Natantispora retorquens</i>	0.37		
<i>Ascolacicola</i> sp.	2.61	<i>Ophioceras</i> sp.	0.37		
<i>Helicomycetes roseus</i>	2.24	<i>Phomopsis</i> sp.	0.37		
ascomicete 16	1.87	<i>Stachybotrys</i> sp.	0.37		
<i>Nais aquatica</i>	1.49	ascomicete 7	0.37		
<i>Gelasinospora</i> sp.	1.49	ascomicete 18	0.37		
ascomicete	1.49	ascomicete 21	0.37		
anamórfico 27	1.49	ascomicete 26	0.37		
<i>Canalisporium caribense</i>	1.49	ascomicete	0.37		
<i>Jahnula</i> sp1.	1.49	anamórfico 3	0.37		
<i>Nais inornata</i>	1.49	ascomicete	0.37		
ascomicete	1.49	anamórfico 6	0.37		
anamórfico 12	1.49	ascomicete	0.37		
ascomicete	1.49	anamórfico 19	0.37		
anamórfico 16	1.49	ascomicete	0.37		
ascomicete	1.49	anamórfico 25	0.37		
anamórfico 28	1.12	ascomicete	0.37		
<i>Monacrosporium</i> sp.	1.12	anamórfico 26	0.37		
<i>Nectria</i> sp.	1.12	ascomicete	0.37		
		anamórfico 29	0.37		
		ascomicete	0.37		
		anamórfico 30	0.37		

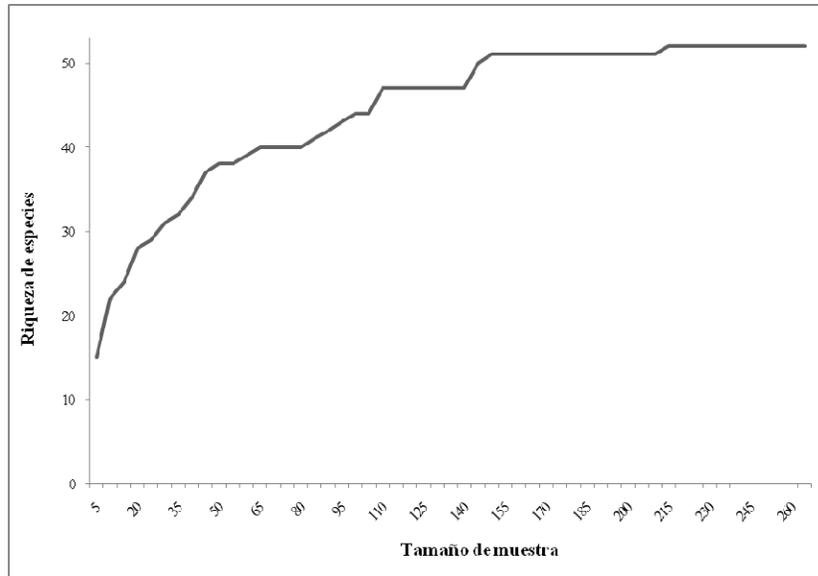


Fig 28 - Curva de acumulación de especies.

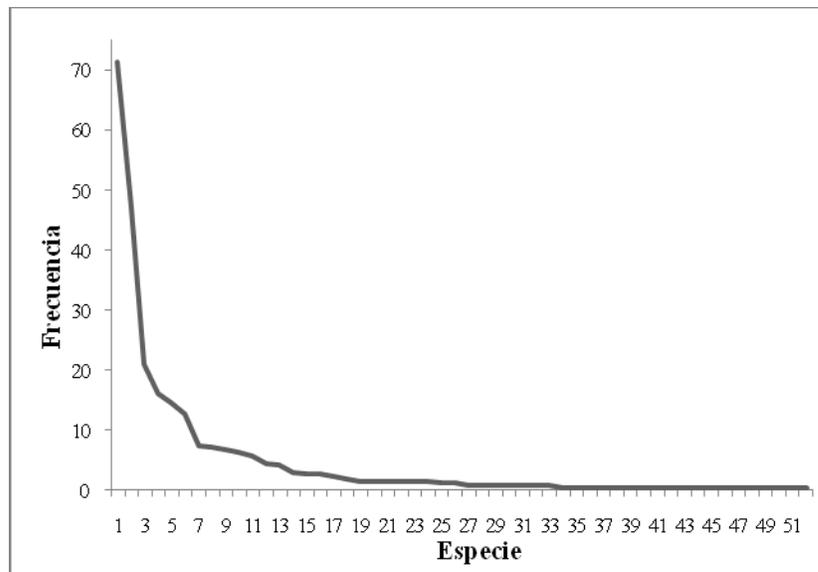


Fig 29 - Curva de distribución de las frecuencias de aparición de las especies registradas en la laguna Las Ilusiones.

La tabla 3 muestra las frecuencias de los taxa registrados en los tipos de madera utilizados. *Ascosacculus heteroguttulatus*, *Savoryella lignicola*, *Xylomyces chlamidosporus*, *Phaeoisaria clematidis*, *Podospora* sp., *Trichocladium achrasporum*, ascomicete anamórfico 14, *Aniptodera* sp., ascomicete 13, ascomicete anamórfico 5, *Ascolacicola* sp. y *Aliquandostipite* sp. fueron registrados en los cuatro tipos de madera utilizados.

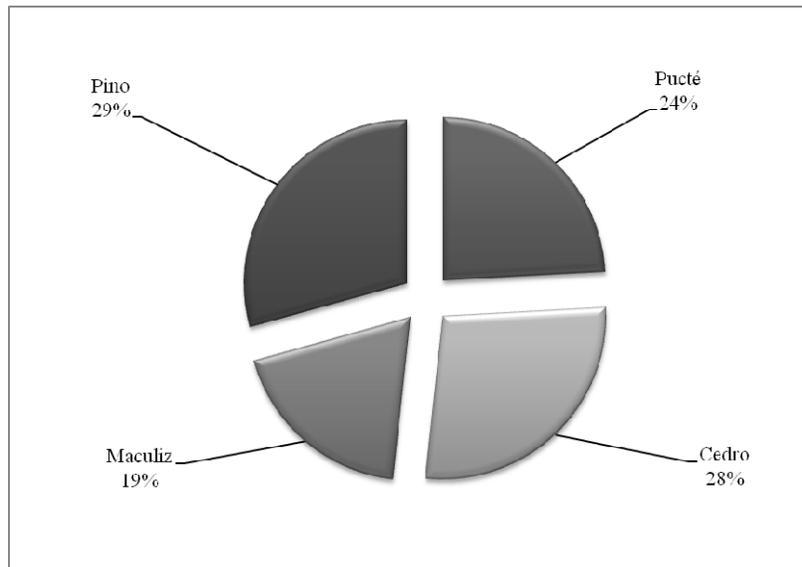


Fig 30 - Porcentaje de especies registradas en cada tipo de madera utilizado.

En la madera de pucté los taxa dominantes fueron: *Ascosacculus heteroguttulatus*, *Savoryella lignicola*, *Xylomyces chlamidosporus*, *Phaeoisaria clematidis*, *Podospora* sp.; no se registraron taxa con valores de frecuencia considerados comunes. En la madera de cedro los taxa dominantes fueron: *Ascosacculus heteroguttulatus* y *Savoryella lignicola*; los taxa comunes fueron: *Aniptodera* sp., *Phaeoisaria clematidis*, *Podospora* sp., *Xylomyces chlamidosporus* y ascomicete anamórfico 14. En la madera de maculiz los taxa dominantes fueron: *Ascosacculus heteroguttulatus* y *Savoryella lignicola*; los taxa comunes fueron: *Phaeoisaria clematidis*, *Aniptodera* sp., ascomicete anamórfico 23 y *Aliquandostipite* sp. En la madera de pino los taxa dominantes fueron: *Ascosacculus heteroguttulatus* y *Savoryella lignicola*; los taxa comunes fueron: *Phaeoisaria clematidis* y *Aniptodera* sp..

Tabla 3 – Frecuencias de aparición de los taxa registrados durante el ciclo anual en la laguna Las Ilusiones, Tabasco.

Taxa	Pucté	Cedro	Maculiz	Pino	Taxa	Pucté	Cedro	Maculiz	Pino
<i>Ascosacculus heteroguttulatus</i>	39.71	79.10	79.10	76.12	ascomicete 25	1.47	0.00	0.00	1.49
<i>Savoryella lignicola</i>	32.35	58.21	43.28	53.73	ascomicete anamórfico 6	0.00	0.00	0.00	1.49
<i>Phaeoisaria clematidis</i>	27.94	16.42	19.40	19.40	ascomicete anamórfico 19	0.00	0.00	0.00	1.49
<i>Aniptodera sp.</i>	7.35	19.40	13.43	10.45	ascomicete anamórfico 26	0.00	0.00	0.00	1.49
ascomicete anamórfico 5	4.41	5.97	8.96	8.96	ascomicete 7	0.00	0.00	0.00	1.49
ascomicete 13	7.35	5.97	7.46	8.96	<i>Jahnula sp2.</i>	0.00	0.00	0.00	1.49
ascomicete 16	0.00	2.99	2.99	7.46	ascomicete 18	0.00	0.00	0.00	1.49
ascomicete anamórfico 23	7.35	0.00	11.94	5.97	<i>Aniptodera inflatiascigera</i>	0.00	0.00	0.00	1.49
<i>Podospora sp.</i>	25.00	16.42	8.96	5.97	<i>Gelasinospora sp.</i>	2.94	2.99	1.49	0.00
<i>Ascolacicola sp.</i>	2.94	2.99	4.48	5.97	ascomicete anamórfico 28	1.47	2.99	1.49	0.00
ascomicete anamórfico 14	7.35	10.45	1.49	5.97	ascomicete anamórfico 3	0.00	0.00	1.49	0.00
<i>Aliquandostipite sp.</i>	2.94	5.97	10.45	4.48	ascomicete anamórfico 4	0.00	2.99	0.00	0.00
<i>Nais aquatica</i>	0.00	4.48	1.49	4.48	<i>Dictyosporium heptasporum</i>	1.47	1.49	0.00	0.00
ascomicete anamórfico 12	0.00	1.49	0.00	4.48	<i>Artrrobotrys sp.</i>	1.47	1.49	0.00	0.00
<i>Nais inornata</i>	0.00	1.49	0.00	4.48	ascomicete anamórfico 24	1.47	1.49	0.00	0.00
<i>Xylomyces chlamidosporus</i>	30.88	11.94	4.48	2.99	<i>Ellisemia sp.</i>	0.00	1.49	0.00	0.00
<i>Trichocladium achrasporum</i>	8.82	5.97	4.48	2.99	ascomicete anamórfico 16	0.00	1.49	0.00	0.00
ascomicete anamórfico 27	0.00	2.99	1.49	2.99	ascomicete anamórfico 25	0.00	1.49	0.00	0.00
<i>Jahnula sp1.</i>	0.00	2.99	0.00	2.99	ascomicete anamórfico 29	0.00	1.49	0.00	0.00
ascomicete anamórfico 20	0.00	0.00	0.00	2.99	ascomicete 21	0.00	1.49	0.00	0.00
<i>Ophioceras sp.</i>	0.00	0.00	2.99	1.49	<i>Helicomycetes roseus</i>	2.94	0.00	0.00	0.00
<i>Nectria sp.</i>	0.00	1.49	1.49	1.49	<i>Phomopsis sp.</i>	1.47	0.00	0.00	0.00
ascomicete 26	1.47	0.00	1.49	1.49	<i>Stachybotrys sp.</i>	1.47	0.00	0.00	0.00
<i>Canalisporium caribense</i>	2.94	1.49	0.00	1.49	<i>Bombardia sp.</i>	1.47	0.00	0.00	0.00
<i>Monacrosporium sp.</i>	1.47	1.49	0.00	1.49	<i>Chaetospermum camelliae</i>	1.47	0.00	0.00	0.00
<i>Natantispora retorquens</i>	1.47	0.00	0.00	1.49	ascomicete anamórfico 30	0.00	0.00	0.00	1.49

La tabla 4 muestra el índice de Shannon calculado para cada tipo de madera. La tabla 5 muestra los valores del índice de similitud de Sørensen calculados para las estaciones de muestreo.

Tabla 4 - Valores del índice de Shannon (H') y equitatividad (J') obtenidos en cada tipo de madera en la laguna Las Ilusiones, Tabasco.

	Pucté	Cedro	Maculiz	Pino
H'	2.702	2.909	2.454	2.879
J'	0.82	0.825	0.806	0.81

Tabla 5 - Índice de similitud de Sørensen calculado para comparar los tipos de madera en la laguna Las Ilusiones, Tabasco

Maderas comparadas	Índice de similitud
Pucté-Cedro	64.52
Pucté-Maculiz	58.82
Pucté-Pino	59.38
Cedro-Maculiz	65.45
Cedro-Pino	64.71
Maculiz-Pino	66.67

En la tabla 6 se compara la diversidad y las especies fúngicas registrada en 5 cuerpos lénticos de regiones tropicales y subtropicales, incluyendo la laguna Las Ilusiones. La riqueza de la laguna Las Ilusiones (N = 52 especies) fue menor que la registrada en el lago Dianchi, en el lago Fuxian y en la ensenada Plover (N = 97, 64 y 57, respectivamente). En el caso de los lago Fuxian y Dianchi podría deberse a que el número de muestras examinadas en ambos cuerpos de agua es mayor (300 y 600, respectivamente) al número de muestras examinadas en la laguna Las Ilusiones (268), aunque debido a que la curva de acumulación de especies de la laguna Las Ilusiones (Fig 28) alcanza la asíntota después de las 150 muestras, se puede sugerir que el número de muestras examinadas proporciona una estimación confiable de la comunidad fúngica de la laguna. La mayor diversidad registrada en la ensenada Plover, a pesar de tener un número menor de muestras examinadas puede deberse a su naturaleza, ya que dicho cuerpo de agua originalmente contenía agua salobre y fue aislado para contener agua dulce la cual es recibida por escurrimiento natural y a través de bombeo desde corrientes cercanas. La menor riqueza registrada en el lago Barrine (N = 39) puede deberse a que examinaron solo 100 muestras.

Tabla 6 - Comparación de la comunidad fúngica de la laguna Las Ilusiones con las comunidades de otros cuerpos de agua estudiados previamente.

	Las Ilusiones	Fuxian	Dianchi	Barrine	Plover
Ubicación geográfica	Tropical	Subtropical	Subtropical	Tropical	Subtropical
Ascomicetes	23	35	56	15	17
Discomicetes	0	0	0	1	0
Anamorfos	29	29	41	23	40
Número de muestras	268	300	600	100	100
Especies más comunes en cada cuerpo de agua	<i>Ascosacculus heteroguttulatus</i> (71.27%) <i>Savoryella lignicola</i> (47.01%) <i>Phaeoisaria clematidis</i> (20.90%) <i>Podospora</i> sp. (16.40%) <i>Xylomyces chlamidosporus</i> (14.55%) <i>Aniptodera</i> sp. (12.69%)	<i>Dictyosporium heptasporum</i> (15%) <i>Savoryella lignicola</i> (10%) <i>Aniptodera chesapeakeensis</i> (9%) <i>Massarina thalassioidea</i> (6%) <i>Phaeoisaria clematidis</i> (6%) <i>Pseudohaloneria lignicola</i> (6%)	<i>Savoryella lignicola</i> (19%) <i>Pseudohaloneria lignicola</i> (17%) <i>Phaeoisaria clematidis</i> (11%) <i>Aniptodera lignicola</i> (10%) <i>Dictyosporium heptasporum</i> (10%) <i>Massarina thalassioidea</i> (10%)	<i>Candelabrum brocchiatum</i> (41%) <i>Trichocladium linderi</i> (11%) <i>Canalisporium pulchrum</i> (9%) <i>Pleurothecium recurvatum</i> (8%) <i>Helicosporium griseum</i> (7%)	<i>Kirschteiniotelia elaterascus</i> (70%) <i>Didymella aptrootii</i> (14%) Coelomycete (12%)
Especies compartidas con Las Ilusiones		(7) <i>Dictyosporium heptasporum</i> <i>Savoryella lignicola</i> <i>Phaeoisaria clematidis</i> <i>Xylomyces chlamydo-sporis</i> <i>Nais inornata</i> <i>Halosarpheia retorquens</i> <i>Nais aquatica</i>	(5) <i>Natantispora retorquens</i> <i>Nais inornata</i> <i>Savoryella lignicola</i> <i>Phaeoisaria clematidis</i> <i>Xylomyces chlamydo-sporus</i>	(4) <i>Savoryella lignicola</i> <i>Phaeoisaria clematidis</i> <i>Halosarpheia heteroguttulata</i> <i>Helicomycetes roseus</i>	(5) <i>Halosarpheia heteroguttulata</i> <i>Phaeoisaria clematidis</i> <i>Canalisporium caribense</i> <i>Nais aquatica</i>
Riqueza	52	64	97	39	57

Otro factor que puede ayudar a explicar la mayor riqueza en los lagos Dianchi y Fuxian y en la ensenada Plover es su ubicación en regiones subtropicales, las que pueden albergar tanto especies templadas como tropicales (Vijaykrishna y Hyde 2006), mientras que la laguna Las Ilusiones y el lago Barrine se encuentran en regiones tropicales.

Dentro de la comunidad fúngica de la laguna Las Ilusiones se encontraron especies ampliamente distribuidas como *Savoryella lignicola* (Shearer 1993, Cai et al. 2003), aunque se compartieron pocas especies con los otros estudios: 7 con el lago Fuxian, 5 con el lago Dianchi y 4 con la ensenada Plover y con el lago Barrine. Se ha observado que hay poco solapamiento de especies entre comunidades fúngicas de lugares geográficamente no relacionados o regiones climáticamente diferentes (Luo et al. 2004), además de atributos físicos como temperatura, concentración de oxígeno disuelto, estado perenne del cuerpo de agua, tamaño del cuerpo de agua, grado de sombreado de la vegetación circundante y tiempo de sumersión del substrato colectado (Vijaykrishna y Hyde 2006).

Al comparar las especies registradas en una misma especie de bambú sumergido en una región tropical y una templada solo coincidieron dos especies (Cai et al. 2006), por lo que se esperaba que pocas especies registradas en la laguna Las Ilusiones fueran similares a las especies registradas en los cuerpos de agua estudiados en el hemisferio oriental.

En la laguna Las Ilusiones se registraron 23 Ascomycetes y 29 Ascomycetes anamórficos. El número de ascomicetes siempre es menor que el de hongos anamórficos en muestras sumergidas en cuerpos de agua lenticos en regiones tropicales y subtropicales (Vijaykrishna y Hyde 2006), mientras que en cuerpos de agua loticos las especies más comunes son ascomicetes. Esto sugiere que algunos hongos que producen estados sexuales tienen un papel principal en la degradación de madera en ríos, mientras que hongos que producen estados asexuales son más importantes en lagos (Hyde y Goh 1998).

Aunque la comparación detallada de la diversidad de especies entre lugares diferentes es difícil debido a la utilización de diferentes tipos de madera, de diferentes tamaños de los bloques y a la variación en el tiempo de muestreo (Sivichai et al. 2000), los resultados muestran la diversidad en el momento de muestreo y bajo las condiciones de incubación usadas y proporcionan una idea de los hongos que degradan la madera sumergida en los cuerpos de agua estudiados.

En la laguna Las Ilusiones las especies dominantes fueron *Ascosacculus heteroguttulatus*, *Savoryella lignicola*, *Phaeoisaria clematidis*, *Podospora* sp., *Xylomyces chlamidosporus* y *Aniptodera* sp. (Tabla 2).

Ascosacculus heteroguttulatus (Figs. 31 - 40) ha sido reportada principalmente de cuerpos de agua loticos tropicales en Australia, Brunei, Hong Kong, Mauricio, Filipinas, Sudáfrica (Wong et al. 1998b), Venezuela (Shearer 2002) y Costa Rica (Campbell et al. 2003), y subtropicales en Florida (Campbell et al. 2003). En el presente estudio se hace el segundo reporte en un cuerpo de agua lentic tropical; anteriormente se reportó en el lago Barrine, un cuerpo de agua tropical, y en la ensenada Plover, un cuerpo de agua subtropical. En la laguna Las Ilusiones esta especie fue la más frecuente mientras que en el lago Barrine tuvo una frecuencia baja (1%) y en la ensenada Plover fue la cuarta especie más frecuente (11%).

El género *Ascosacculus* fue segregado de *Halosarpheia* basándose en datos moleculares (Campbell et al. 2003). *A. heteroguttulatus* se caracteriza por tener peritecios globosos a subglobosos que pueden estar inmersos o sobre el substrato, negros, de consistencia membranosa, ostiolados, papilados, con perifisis y cuello largo; presentan catenofisis; forman ascas que se deshacen rápidamente y que contienen ocho ascosporas; las ascosporas son elipsoidales, hialinas, con un septo cuya célula apical contiene una o dos gúttulas grandes de lípidos y la célula basal contiene muchas gúttulas pequeñas (Wong et al. 1998b).

Aniptodera inflatiascigera (Figs. 41 – 48) ha sido reportada de ambientes loticos tropicales de Hong Kong y Filipinas (Tsui et al. 1997, 2001) y lénticos subtropicales de Florida (Raja y Shearer 2008); esta es la primera vez que se reporta en un ambiente lentic tropical fuera de Asia, lo cual es importante ya que permite conocer más sobre la distribución de esta especie que aparentemente era restringida.

Aniptodera inflatiascigera se caracteriza por formar peritecios globosos que pueden ser superficiales o estar parcialmente inmersos, pueden formarse individualmente o en grupos, tienen consistencia membranosa y pueden ser hialinos o de color grisáceo, tienen cuello hialino largo, cilíndrico o cónico con

perifisis con catenofisis presentes; las ascas contienen ocho ascosporas son de forma clavada, unitunicadas, con pared delgada y al madurar se hinchan; las ascosporas son de pared gruesa, bicelulares, elipsoidales, hialinas y pueden o no tener apéndices delgados en los polos (Tsui et al. 1997). La diferencia principal entre esta y otras especies del género es el mayor tamaño de las ascas y su forma globosa al madurar en lugar de la forma clavada que presentan las otras especies, y de igual forma, el mayor tamaño de las ascosporas y el grosor de la pared de estas.

Aliquandostipite (Figs. 49 – 53) es un género que se caracteriza por la presencia de hifas gruesas, la formación de ascomas sésiles o pedicelados que pueden estar inmersos en el substrato o crecer superficialmente, dentro del peritecio se forman pseudoparafisis; sus ascas son bitunicadas, fisitunicadas, contienen 8 ascosporas de forma ovalada bicelulares constreñidas en el septo, lisas de color café claro y gutuladas, están rodeadas de una vaina gelatinosa que se expande gradualmente después de la liberación de la ascospora (Inderbitzin et al. 2001). Esta es la primera vez que se reporta una especie de este género en un ambiente lentic, ya que las especies conocidas han sido reportadas de ambientes loticos en regiones templadas y tropicales (Raja et al. 2005, Shearer 2002). La especie encontrada en la laguna Las Ilusiones presenta características diferentes a las ya descritas por lo que puede ser una nueva especie.

Savoryella lignicola (Figs. 54 - 57) fue descrita de madera de sumergida en una torre de enfriamiento en el Reino Unido (Jones y Eaton 1969) y ha sido reportada en corrientes templadas de Estados Unidos y Canadá (Shearer 2002), tropicales en Hong Kong (Ho et al. 2002), Australia (Hyde 1993, Vijaykrishna y Hyde 2006), Brunei, India, Japón, Malasia, Filipinas, Singapur, Sri Lanka y Tailandia (Ho et al. 1997), Venezuela (Shearer 2002) y subtropicales en China (Cai et al. 2006). En la laguna Las Ilusiones esta especie fue la segunda más frecuente durante todo el año de estudio, en el lago Fuxian también fue la segunda especie más frecuente mientras que en el lago Dianchi fue la especie más frecuente. Se considera que esta especie tiene una distribución amplia (Luo et al. 2004), este reporte contribuye a reforzar esa observación.

La especie se caracteriza por tener peritecios que crecen total o parcialmente inmersos en el substrato, con base globosa o elipsoidal, ostiolados, papilados, de color café claro a oscuro, de consistencia membranosa, cuello largo y con perifisis; forman ascas clavadas, unitunicadas, persistentes, con un engrosamiento apical no amiloide que contiene un poro; las ascosporas son elipsoidales, triseptadas, no constreñidas en los septos, con células centrales de color café y células apicales más pequeñas y hialinas (Jones y Eaton 1969). Es considerada un colonizador temprano y se ha observado que forma bolsas de pudrición blanda debajo y alrededor de la colonia (Jones y Hyde 1992).

Podospora sp. (Figs. 58 y 59) es un género que se caracteriza por estar asociado a contaminación orgánica en los cuerpos de agua (Bell 1983), su presencia en la laguna Las Ilusiones como una especie común es indicador de que este cuerpo de agua recibe descargas con desechos orgánicos, lo cual se comprobó visualmente durante los recorridos al observar desagües clandestinos que eran abiertos temporalmente. En el lago Dianchi, donde se registraron especies de este género, se considera que la calidad del agua está deteriorada debido al enriquecimiento orgánico por contaminación (Luo et al. 2004).

Phaeoisaria clematidis (Figs. 60 y 61) ha sido reportada en un río en Maryland (Shearer 1972), y lagos y pantanos en Illinois (Shearer y Crane 1986), en ríos tropicales en Tailandia (Sivichai et al. 2000, 2002), Hong Kong (Tsui et al. 2001) y Brunei (Fryar et al. 2004) y subtropicales en Hong Kong (Tsui et al. 2001) y China (Cai et al. 2006). Esta especie fue reportada en los 5 cuerpos de agua lenticos comparados; en la laguna Las Ilusiones fue la tercer especie más frecuente, mientras que en el lago Fuxian, el lago Dianchi y la ensenada Plover estuvo entre las 5 especies más frecuentes; y aunque en el lago Barrine fue una especie rara se puede considerar un miembro común de la micota dulceacuícola en regiones tropicales y subtropicales.

Phaeoisaria clematidis se caracteriza por formar sinemas delgadas con células conidiógenas insertadas lateralmente en toda la superficie de las hifas; los conidios se forman en dentículos pequeños que se encuentran en la parte apical

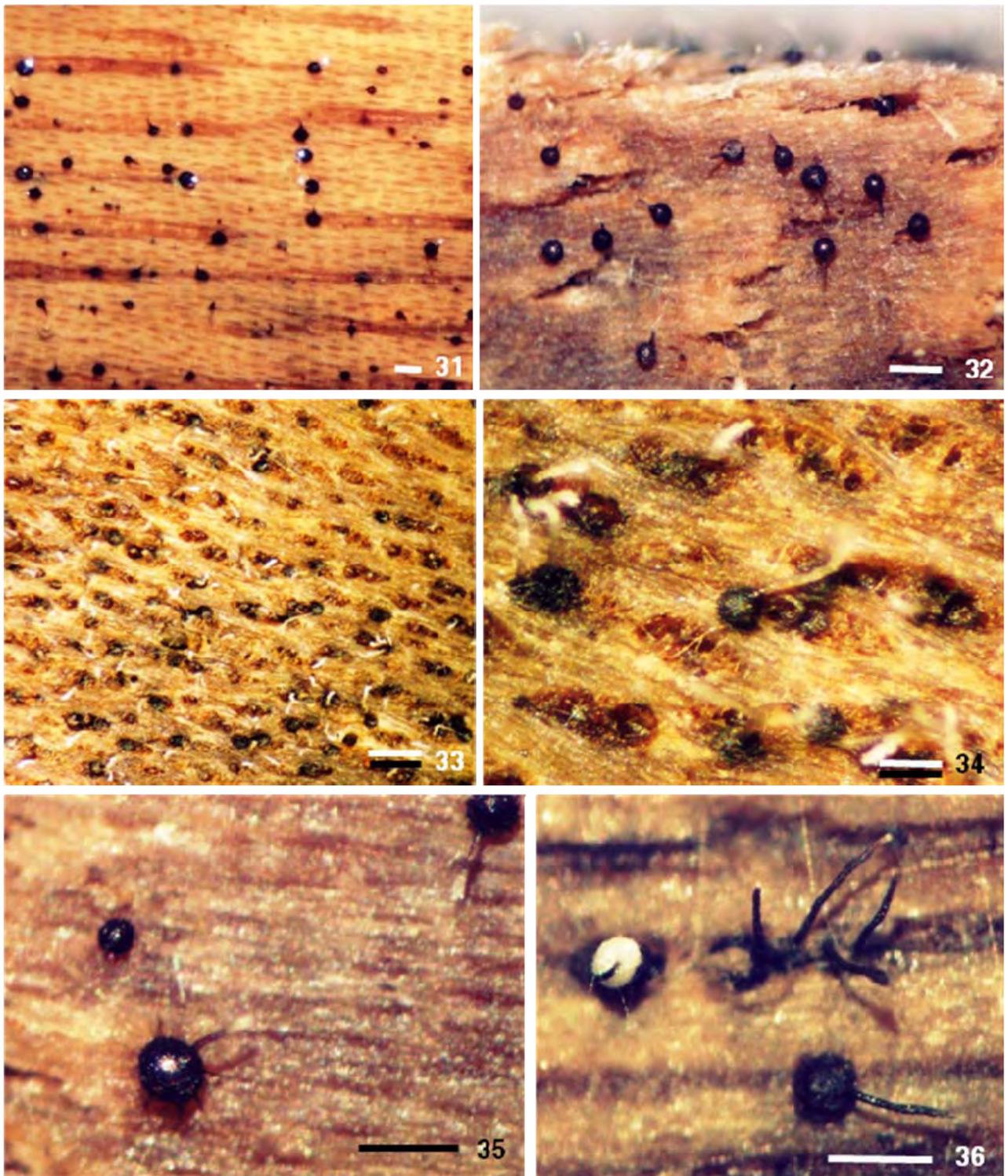
de la célula conidiógena, son lisos, fusiformes, subhialinos y de pared delgada (Hughes 1958).

Xylomyces chlamidosporus (Figs. 62 y 63) ha sido reportada anteriormente de ríos templados en Estados Unidos (Goos et al. 1977, Lamore y Goos 1978), tropicales en Tailandia (Sivichai et al. 2000), Brunei (Goh et al. 1997b, Fryar et al. 2004) y subtropicales en Hong Kong (Tsui et al. 2001). En la laguna Las Ilusiones *Xylomyces chlamidosporus* fue una especie común y fue reportada como rara en los lagos Fuxian y Dianchi.

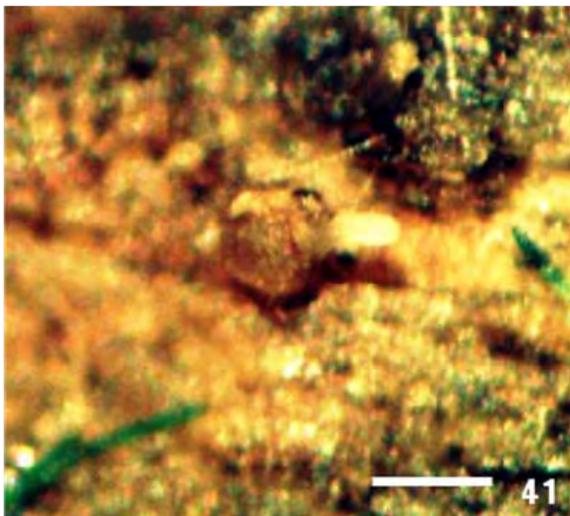
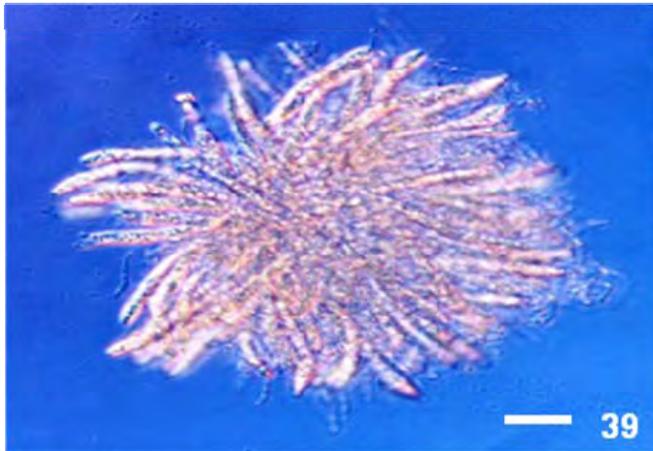
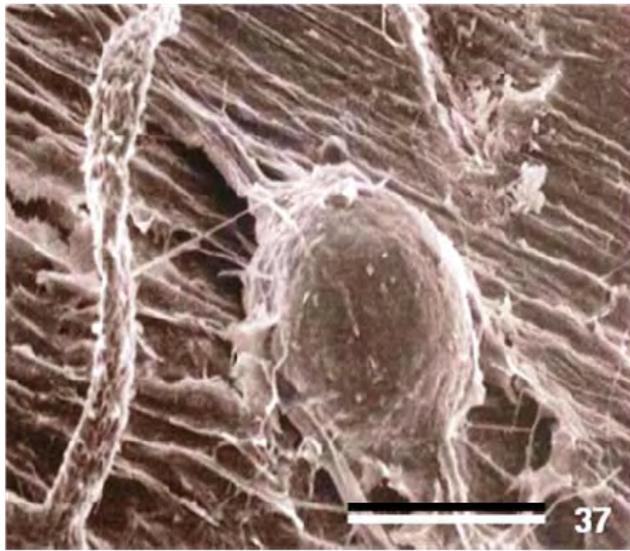
Esta es la especie tipo del género, se caracteriza por producir clamidosporas oscuras, fusiformes, intercalares y multiseptadas, constreñidas en los septos, pueden ser rectas o curvadas y pueden formarse solitariamente o en cadenas (Goos et al. 1977); superficialmente parecen un fragmoconidio pero tienen un modo de ontogenia diferente (Goh et al. 1997b). En un estudio filogenético utilizando secuencias 18S y 28S de rDNA *X. chlamidosporus* se agrupó con especies del género *Jahnula* (Campbell et al. 2007), el cual contiene especies que solo se encuentran en ambientes dulceacuícolas.

Chaetospermum camellie (Figs. 64 y 65) es un hongo fitopatógeno que ha sido reportado principalmente de regiones tropicales y subtropicales como un miembro común de la microbiota que se desarrolla en diferentes tipos de palmas (Farr et al. 2007); está relacionada filogenéticamente con miembros de la familia de basidiomicetes *Sebacinaceae* (Rungjindamai et al 2008). Esta es la primera vez que se reporta en un estudio de hongos dulceacuícolas; fue registrada solamente en un muestreo y en dos estaciones su presencia puede deberse a que alguno de sus hospederos está presente en la ribera de la laguna y no indica que sea un miembro de la microbiota dulceacuícola.

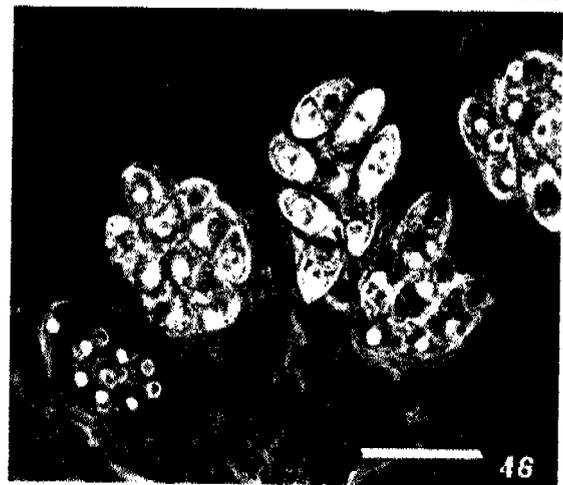
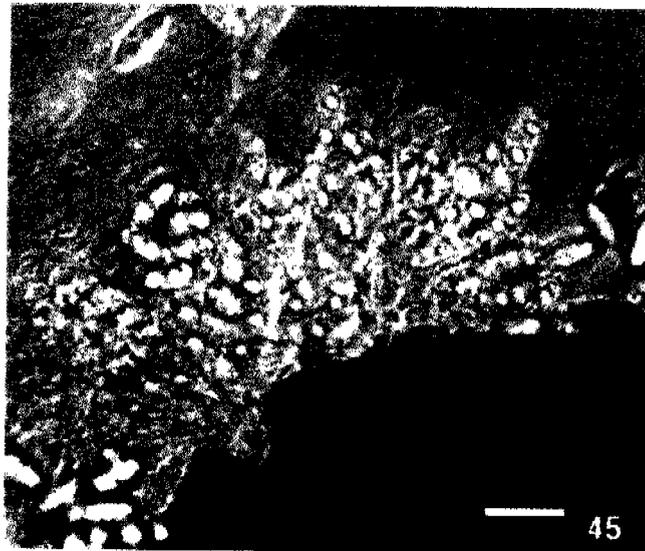
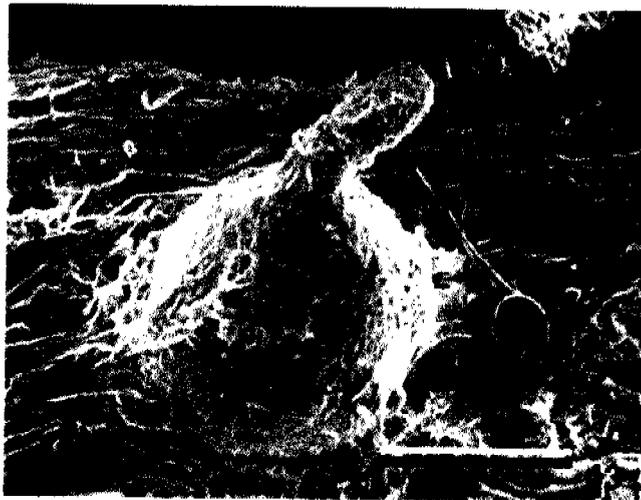
En la laguna Las Ilusiones la curva de acumulación de especies (Fig 28) alcanzó la asíntota antes de las 150 muestras, lo que indica que el número de muestras revisadas fue el adecuado y permite conocer la mayor parte de la riqueza de especies de hongos lignocelulósicos presentes en esta laguna. En otros estudios las curvas de acumulación de especies alcanzan la asíntota entre las 50 (Ho et al. 2002) y las 100 (Luo et al. 2004) muestras revisadas.



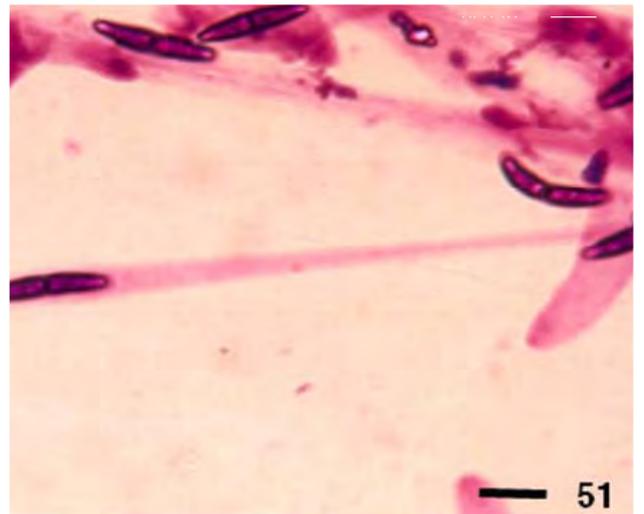
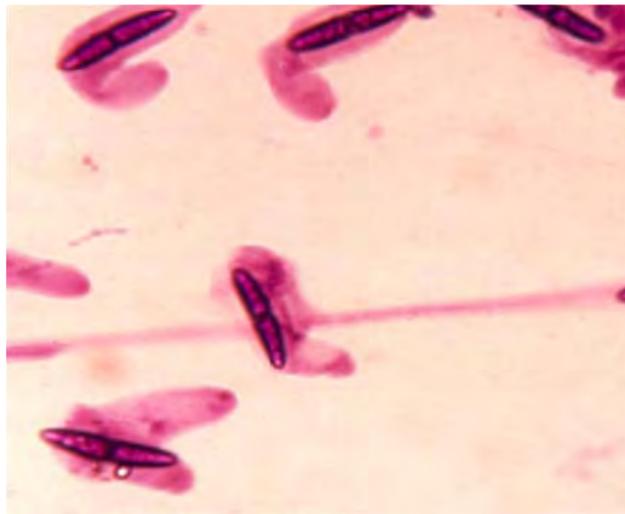
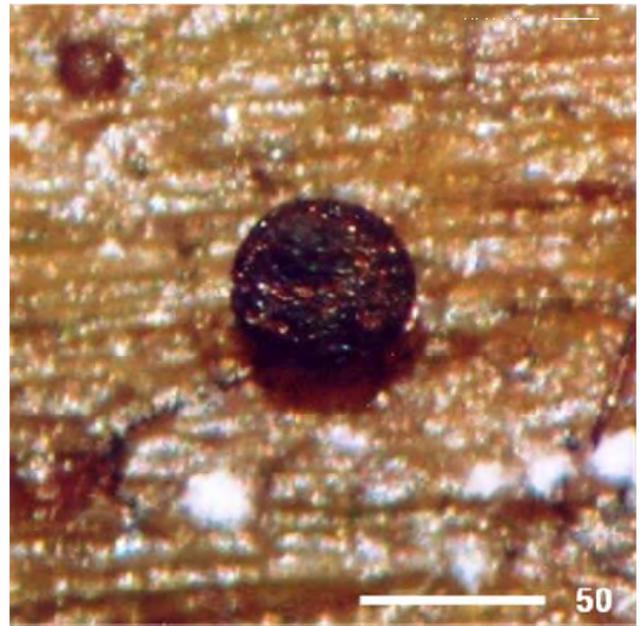
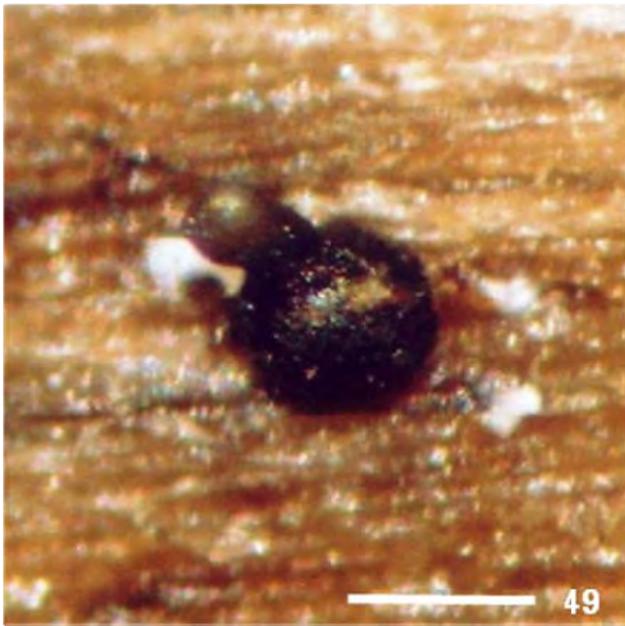
Figs 31 - 36 *Ascosacculus heteroguttulatus*. 31. Ascomas sobre madera de pino. 32. Ascomas superficiales sobre madera de cedro. 33. Ascomas semi-inmersos en madera de cedro. 34. Ascomas semi-inmersos en madera de cedro. 35. Ascomas superficiales sobre madera de maculiz. 36. Ascomas inmersos en madera de maculiz y cuello de ascosporas. Barras 31 = 300 μ m, 32 = 350 μ m, 33 = 300 μ m, 34 = 250 μ m, 35 = 300 μ m, 36 = 200 μ m.



Figs. 37 - 42. *Ascosacculus heteroguttulatus*. 37. Ascoma sobre madera. 38. Ascoma subgloboso con base pigmentada y cuello hialino. 39. Centrum. 40. Ascosporas con dos gúttulas en la célula basal. *Aniptodera inflatiscigera*. 41. Ascoma sobre madera. 42. Ascoma hialino. Barras 37 = 100 μ m, 38 = 100 μ m, 39 = 40 μ m, 40 = 20 μ m, 41 = 200 μ m, 42 = 100 μ m.

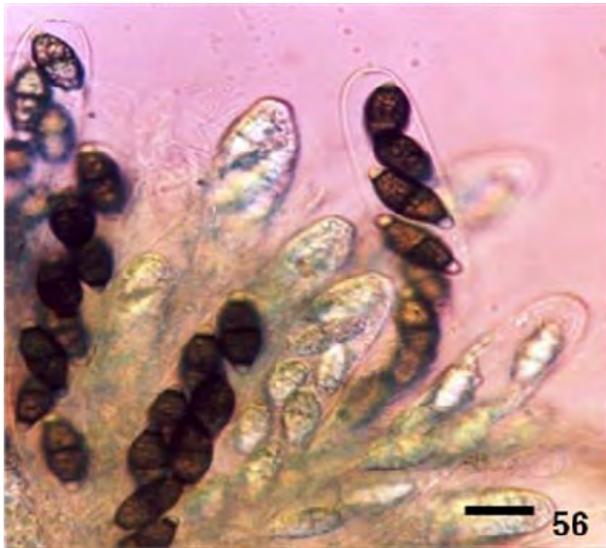
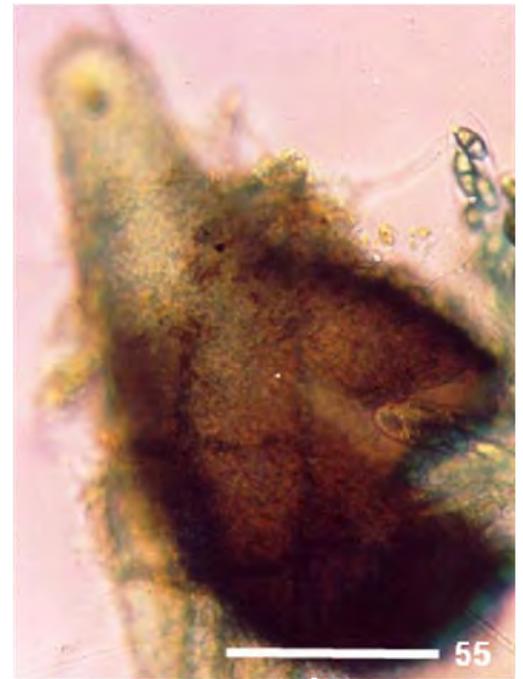


Figs 43 - 48. *Aniptodera inflatascigera*. 43. Ascoma sobre madera. 44. Cuello cónico con perifisis y ascosporas. 45. Centrum. 46. Ascis con esporas en diferente grado de madurez. 47. Ascas hinchadas. 48. Aecospora con pared gruesa.
 Barras 43 = 200 μ m 44 = 60 μ m, 45 = 30 μ m, 46 = 30 μ m, 47 = 60 μ m, 48 = 15 μ m.

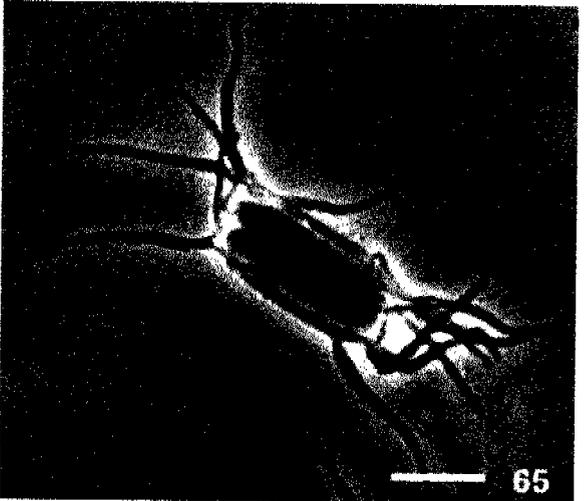
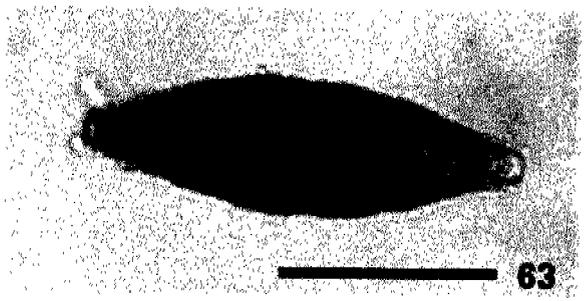
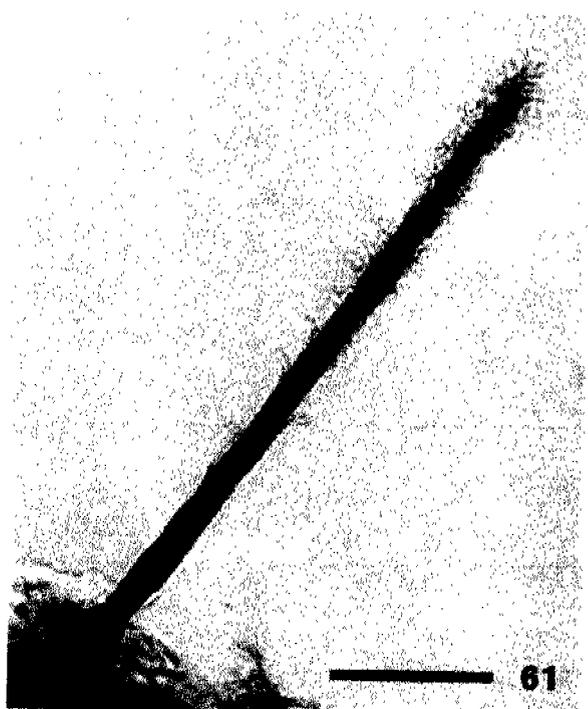


Figs 49 - 53. *Aliquandostipite* sp. 49 y 50. Ascorna sobre madera. 51. Ascosporas con cubierta gelatinosa flexible. 52. Ascosporas con cubierta gelatinosa fusiforme. 53. Ascospora con estreñida en el septo sin cubierta gelatinosa.

Barras 55 y 56 = 300 μ m, 57 = 30 μ m, 58 = 20 μ m, 59 = 30 μ m.



Figs. 54 - 59. *Savoryella lignicola*. 54. Ascomas sobre madera. 55. Ascomas con base elipsoidal. 56. Ascas con ascosporas en diferentes grados de madurez. 57. Ascosporas. *Podospora* sp. 58. Ascomas sobre madera. 59. Ascosporas.
 Barras 54 = 350 μ m, 55 = 200 μ m, 56 = 20 μ m, 57 = 10 μ m, 58 = 350 μ m, 59 = 50 μ m



Figs. 60 - 65. *Phaeosaria clematidis*. 60. Colonia sobre madera. 61. Sinema. *Xylomyces ehlamydosporus*. 62. Clamidosporas. 63. Clamidospora *Chaetospermum camelliae*. 64. Picnidio sobre madera. 65. Conidio con varios apéndices apicales.
 Barras 60= 450 μ m, 61= 200 μ m, 62= 100 μ m, 63 = 100 μ m, 64 = 100 μ m, 65= 10 μ m.

A partir de la curva de distribución de las frecuencias de aparición de las especies (Fig 29), se puede considerar que la comunidad fúngica de la laguna Las Ilusiones se encuentra en equilibrio ya que presenta muchas especies raras y relativamente pocas especies comunes y dominantes; una distribución equitativa de los individuos entre los grupos de especies está asociada con un comportamiento no equilibrado producido por algún tipo de perturbación (Pachepsky et al. 2001).

En la laguna Las Ilusiones 3 especies fueron dominantes y 3 especies fueron comunes durante todo el estudio, por lo que se puede considerar una comunidad en equilibrio, a pesar del alto impacto que tiene la actividad humana en dicho cuerpo de agua. La presencia de una especie del género *Podospora* como especie común es un indicador de que la calidad del agua de la laguna está deteriorada debido al enriquecimiento orgánico producido por descargas clandestinas de agua. Una situación parecida se observó en el lago Dianchi, donde especies asociadas a la contaminación orgánica y aguas de desecho de los géneros *Cercophora* sp., *Gelasinospora* sp., *Lasiosphaeria* sp. y *Podospora* sp. (Bell 1983) se observaron con frecuencia.

A partir de lo observado se puede sugerir que *Aascosacculus heteroguttulatus*, *Savoryella lignicola* y *Phaeoisaria clematidis* son especies con distribución amplia en regiones tropicales y subtropicales aunque la falta de reportes en cuerpos de agua localizados en zonas templadas se puede deber a la falta de estudios más que a la ausencia del hongo en ellas.

La madera de pino y cedro tuvieron la mayor riqueza de especies y la mayor diversidad aunque no hubo diferencias significativas de estos valores entre los tipos de madera. Se ha sugerido que los hongos dulceacuícolas tienen un nivel bajo de especificidad de hospedero (Cai et al. 2006); los resultados obtenidos en este estudio coinciden con esta observación ya que 12 de las 52 especies crecieron en los cuatro tipos de madera utilizados como carnadas y 16 de las 17 especies que se registraron en un tipo de madera se presentaron una sola vez en

todo el estudio pero su presencia en un tipo de madera podría ser tanto cuestión de probabilidad como de preferencia de sustrato (Shearer y Webster 1991).

También se ha observado que las comunidades fúngicas que crecen sobre diferentes sustratos varían principalmente en la abundancia relativa más que en la composición de las especies (Lodge 1997). Esta observación es consistente con los resultados obtenidos en la laguna Las Ilusiones, donde las frecuencias de las especies dominantes y comunes variaron entre los diferentes tipos de madera, por ejemplo, la frecuencia de *Ascosacculus heteroguttulatus*, *Aniptodera* sp. y *Savoryella lignicola* fue menor en la madera de pucté que en los otros tipos de madera; por el contrario, la frecuencia de *Phaeoisaria clematidis* fue mayor en la madera de pucté que en los otros tipos de madera.

En hongos parásitos se ha sugerido que la preferencia de hospedero puede estar relacionada con características físicas y químicas del hospedero más que con especificidad de hospedero en un sentido taxonómico (Polishook et al. 1996). Algunos factores que pueden afectar la colonización de materia vegetal por hongos saprobios son metabolitos secundarios producidos por las plantas, minerales y características físicas de las hojas o la madera por lo que diferentes sustratos pueden inhibir o estimular selectivamente la colonización por diferentes especies (Cai et al. 2006). Se ha reportado que la corteza de la madera retarda el establecimiento de la mayoría de los hongos en el sustrato, en este estudio se utilizaron bloques de madera descortezada por lo que ese efecto fue minimizado.

Debido a que no se tienen datos sobre la composición química de los tipos de madera utilizados y a que la similitud entre la riqueza registrada en los diferentes tipos de madera fue muy parecida, solo se puede sugerir que en la laguna Las Ilusiones la colonización está determinada por algún factor diferente a la composición química y que hay un grupo de hongos generalistas que pueden colonizar y degradar todos los tipos de materia vegetal que ingresan a la laguna.

5.3 Distribución temporal durante un ciclo anual

La riqueza de especies y el número de nuevas especies registradas disminuyó sucesivamente del muestreo 1 al 4 (Fig 66). La tabla 7 muestra las frecuencias de los taxa registrados en los cuatro muestreos que comprendieron el ciclo anual. *Ascosacculus heteroguttulatus*, *Savoryella lignicola*, *Phaeoisaria clematidis*, *Podospora* sp., *Xylomyces chlamidosporus*, *Aniptodera* sp. y ascomicete anamórfico 14 estuvieron presentes en todos los muestreos.

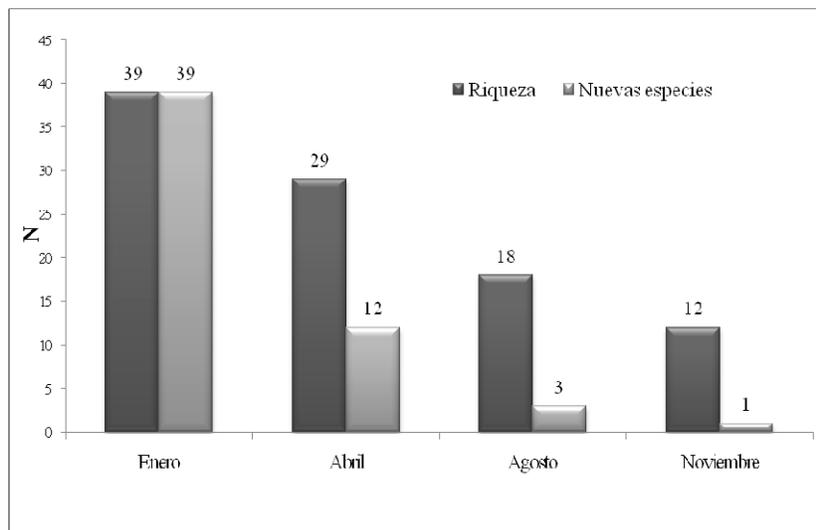


Fig 66 - Riqueza de especies y número de nuevas especies registradas en los muestreos en la laguna Las Ilusiones.

En enero las especies dominantes fueron: *Ascosacculus heteroguttulatus*, *Savoryella lignicola*, *Phaeoisaria clematidis*, *Aniptodera* sp. y *Podospora* sp.; las especies comunes fueron: ascomicete 13, ascomicete anamórfico 5 y *Ascolacicola* sp. *Aniptodera* sp. fue dominante solo en este muestreo, en el resto de ellos presentó valores de frecuencia menores a 10. En abril las especies dominantes fueron: *Ascosacculus heteroguttulatus*, *Savoryella lignicola* y *Phaeoisaria clematidis*; las especies comunes fueron: *Podospora* sp., ascomicete anamórfico 5 y *Xylomyces chlamidosporus*. El ascomicete anamórfico 5 fue registrado solo en enero y abril. En agosto las especies dominantes fueron: *Ascosacculus heteroguttulatus* y *Savoryella lignicola*; las especies comunes fueron: ascomicete

anamórfico 23 y *Xylomyces chlamidosporus*. El ascomicete anamórfico 23 fue registrado solo en abril y agosto, únicamente en agosto fue una especie común.

Tabla 7 - Frecuencias de aparición de los taxa registrados en los cuatro muestreos del ciclo anual (enero a noviembre 2006) en la laguna Las Ilusiones, Tabasco.

Taxa	Ene	Abr	Ago	Nov	Taxa	Ene	Abr	Ago	Nov
<i>Ascosacculus heteroguttulatus</i>	81.25	72.46	61.97	66.67	ascomicete anamórfico 4	2.50	0.00	0.00	0.00
<i>Savoryella lignicola</i>	58.75	46.38	38.03	41.67	<i>Dictyosporium heptasporum</i>	2.50	0.00	0.00	0.00
<i>Phaeoisaria clematidis</i>	38.75	33.33	1.41	2.08	<i>Chaetospermum camelliae</i>	2.50	0.00	0.00	0.00
<i>Podospora</i> sp.	21.25	18.84	8.45	14.58	ascomicete anamórfico 20	1.25	0.00	1.41	0.00
<i>Xylomyces chlamidosporus</i>	8.75	11.59	12.68	31.25	ascomicete 25	0.00	0.00	2.82	0.00
<i>Aniptodera</i> sp.	30.00	8.70	2.82	4.17	<i>Arthrobotrys</i> sp.	0.00	1.45	1.41	0.00
ascomicete 13	16.25	8.70	1.41	0.00	ascomicete anamórfico 24	0.00	2.90	0.00	0.00
ascomicete anamórfico 5	11.25	14.49	0.00	0.00	ascomicete 18	1.25	0.00	0.00	0.00
ascomicete anamórfico 23	0.00	7.25	18.31	0.00	ascomicete anamórfico 6	1.25	0.00	0.00	0.00
ascomicete anamórfico 14	1.25	2.90	8.45	16.67	ascomicete anamórfico 3	1.25	0.00	0.00	0.00
<i>Trichocladium achrasporum</i>	1.25	0.00	5.63	20.83	<i>Phomopsis</i> sp.	1.25	0.00	0.00	0.00
<i>Aliquandostipite</i> sp.	2.50	4.35	9.86	0.00	<i>Ellisembia</i> sp.	1.25	0.00	0.00	0.00
<i>Ascolacicola</i> sp.	11.25	2.90	0.00	0.00	<i>Natantispora retorquens</i>	1.25	0.00	0.00	0.00
<i>Helicomyces roseus</i>	8.75	1.45	0.00	0.00	ascomicete anamórfico 19	1.25	0.00	0.00	0.00
<i>Nais aquatica</i>	7.50	1.45	0.00	0.00	ascomicete 7	1.25	0.00	0.00	0.00
ascomicete 16	5.00	4.35	0.00	0.00	<i>Jahnula</i> sp2.	1.25	0.00	0.00	0.00
<i>Gelasinospora</i> sp.	0.00	0.00	8.45	0.00	<i>Ophioceras</i> sp.	1.25	0.00	0.00	0.00
ascomicete anamórfico 27	0.00	7.25	0.00	0.00	ascomicete anamórfico 30	0.00	0.00	0.00	2.08
ascomicete anamórfico 12	3.75	0.00	1.41	0.00	ascomicete 26	0.00	0.00	0.00	2.08
ascomicete anamórfico 16	3.75	1.45	0.00	0.00	ascomicete anamórfico 29	0.00	0.00	1.41	0.00
<i>Canalisporium caribense</i>	2.50	2.90	0.00	0.00	<i>Stachybotrys</i> sp.	0.00	1.45	0.00	0.00
<i>Jahnula</i> sp1.	1.25	0.00	0.00	6.25	ascomicete anamórfico 25	0.00	1.45	0.00	0.00
<i>Nais inornata</i>	0.00	2.90	0.00	4.17	ascomicete anamórfico 26	0.00	1.45	0.00	0.00
ascomicete anamórfico 28	0.00	2.90	2.82	0.00	<i>Bombardia</i> sp.	0.00	1.45	0.00	0.00
<i>Monacrosporium</i> sp.	3.75	0.00	0.00	0.00	ascomicete 21	0.00	1.45	0.00	0.00
<i>Nectria</i> sp.	1.25	2.90	0.00	0.00	<i>Aniptodera megalospora</i>	0.00	1.45	0.00	0.00

En noviembre las especies dominantes fueron: *Ascosacculus heteroguttulatus*, *Savoryella lignicola*, *Xylomyces chlamidosporus* y *Trichocladium*

achrasporum; las especies comunes fueron: ascomicete anamórfico 14 y *Podospora* sp. *Trichocladium achrasporum* fue registrado como una especie dominante solo en este muestreo, mientras que el ascomicete anamórfico 14 fue una especie común solo en este muestreo.

La tabla 8 muestra los valores del índice de Shannon (H') y de equitatividad (J') para cada muestreo. El mayor valor de diversidad se obtuvo en enero y disminuyó sucesivamente hasta noviembre, donde se obtuvo el menor valor de diversidad. Aunque la equitatividad no presentó variaciones significativas, el mayor valor se presentó en noviembre, mientras que en agosto se presentó el valor más bajo. La tabla 9 muestra los valores del índice de similitud de Sørensen calculados para los muestreos. Los muestreos consecutivos mostraron una similitud mayor (enero-abril, abril-agosto, agosto-noviembre) que disminuyó conforme se avanzó en el ciclo anual de muestreo; los muestreos de abril y noviembre tuvieron la similitud más baja. La figura 67 muestra el número de ascomicetes y ascomicetes anamórficos registrados en cada muestreo.

Tabla 8 - Índice de Shannon (H') y equitatividad (J') obtenidos en cada muestreo del ciclo anual en la laguna Las Ilusiones, Tabasco.

	Enero	Abril	Agosto	Noviembre
H'	2.765	2.734	2.285	2.068
J'	0.798	0.804	0.79	0.832

Tabla 9 - Índice de similitud de Sørensen calculados para comparar los muestreos del ciclo anual (enero a noviembre 2006) en la laguna Las Ilusiones, Tabasco.

Muestreos	Índice de similitud
Enero – Abril	53.13
Abril – Agosto	46.81
Agosto – Noviembre	46.67
Enero – Agosto	45.28
Enero – Noviembre	38.30
Abril – Noviembre	29.27

La figura 68 muestra el diagrama de ordenamiento obtenido a partir del análisis de correspondencia. A partir de dicho análisis se encontró que hay una

fuerte dependencia (0.6511) entre las especies y la época de muestreo. Los dos primeros ejes contribuyeron con el 96.63% de retención de la solución, por lo que no fue necesario utilizar una tercera dimensión. El eje 1 contribuyó con 72.90% y el eje 2 con 23.73% de la inercia total. En el eje 1 *Phaeoisaria clematidis*, ascomicete anamórfico 5, *Trichocladium achrasporum*, ascomicete anamórfico 14, *Ascolacicola* sp. y ascomicete 13 contribuyeron significativamente a la inercia explicada. *Trichocladium achrasporum* y ascomicete anamórfico 14 presentaron coordenadas positivas; *Phaeoisaria clematidis*, ascomicete anamórfico 5, *Ascolacicola* sp. y ascomicete 13 presentaron coordenadas negativas. En el eje 2 *Trichocladium achrasporum*, ascomicete anamórfico 23, ascomicete anamórfico 28 y *Aliquandostipite* sp. contribuyeron significativamente a la inercia explicada. *Trichocladium achrasporum* presentó coordenadas positivas; ascomicete anamórfico 23, ascomicete anamórfico 28 y *Aliquandostipite* sp. presentaron coordenadas negativas.

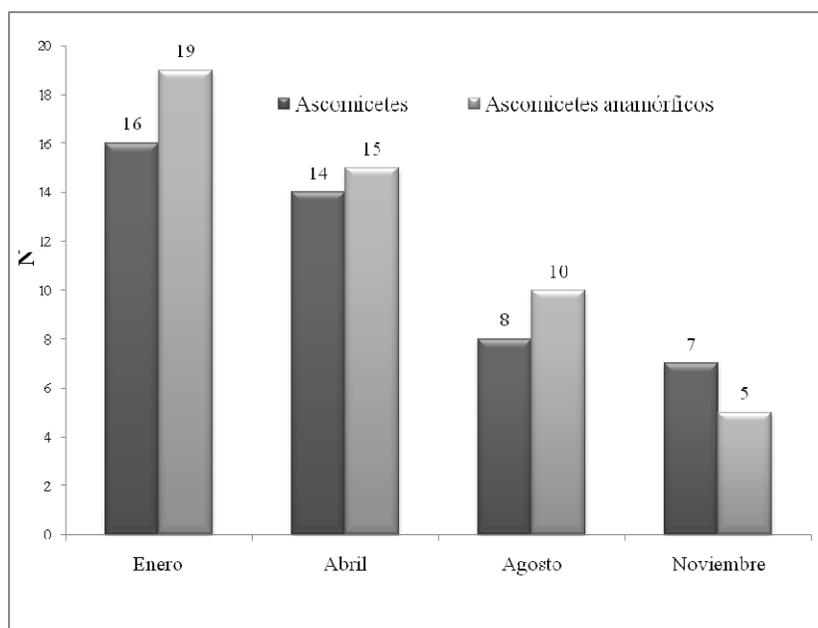


Fig 67 - Número de ascomicetes y ascomicetes anamórficos registrados en cada muestreo en la laguna Las Ilusiones.

Todas las especies estuvieron bien representadas en las dos dimensiones elegidas. *Ascolacicola* sp. presentó el valor más bajo (0.8437), mientras que

Trichocladium achrasporum y ascomicete anamórfico 23 presentaron el valor más alto (0.9999). Los datos fisicoquímicos registrados estuvieron bien representados, excepto por los ortofosfatos (0.2882). Precipitación (0.8533) y materia orgánica (0.5629) estuvieron bien representados en el eje 1. Oxígeno disuelto (0.7499) y pH (0.5957) estuvieron bien representados en el eje 2. Las especies se agruparon de la siguiente forma. Grupo 1: *Phaeoisaria clematidis*, ascomicete anamórfico 5, *Canalisporium caribense*, *Ascolacicola* sp., ascomicete 13 y ascomicete 16. Grupo 2: *Aniptodera* sp., *Xylomyces chlamidosporus*, *Ascosacculus heteroguttulatus*, *Savoryella lignicola* y *Podospora* sp. Grupo 3: ascomicete anamórfico 14 y *Trichocladium achrasporum*. Grupo 4: *Aliquandostipite* sp., ascomicete anamórfico 28, ascomicete anamórfico 23.

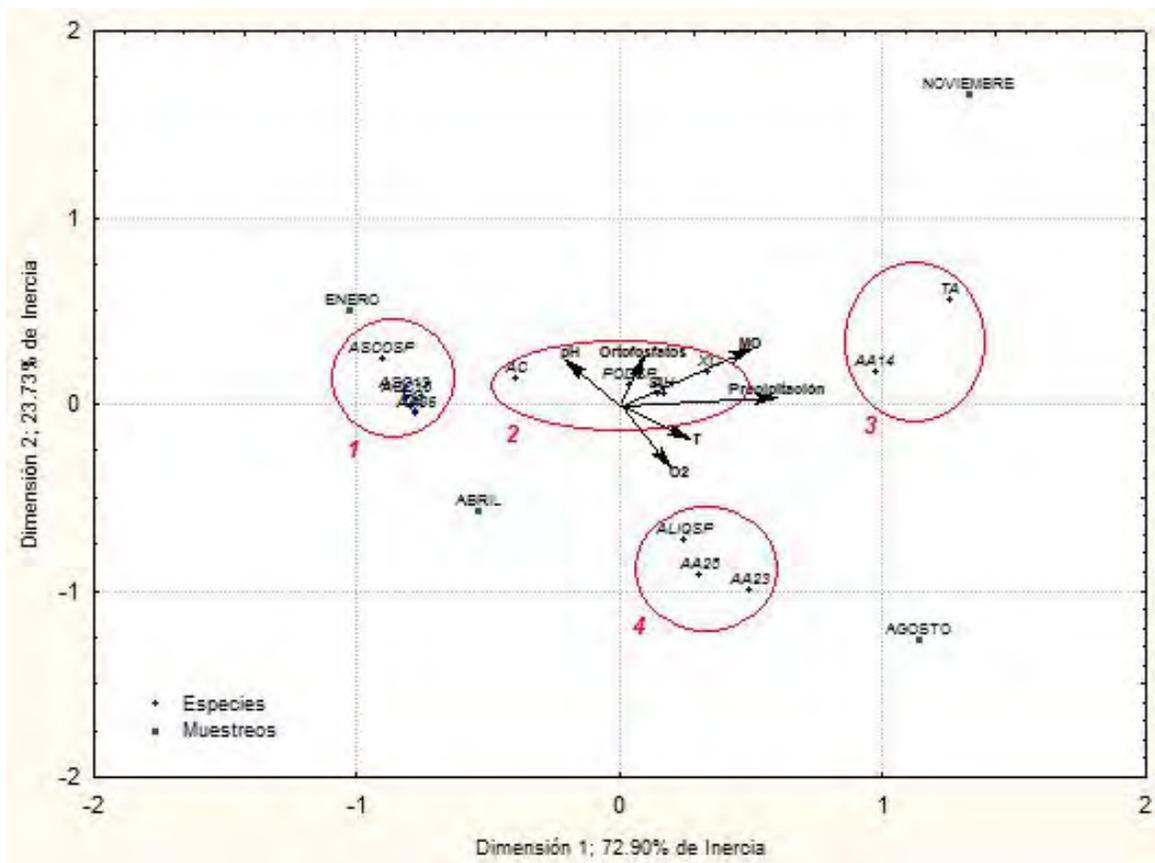


Fig 68 - Diagrama de ordenamiento de los taxa y los muestreos.

La tabla 10 muestra los valores de los parámetros fisicoquímicos y meteorológicos registrados en cada muestreo en la laguna Las Ilusiones.

Tabla 10 – Valores de los parámetros fisicoquímicos y meteorológicos registrados en cada muestreo del ciclo anual en la laguna Las Ilusiones, Tabasco; expresado como el promedio de los valores registrados en las 10 estaciones de muestreo.

Parámetro	Enero	Abril	Agosto	Noviembre
Oxígeno disuelto (mg/l)	2.44	3.29	4.21	1.75
Temperatura del agua (°C)	26.10	31.30	31.10	31.00
pH	6.79	6.67	6.52	6.56
Materia orgánica (mg/l)	3.66	9.10	7.20	16.00
Ortofosfatos (µg)	97.00	4040.00	101.00	1323.00
Precipitación (mm)	183.48	66.17	295.5	287.17

En la laguna Las Ilusiones tanto la riqueza de especies como el número de nuevas especies registradas a lo largo del ciclo anual disminuyó sucesivamente en cada muestreo (Fig 66), el índice de diversidad de Shannon y la equitatividad tuvieron un comportamiento similar (Tabla 8) aunque no hubo diferencias significativas entre los valores de cada época de muestreo.

Se ha observado que, en lagos de regiones templadas, el cambio estacional en la temperatura del agua es el factor que afecta de forma significativa la riqueza y la diversidad de especies de hongos, ya que la materia vegetal que entra a los lagos varía poco en cantidad a lo largo del año (Suberkropp 1984). La temperatura del agua registrada en la laguna Las Ilusiones no mostró variación significativa a lo largo del año (26.1°C en enero, 31°C en noviembre) por lo que una posible causa de la disminución en la riqueza de especies en los muestreos de agosto y noviembre es el efecto de “dilución del inóculo” causado por el aporte de agua producido por la época de lluvias en el segundo semestre del año (66.2 mm en abril, 295.5 mm en agosto, 287.2 mm en noviembre), lo que produciría una reducción del número de esporas y de la posibilidad de que estas encuentren el substrato adecuado para colonizarlo. Este comportamiento es similar al observado en ríos, en donde el flujo y el volumen de agua pueden variar mucho durante diferentes estaciones; de un flujo lento y poco volumen de agua en la época seca, hasta un flujo rápido y un volumen mayor en la época de lluvias (Luo et al. 2004).

La mayor similitud fue entre muestreos consecutivos (Tabla 9), esto puede deberse al aumento en la entrada de materia orgánica vegetal debido a la época de nortes, que abarca de octubre a diciembre, y que proporciona el substrato que permite a los hongos desarrollarse. En ríos de regiones templadas se ha observado que la materia vegetal que ingresa al sistema en otoño es procesada por los organismos degradadores durante el invierno y las partes que resisten la degradación, como los tejidos leñosos, permanecen en el agua durante la primavera y el verano (Fabre 1998). En la laguna Las Ilusiones parece haber un patrón similar, en el cual, la materia orgánica que entra al sistema durante la época de lluvias y principalmente durante la época de nortes permite el desarrollo y establecimiento de un grupo de especies que degradan el material leñoso y que va cambiando debido al aumento de las lluvias hasta la siguiente época de nortes.

Basándose en lo anterior, en la laguna Las Ilusiones se observaron 3 patrones de comportamiento de las especies dominantes (Tabla 2): 1) especies que fueron dominantes durante todo el año: *Ascosacculus heteroguttulatus*, *Podospora* sp., *Savoryella lignicola*, y *Xylomyces chlamidosporus*; 2) especies dominantes durante la época seca: *Aniptodera* sp., *Phaeoisaria clematidis*, ascomicete 13 y ascomicete anamórfico 5; 3) especies dominantes durante la época de lluvias: *Trichocladium achrasporum* y ascomicete anamórfico 14. Cabe resaltar la presencia de *Podospora* sp. como especie común durante todo el año de muestreo, lo que confirma que la laguna recibe descargas de contaminantes orgánicos regularmente.

En todos los muestreos, excepto en noviembre, el número de estados anamórficos fue mayor que el número de estados teleomórficos. Esto es consistente con lo observado en otros estudios (Hyde y Goh 1998, Goh y Hyde 1999, Cai et al. 2006).

A partir del análisis de correspondencias (Fig 68) se observa un gradiente determinado por la precipitación, lo que hace que se formen 4 grupos de especies. El grupo 1 formado por *Ascolacicola* sp., *Canalisporium caribense*, *Phaeoisaria clematidis*, ascomicete 13, ascomicete 16 y ascomicete anamórfico 5, se asocia al muestreo de enero en el cual presentaron sus frecuencias más altas, bajo

condiciones de precipitación media. El grupo 2 formado por *Aniptodera* sp., *Ascosacculus heteroguttulatus*, *Podospora* sp., *Savoryella lignicola* y *Xylomyces chlamidosporus* no muestra una asociación clara con algún factor en especial debido a que las especies del grupo fueron dominantes durante todo el muestreo. El grupo 3 formado por *Trichocladium achrasporum* y ascomicete anamórfico 14 no se asocia a algún muestreo en particular y parece estar determinado por los valores más altos de precipitación y materia orgánica. El grupo 4 se asocia a valores altos de oxígeno disuelto y a las condiciones intermedias entre la época de seca y la época de lluvias; está formado por *Aliquandostipite* sp., ascomicete anamórfico 23 y ascomicete anamórfico 28.

5.4 Distribución espacial en la laguna Las Ilusiones

La riqueza de especies registradas en las estaciones de muestreo presentó su valor máximo en la estación 1 con 27 especies, y su valor mínimo en la estación 4 donde se registraron 12 especies durante el ciclo anual (Fig 69); aunque este resultado puede ser debido a la pérdida de carnadas en dicha estación.

La tabla 11 muestra las frecuencias de los taxa registrados en las 10 estaciones de muestreo. *Ascosacculus heteroguttulatus*, *Savoryella lignicola*, *Phaeoisaria clematidis*, *Aniptodera* sp. y *Podospora* sp. fueron registrados en todas las estaciones de muestreo. En la estación 1 los taxa dominantes fueron: *Ascosacculus heteroguttulatus*, *Savoryella lignicola*, *Phaeoisaria clematidis*, *Aniptodera* sp. y *Xylomyces chlamidosporus*; los taxa comunes fueron: *Ascolacicola* sp., *Podospora* sp. y ascomicete anamórfico 5. En la estación 2 los taxa dominantes fueron: *Ascosacculus heteroguttulatus*, *Savoryella lignicola*, *Phaeoisaria clematidis* y *Xylomyces chlamidosporus*; los taxa comunes fueron: ascomicete anamórfico 23, *Podospora* sp. y *Trichocladium achrasporum*. En la estación 3 los taxa dominantes fueron: *Ascosacculus heteroguttulatus*, *Savoryella lignicola*, *Xylomyces chlamidosporus* y *Trichocladium achrasporum*; los taxa comunes fueron: *Phaeoisaria clematidis*, ascomicete 13, *Podospora* sp., ascomicete anamórfico 5 y ascomicete anamórfico 14. En la estación 4 los taxa

dominantes fueron: *Ascosacculus heteroguttulatus*, *Savoryella lignicola* y *Xylomyces chlamidosporus*; el único taxon considerado común fue *Aniptodera* sp.

En la estación 5 los taxa dominantes fueron: *Ascosacculus heteroguttulatus* y *Savoryella lignicola*; los taxa comunes fueron: *Phaeoisaria clematidis*, *Podospora* sp. y ascomicete 13. En la estación 6 los taxa dominantes fueron: *Ascosacculus heteroguttulatus* y *Savoryella lignicola*; los taxa comunes fueron: ascomicete 13, *Phaeoisaria clematidis* y *Aniptodera* sp.. En la estación 7 los taxa dominantes fueron: *Ascosacculus heteroguttulatus*, *Savoryella lignicola*, *Phaeoisaria clematidis* y *Podospora* sp.; los taxa comunes fueron: ascomicete anamórfico 14 y *Natantispora retorquens*. En la estación 8 los taxa dominantes fueron: *Ascosacculus heteroguttulatus* y *Savoryella lignicola*; no hubo taxa comunes. En la estación 9 los taxa dominantes fueron: *Ascosacculus heteroguttulatus* y *Savoryella lignicola*; los taxa comunes fueron: *Phaeoisaria clematidis*, *Podospora* sp. y *Aniptodera* sp.. En la estación 10 los taxa dominantes fueron: *Ascosacculus heteroguttulatus* y *Savoryella lignicola*; los taxa comunes fueron: *Phaeoisaria clematidis* y ascomicete anamórfico 23.

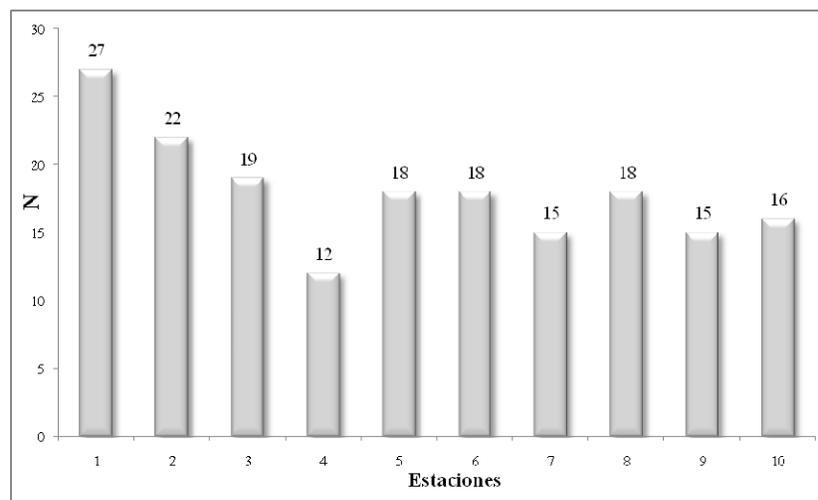


Fig 69 - Riqueza de especies registrada en cada estación de muestreo.

La tabla 12 muestra los valores del índice de Shannon (H') y de equitatividad (J') para cada estación de muestreo. El mayor valor de diversidad de obtuvo en la estación 1, mientras que en la estación 8 se obtuvo el menor valor de

diversidad. De igual forma que en la distribución temporal, la equitatividad no presentó variaciones significativas; el mayor valor se presentó en la estación 8, mientras que en la estación 7 se presentó el valor más bajo.

Tabla 21 - Frecuencias de aparición de los taxa registrados en las 10 estaciones de muestreo en la laguna Las Ilusiones, Tabasco.

Taxa	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10
<i>Ascosacculus heteroguttulatus</i>	84.38	65.63	68.75	59.38	65.63	43.75	56.25	31.25	53.13	56.25
<i>Savoryella lignicola</i>	59.38	34.38	53.13	43.75	43.75	31.25	34.38	28.13	34.38	21.88
<i>Phaeoisaria clematidis</i>	34.38	28.13	18.75	0.00	15.63	12.50	28.13	6.25	18.75	12.50
ascomicete anamórfico 23	6.25	15.63	6.25	0.00	3.13	6.25	3.13	3.13	0.00	12.50
<i>Podospora</i> sp.	15.63	12.50	15.63	3.13	12.50	6.25	25.00	6.25	18.75	9.38
<i>Aniptodera</i> sp.	31.25	3.13	9.38	15.63	3.13	12.50	3.13	3.13	18.75	9.38
<i>Aliquandostipite</i> sp.	3.13	0.00	3.13	9.38	9.38	0.00	3.13	3.13	3.13	9.38
<i>Nais aquatica</i>	0.00	3.13	3.13	6.25	0.00	3.13	0.00	3.13	0.00	6.25
<i>Nais inornata</i>	0.00	0.00	3.13	0.00	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00	6.25
ascomicete anamórfico 28	0.00	3.13	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.25
<i>Nectria</i> sp.	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.25
<i>Xylomyces chlamidosporus</i>	28.13	25.00	31.25	21.88	6.25	6.25	0.00	0.00	9.38	3.13
ascomicete anamórfico 14	6.25	3.13	12.50	0.00	3.13	3.13	15.63	3.13	3.13	3.13
<i>Ophioceras</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13	3.13	3.13
<i>Trichocladium achrasporum</i>	3.13	12.50	21.88	0.00	0.00	0.00	6.25	0.00	0.00	3.13
<i>Bombardia</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13
ascomicete anamórfico 27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.25	9.38	0.00
<i>Jahnula</i> sp1.	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.25	0.00
ascomicete anamórfico 5	12.50	6.25	12.50	9.38	9.38	6.25	3.13	3.13	3.13	0.00
ascomicete 13	6.25	0.00	18.75	0.00	12.50	18.75	0.00	3.13	3.13	0.00
<i>Chaetospermum camelliae</i>	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13	0.00
<i>Aniptodera megalospora</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13	0.00
ascomicete 16	3.13	3.13	0.00	0.00	9.38	9.38	3.13	3.13	0.00	0.00
ascomicete anamórfico 12	0.00	9.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13	0.00	0.00
ascomicete 25	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13	0.00	0.00
ascomicete anamórfico 29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13	0.00	0.00
ascomicete 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13	0.00	0.00
<i>Natantispora retorquens</i>	6.25	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	12.50	0.00	0.00	0.00
<i>Ascolacicola</i> sp.	18.75	6.25	0.00	0.00	3.13	3.13	3.13	0.00	0.00	0.00
<i>Helicomyces roseus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13	3.13	0.00	0.00	0.00
ascomicete 26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00
ascomicete anamórfico 20	0.00	0.00	3.13	0.00	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Phomopsis</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00
ascomicete anamórfico 19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00

<i>Jahnula</i> sp2.	0.00	0.00	0.00	3.13	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Gelasinospora</i> sp.	9.38	0.00	6.25	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Arthrobotrys</i> sp.	3.13	0.00	0.00	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ascomicete anamórfico 16	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ascomicete 21	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ascomicete anamórfico 24	0.00	0.00	3.13	6.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ascomicete anamórfico 25	0.00	0.00	0.00	6.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ascomicete anamórfico 26	0.00	0.00	0.00	6.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ascomicete anamórfico 30	0.00	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Monacrosporium</i> sp.	3.13	6.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Canalisporium caribense</i>	9.38	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Dictyosporium heptasporum</i>	3.13	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Stachybotrys</i> sp.	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ascomicete anamórfico 4	6.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ascomicete anamórfico 3	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ascomicete anamórfico 6	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Ellisembia</i> sp.	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ascomicete 7	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 32 - Índice de Shannon (H') y equitatividad (J') obtenidos en cada estación de muestreo en la laguna Las Ilusiones, Tabasco.

	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10
H'	2.827	2.674	2.633	2.637	2.495	2.584	2.213	2.096	2.329	2.428
J'	0.858	0.865	0.894	0.844	0.847	0.878	0.817	0.896	0.883	0.876

La tabla 13 muestra los valores del índice de similitud de Sørensen calculados para las estaciones de muestreo. Contrario a lo que se podría esperar, las estaciones que mostraron mayor similitud fueron la 3 y la 10, las cuales están separadas considerablemente. Las estaciones con menos similitud fueron la 1 y la 4.

La figura 70 muestra en diagrama de ordenamiento obtenido a partir del análisis de correspondencia. A partir de dicho análisis se encontró que hay una fuerte dependencia (0.5283) entre las especies y la época de muestreo. Los dos primeros ejes contribuyeron con el 47.27% de retención de la solución. El eje 1 contribuyó con 27.42% y el eje 2 con 19.85% de la inercia total; se decidió utilizar dos ejes para facilitar la interpretación, y debido a que un tercer eje sólo contribuía con un 15.82%. En el eje 1 *Trichocladium achrasporum*, *Aniptodera* sp., *Aliquandostipite* sp. y ascomicete anamórfico 14, contribuyeron significativamente

a la inercia explicada. *Trichocladium achrasporum* y ascomicete anamórfico 14 presentaron coordenadas positivas; *Aniptodera* sp. y *Aliquandostipite* sp. presentaron coordenadas negativas. En el eje 2 ascomicete anamórfico 5, *Xylomyces chlamidosporus*, *Ascosacculus heteroguttulatus* y *Ascolacicola* sp. contribuyeron significativamente a la inercia explicada. Ascomicete anamórfico 5, *Xylomyces chlamidosporus* y *Ascolacicola* sp. presentaron coordenadas positivas; *Ascosacculus heteroguttulatus* presentó coordenadas negativas. Todas las especies estuvieron bien representadas en las dos dimensiones elegidas, excepto ascomicete anamórfico 23 (0.0514) y ascomicete 13 (0.0585). *Aniptodera* sp. presentó el valor más bajo (0.4111), mientras que *Ascosacculus heteroguttulatus* presentó el valor más alto (0.7665).

Tabla 43 - Índice de similitud de Sørensen calculado para comparar las estaciones de muestreo en la laguna Las Ilusiones, Tabasco.

Estaciones comparadas	Índice de similitud	Estaciones comparadas	Índice de similitud
Estación 3-Estación 10	74.29	Estación 2-Estación 3	58.54
Estación 3-Estación 6	70.27	Estación 3-Estación 4	58.06
Estación 1-Estación 5	66.67	Estación 7-Estación 10	58.06
Estación 5-Estación 6	66.67	Estación 9-Estación 10	58.06
Estación 5-Estación 7	66.67	Estación 2-Estación 5	55.00
Estación 6-Estación 7	66.67	Estación 6-Estación 9	54.55
Estación 8-Estación 9	66.67	Estación 4-Estación 5	53.33
Estación 1-Estación 2	65.31	Estación 7-Estación 9	53.33
Estación 2-Estación 7	64.86	Estación 5-Estación 10	52.94
Estación 3-Estación 5	64.86	Estación 1-Estación 9	52.38
Estación 2-Estación 10	63.16	Estación 1-Estación 3	52.17
Estación 1-Estación 7	61.90	Estación 1-Estación 6	48.89
Estación 5-Estación 8	61.11	Estación 1-Estación 8	48.89
Estación 6-Estación 8	61.11	Estación 1-Estación 10	46.51
Estación 5-Estación 9	60.61	Estación 4-Estación 7	44.44
Estación 7-Estación 8	60.61	Estación 4-Estación 9	44.44
Estación 2-Estación 6	60.00	Estación 2-Estación 9	43.24
Estación 2-Estación 8	60.00	Estación 4-Estación 10	42.86
Estación 3-Estación 8	59.46	Estación 2-Estación 4	41.18
Estación 3-Estación 7	58.82	Estación 4-Estación 6	40.00
Estación 3-Estación 9	58.82	Estación 4-Estación 8	40.00
Estación 6-Estación 10	58.82	Estación 1-Estación 4	35.90
Estación 8-Estación 10	58.82		

Los datos fisicoquímicos registrados estuvieron pobremente representados, excepto por el pH (0.7446). Todos los parámetros estuvieron pobremente representados en el eje 1. El pH (0.6961) y la materia orgánica (0.2774) fueron los parámetros mejor representados en el eje 2. Las especies se agruparon de la

siguiente forma. Grupo 1: *Aliquandostipite* sp. Grupo 2: *Aniptodera* sp., *Xylomyces chlamidosporus*, ascomicete anamórfico 5, ascomicete anamórfico 23 y ascomicete 13. Grupo 3: *Ascolacicola* sp. Grupo 4: *Trichocladium achrasporum* y ascomicete anamórfico 14. Grupo 5: *Phaeoisaria clematidis*, *Podospora* sp., *Ascosacculus heteroguttulatus* y *Savoryella lignicola*.

La tabla 14 muestra los valores de los parámetros fisicoquímicos y meteorológicos registrados en cada muestreo en la laguna Las Ilusiones.

Tanto la riqueza de especies como la diversidad en la laguna Las Ilusiones presentaron su valor máximo en la estación 1, mientras que la menor riqueza se presentó en las estaciones 7 y 9 (descartando la estación 4 debido a la pérdida de carnadas y a la relación de la riqueza de especies con el tamaño de muestra), y el valor mínimo de diversidad en la estación 8 (Fig 69, Tabla 12). Esto coincide con las características circundantes a las estaciones de muestreo; mientras que la estación 1 se localiza en un lugar donde las construcciones que se encuentran alrededor son patios traseras de casas y un embarcadero, las estaciones 8 y 9 muestran un grado de impacto considerable al localizarse en una zona altamente urbanizada en donde se observaron descargas clandestinas de aguas contaminadas con desechos orgánicos, lo que es consistente con lo reportado en otros estudios donde se observó que la contaminación puede causar la disminución en la riqueza de especies (Au et al. 1992, Pascoal et al. 2005).

Se registró un grupo de especies que estuvieron presentes en todas las estaciones de muestreo (Tabla 11): *Aniptodera* sp., *Ascosacculus heteroguttulatus*, *Phaeoisaria clematidis*, *Podospora* sp. y *Savoryella lignicola*. Dado que estas especies fueron registradas como dominantes durante todo el año de muestreo, se puede considerar que forman el núcleo de la comunidad fúngica en la laguna Las Ilusiones y que participan activamente en la degradación de la materia vegetal que entra al sistema. Cabe destacar la presencia de *Podospora* sp. en todas las estaciones de muestreo con frecuencias que van de 3.13 en la estación 4, la estación de muestreo que se encuentra más alejada de la orilla de la laguna, a 25 en la estación 7, lugar altamente urbanizado y donde se observaron descargas de agua contaminada.

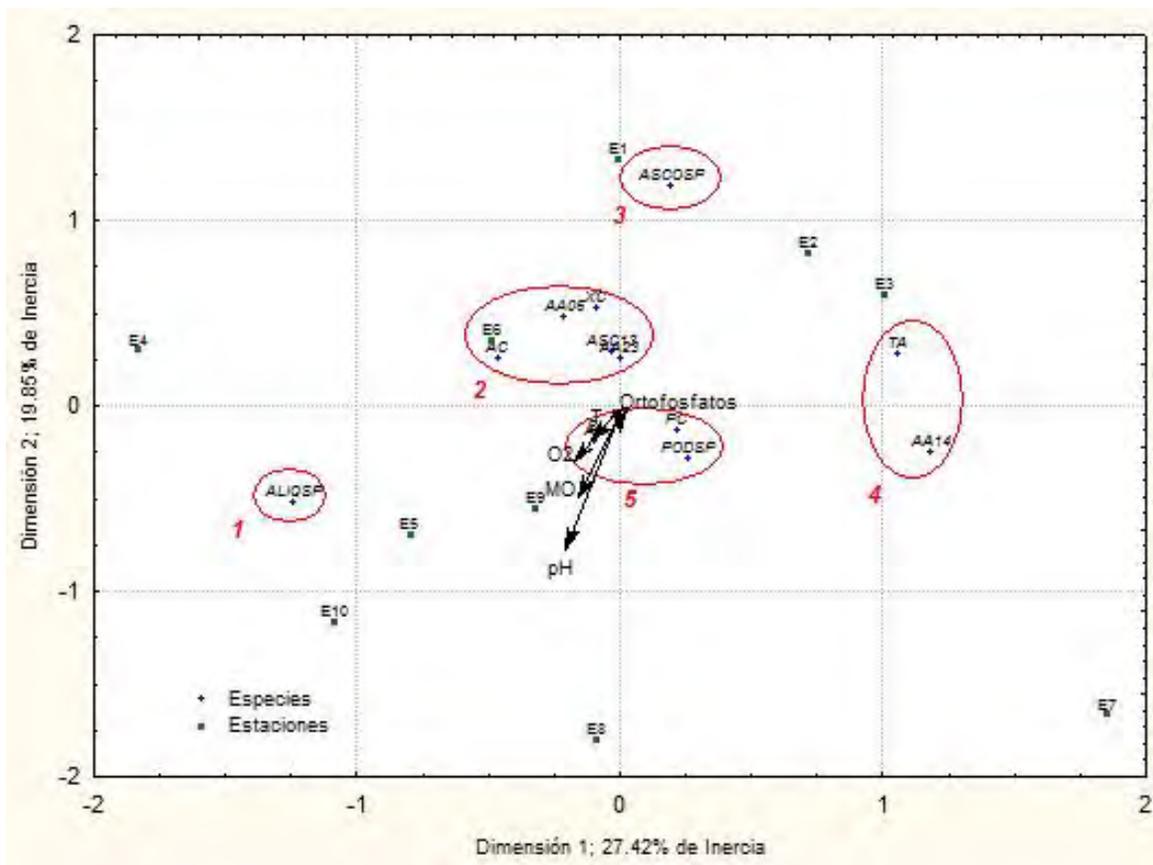


Fig 70 - Diagrama de ordenamiento de los taxa y las estaciones de muestreo.

Tabla 54 - Valores de los parámetros fisicoquímicos registrados en cada estación de muestreo en la laguna Las Ilusiones, Tabasco; expresado como el promedio de los valores registrados en los 4 muestreos.

Parámetro	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10
Oxígeno disuelto (mg/l)	3.28	1.45	2.55	3.53	2.98	3.58	3.60	2.38	3.18	2.73
Temperatura del agua (°C)	31.75	30.00	28.50	28.25	29.00	31.00	29.50	30.25	30.00	30.50
pH	6.38	6.55	6.66	6.72	6.65	6.51	6.77	6.63	6.69	6.80
Materia orgánica (mg/l)	5.10	8.73	5.88	7.15	4.20	15.13	8.73	12.48	12.33	10.20
Ortofosfatos (lg)	1255	1505	1492.5	2075	1500	1297.5	1572.5	1180	1070	955

La mayor similitud fue entre la estación 3 y la estación 10 (Tabla 13); esta relación resulta sobresaliente ya que las estaciones tienen grados de urbanización diferentes, mientras que en la estación 3 se localiza aproximadamente a 10 m de la orilla de la laguna, cerca del Campus Central de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, rodeada principalmente de áreas verdes en donde el sistema de drenaje fue adecuado como parte de las medidas tomadas por el gobierno del estado para reducir el impacto en la laguna, la estación 10 se localiza en la parte más urbanizada y está rodeada por casas que constantemente descargan aguas contaminadas a la laguna debido al crecimiento urbano y la mala planeación de los servicios de drenaje.

Otras estaciones que tuvieron similitud alta fueron las 3-6, 1-5 y 5-6, tienen características circundantes similares, poca urbanización, poca contaminación orgánica y áreas verdes cercanas.

El análisis de correspondencia (Fig 70) muestra que las especies forman 5 grupos. Grupo 1: *Aliquandostipite* sp. Grupo 2: *Aniptodera* sp., *Xylomyces chlamidosporus*, ascomicete 13, ascomicete anamórfico 5 y ascomicete anamórfico 23. Grupo 3: *Ascolacicola* sp. Grupo 4: *Trichocladium achrasporum* y ascomicete anamórfico 14. Grupo 5: *Ascococcus heteroguttulatus*, *Phaeoisaria clematidis*, *Podospora* sp., y *Savoryella lignicola*.

Sólo los grupos 2 y 3 se asociaron a las estaciones 6 y 1, respectivamente; estas estaciones tuvieron los valores de pH más bajos. En otros estudios se ha observado que valores de pH cercanos a la neutralidad coinciden con la riqueza fúngica máxima (Barlocher y Rosset 1981, Wood-Eggenschwiler y Barlocher 1983, Shearer y Webster 1985) y que la riqueza disminuye a pH bajo (Chamier 1987). A pesar de esto no se puede afirmar que estas especies estén asociadas a valores bajos de este parámetro debido a que el pH en todas las estaciones de muestreo no varió significativamente; debido a que todos los parámetros registrados estuvieron pobremente representados, con excepción del pH en ambos ejes, se puede sugerir que si existe algún patrón de distribución espacial en la laguna Las Ilusiones está determinado por algún factor no registrado en este estudio.

6. CONCLUSIONES

- *Ascosacculus heteroguttulatus*, *Savoryella lignicola*, *Phaeoisaria clematidis*, *Podospora sp.*, *Xylomyces chlamydosporus* y *Aniptodera sp.* fueron las especies más frecuentes y forman un grupo de especies presentes en toda la laguna a lo largo de todo el año.
- Debido a que no se tienen datos sobre la composición química de los tipos de madera utilizados se puede sugerir que las especies mencionadas son hongos generalistas que pueden colonizar y degradar todos los tipos de materia vegetal que ingresan a la laguna.
- La variación temporal en la riqueza y diversidad de especies es el resultado de la entrada de materia orgánica en la laguna durante la época de lluvia y nortes.
- La distribución temporal de las especies sugiere que el principal factor regulador de la estructura de la comunidad de los ascomicetes dulceacuícolas es la lluvia.
- La variación espacial de la riqueza y diversidad de especies corresponden al grado de urbanización de las zonas circundantes de la laguna.
- La distribución espacial no sugiere una estructura clara de la comunidad.
- La presencia de *Podospora sp.* es indicador de contaminación orgánica.
- A pesar del alto impacto que tiene la actividad humana en la laguna Las Ilusiones se puede considerar una comunidad en equilibrio en base a la estructura de la comunidad (3 especies dominantes, 3 especies comunes y el resto especies raras).

7. PERSPECTIVAS

Debido a que Tabasco presenta una cantidad considerable de cuerpos de agua tanto lénticos como lóticos, el conocimiento generado en este estudio establece las bases para seguir monitoreando la laguna de Las Ilusiones o empezar la exploración de otros cuerpos de agua del estado que no presentan impacto antropogénico considerable en busca de nuevas especies.

Otro punto importante es el efecto del impacto de las actividades humanas en las comunidades fúngicas de los cuerpos de agua, ya que a pesar de que la laguna de Las Ilusiones presentó un estado de eutrofización constantes, se encontraron hongos que con anterioridad habían sido reportados en cuerpos de agua no contaminados, como el caso notable de *Aniptodera inflatiascigera*. Esto puede abordarse comparando cuerpos de agua con diferentes grados de impacto dentro de la misma entidad y por medio de herramientas estadísticas utilizando datos fisicoquímicos de dichos cuerpos de agua.

Un aspecto poco conocido de la actividad de las comunidades fúngicas dulceacuícolas es el proceso de sucesión en los substratos que degradan, el cual debe ser abordado haciendo un seguimiento detallado de dicha sucesión en el laboratorio e *in situ*. A partir de un estudio de este tipo se podría determinar el papel que desempeñan las diferentes especies de hongos durante el proceso de degradación de la materia vegetal sumergida.

La dinámica de colonización de los substratos que ingresan a la laguna es otro punto importante que no ha sido estudiado en ningún cuerpo de agua. Conocer si hay diferencias en la presencia de esporas en la columna de agua, el sedimento de la laguna y el suelo circundante permitiría conocer más a fondo la ecología de la laguna.

Además, teniendo la base taxonómica proporcionada por este estudio se pueden realizar trabajos que exploren el uso de las especies encontradas en la laguna como bioindicadores y biomarcadores de cambios ambientales, así como en estudios moleculares sobre diversidad, diseño de sondas moleculares, de biorremediación, control biológico y producción de metabolitos secundarios.

8. REFERENCIAS

- Agnihotrudu V, 1962. Notes on the fungi from North-East India X. *Chaetospermum camelliae* sp. nov. on tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze). *Mycopathologia et Mycologia Applicata* **16**: 113-116.
- APHA (American Public Health Association), 1989. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 17a. ed, Washington, DC.
- Arambarri A, Cabello M, Mengascini A, 1987. New Hyphomycetes from Santiago River (Buenos Aires Province, Argentina). *Mycotaxon* **29**: 29-35.
- Au DWT, Hodgkiss IJ, Vrijmoed LLP, 1992. Fungi and cellulolytic activity associated with decomposition of *Bauhinia purpurea* leaf litter in a polluted and unpolluted Hong Kong waterway. *Canadian Journal of Botany* **70**: 1071-1079.
- Barlocher F, Rosset J, 1981. Aquatic hyphomycete spora of two Black Forest and two Swiss Jura streams. *Transactions of the British Mycological Society* **76**: 479-483.
- Bell A, 1983. *Dung fungi: an illustrated guide to coprophilous fungi in New Zealand*. Victoria University Press, Wellington, N.Z.
- Blanchette RA, Held BW, Jurgens JA, McNew DL, Harrington TC, Duncan SM, Farrell RL, 2003. Wood-destroying soft rot fungi in the historic expedition Huts of Antarctica. *Applied and Environmental Microbiology* **70**: 1328-1335.
- Butt TM, Jackson C, Magan N, 2001. Fungal biological control agents: progress, problems and potential. En: Butt TM, Jackson C, Magan N. (eds), *Fungi as biocontrol agents*. CAB International, Londres, Inglaterra, pp. 1-8.
- Butterworth FM., 1995. Introduction to biomonitors and biomarkers as indicators of environmental change. En: Butterworth FM, Corkum LD, Guzmán-Rincón J. (eds), *Biomonitoring and biomarkers as indicators of environmental change*. Plenum Press, Nueva York, NY, pp. 1-5.
- Cai L, Zhang KQ, Hyde KD, 2003. Freshwater Ascomycetes. En: Tsui CKM, Hyde KD. (eds), *Freshwater mycology*. Fungal Diversity Press, Hong Kong, China, pp. 275-324.
- Cai L, Ji K-F, Hyde KD, 2006. Variation between freshwater and terrestrial fungal communities on decaying bamboo culms. *Antonie van Leeuwenhoek* **89**: 293-301.
- Cai L, Tsui CKM, Zhang K, Hyde KD, 2002. Aquatic fungi from Lake Fuxian, Yunnan, China. *Fungal Diversity* **9**: 57-70.

- Calduch M, Gene J, Guarro J, Abdullah SK, 2002. *Janetia obovata* and *Stachybotryna excentrica*, two new hyphomycetes from submerged plant material in Spain. *Mycologia* **94**: 355-361.
- Campbell J, Anderson JL, Shearer CA, 2003. Systematics of *Halosarpheia* based on morphological and molecular data. *Mycologia* **95**: 530-552.
- Campbell J, Ferrer A, Raja H, Sivichai S, Shearer CA, 2007. Phylogenetic relationships among taxa in the Jahnulales inferred from 18S and 28S nuclear ribosomal DNA sequences. *Canadian Journal of Botany* **85**: 873-882.
- Cazau MC, Arambarri AM, Cabello MN, 1993. New Hyphomycetes from Santiago River VI (Buenos Aires Province, Argentina). *Mycotaxon* **46**: 235-240.
- Céspedes AE, Castillo J, 1982. Algunos quitridiomycetes y oomicetes aislados de localidades en cuatro estados de la República Mexicana. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* **17**: 207-210.
- Chamier AC, 1987. Effect of pH on microbial degradation of leaf litter in seven streams of the English Lake district. *Oecologia* **71**: 491-500.
- Chang HS, Hsieh SY, Jones EBG, Read SJ, Moss T, 1998. New freshwater species of *Ascotaiwania* and *Savoryella* from Taiwan. *Mycological Research* **102**: 709-718.
- Chavarría AC, 2003. Estudio preliminar de los hongos del canal Santa Cruz, Laguna Xaltocan y canal Xaltocan, Delegación Xochimilco Distrito Federal. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Czeczuga B, 1995. Hydromycoflora fungi of small lakes "Suchary" in the Wigry National Park. *Acta Mycologica* **30**: 167-180.
- Damon SC, 1952. Type studies in *Dictyosporium*, *Speria* and *Cattanea*. *Lloydia* **15**: 110-124.
- Dighton J, 2003. Fungi in ecosystems processes. Marcel Dekker, Nueva York, NY.
- Dudka IO, 1963. Data on the flora of aquatic fungi of the Ukrainian SSR. II. Aquatic Hyphomycetes of Kiev Polesse. *Ukrainskyi Botanichnyi Zhurnal* **20**: 86-93.
- Dudka IO, 1985. Ascomycetes, components of freshwater biocenosis. *Ukrainskyi Botanichnyi Zhurnal* **42**: 86-95.
- Eaton RA, Jones EBG, 1970. New fungi on timber from water-cooling towers. *Nova Hedwigia* **19**: 779-786.

- Eaton RA, Jones EBG, 1971. The biodeterioration of timber in water cooling towers. I. Fungal ecology and decay of wood at Connah's Quay and Ince. *Material und Organismen* **6**: 51-80.
- Fabre E, 1998. Aquatic hyphomycetes in three rivers of southwestern France. III. Relationships between spatial and temporal dynamics. *Canadian Journal of Botany* **76**: 115-121.
- Fallah P, Shearer CA, 2001. Freshwater ascomycetes: new and noteworthy species from north temperate lakes in Wisconsin. *Mycologia* **93**: 566-602.
- Farr DF, Rossman AY, Palm ME, McCray EB, 2007. *Fungal Databases*, Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, ARS, USDA. <http://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>.
- Fryar SC, Davies J, Booth W, Hodgkiss IJ, Hyde KD, 2004. Succession of fungi on dead and live wood in brackish water in Brunei. *Mycologia* **96**: 219-225.
- Gauch HG, 1995. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, MA.
- Goh TK, Hyde KD, 1999. Fungi on submerged wood and bamboo in the Plover Cove Reservoir, Hong Kong. *Fungal Diversity* **3**: 57-85.
- Goh TK, Tsui CKM, 2003. Key to common dematiaceous hyphomycetes from freshwater. En: Tsui CKM, Hyde KD, (eds), *Freshwater mycology*. Fungal Diversity Press, Hong Kong, China, pp. 325-343.
- Goh TK, Tsui CKM, Hyde KD, 1997a. *Yinmingella mitriformis* gen. et sp. nov., a new sporodochial hyphomycete from submerged wood in Hong Kong. *Canadian Journal of Botany* **76**: 1693-1697.
- Goh TK, Ho WH, Hyde KD, Tsui CKM, 1997b. Four new species of *Xylomyces* from submerged wood. *Mycological Research* **101**: 1323-1328.
- Gönczöl J. 1973. *Monotosporella tuberculata*, a new species of aquatic hyphomycetes from Hungary. *Nova Hedwigia* **27**: 493-500.
- González MC, Chavarría A, 2005. Some freshwater ascomycetes from Mexico. *Mycotaxon* **91**: 315-322.
- Goos RD, Brooks RD, Lamore BJ, 1977. An undescribed hyphomycetes from wood submerged in a Rhode Island stream. *Mycologia* **69**: 280-286.
- Guzmán G, 1998. Inventorying the fungi of México. *Biodiversity and Conservation* **7**: 369-384.

- Halffter G, Ezcurra E, 1992. ¿Qué es la biodiversidad? En: Halffter G. (ed), *La diversidad biológica de Iberoamérica*. Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Veracruz, pp. 3-24.
- Hawksworth DL, 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. *Mycological Research* **95**: 641-655.
- Hawksworth DL, 2001. The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycological Research* **103**: 1422-1432.
- Heywood VH, 1995. *Global Biodiversity Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge, MA.
- Ho WH, Hyde KD, Hodgkiss IJ, 1997. Ascomycetes from tropical freshwater habitats: the genus *Savoryella*, with two new species. *Mycological Research* **101**: 803-809.
- Ho WH, Tsui CKM, Hodgkiss IJ, Hyde KD, 1999. *Aquaticola*, a new genus of *Annulatasceae* from freshwater habitats. *Fungal Diversity* **3**: 87-97.
- Ho WH, Yanna, Hyde KD, Hodgkiss IJ, 2002. Seasonality and sequential occurrence of fungi on wood submerged in Tai Po Kau Forest Stream, Hong Kong. *Fungal Diversity* **10**: 21-43.
- Hughes SJ, 1958. Revisiones Hyphomycetum aliquot cum appendice de nominibus rejiciendis. *Canadian Journal of Botany* **36**: 727-836.
- Hyde KD, 1992a. Tropical Australian freshwater fungi. I. Some ascomycetes. *Australian Systematic Botany* **5**: 109-116.
- Hyde KD, 1992b. Tropical Australian freshwater fungi. II. *Annulatasceus velatispora* gen. et sp. nov., *A. bipolaris* sp. nov. and *Nais aquatica* sp. nov. (Ascomycetes). *Australian Systematic Botany* **5**: 117-124.
- Hyde KD, 1992c. Tropical Australian freshwater fungi. IV. *Halosarpheia aquatica* sp. nov., *Garethjonesia lacunosispora* gen & sp. nov. and *Ophioceras dolichostomum* (Ascomycetes). *Australian Systematic Botany* **5**: 407-414.
- Hyde KD, 1993. Tropical Australian freshwater fungi. V. *Bombardia* sp., *Jahnula australiensis* sp. nov., *Savoryella aquatica* sp. nov. and *S. lignicola* sp. nov. *Australian Systematic Botany* **6**: 161-167.
- Hyde KD, Goh TK, 1998. Fungi on submerged wood in Lake Barrine, north Queensland, Australia. *Mycological Research* **102**: 739-749.
- Hyde KD, Wong SW, 1999. Tropical Australian freshwater fungi. XV. The ascomycete genus *Jahnula*, with five new species and one new combination. *Nova Hedwigia* **68**: 489-509.

- Hyde KD, Wong SW, Jones EBG, 1997. *Diluvicola capensis* gen. and sp.nov., a freshwater ascomycete with unique polar caps on the ascospores. *Fungal diversity* **1**: 133-146.
- Hyde KD, Ho WH, Tsui CKM, 1999. The genera *Aniptodera*, *Halosarpheia*, *Nais* and *Phaeonectriella* from freshwater habitats. *Mycoscience* **40**: 165-183.
- Inderbitzin P, Landvik S, Abdel-Wahab MA, Berbee ML, 2001. *Aliquandostipitaceae*, a new family for two tropical ascomycetes with unusually wide hyphae and dimorphic ascomata. *American Journal of Botany* **88**: 52-61.
- INEGI, 2001. Anuario estadístico del estado de Tabasco 2001. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, DF.
- Ingold CT, 1951. Aquatic ascomycetes: *Ceriospora caudae suis* n. sp. and *Ophiobolus typhae*. *Transactions of the British Mycological Society* **34**: 210-215.
- Ingold CT, 1955. Aquatic ascomycetes: further species from the English Lake District. *Transactions of the British Mycological Society* **38**: 157-168.
- Jones EBG, 1976. Recent advances in aquatic mycology. Elek Science, Londres, Inglaterra.
- Jones EBG, 1981. Observations on the ecology of lignicolous aquatic hyphomycetes. En: Wicklow DT y Carroll GC. (Eds), *The fungal community*. Marcel Dekker, Nueva York, NY, pp. 731-742.
- Jones EBG, Eaton RA, 1969. *Savoryella lignicola* gen. et sp. nov. from water-cooling towers. *Transactions of the British Mycological Society* **52**: 161-165.
- Jones EBG, Hyde KD, 1992. Taxonomic studies on *Savoryella* Jones et Eaton (Ascomycotina). *Botanica Marina* **35**: 83-91.
- Jones EBG, Oliver AC, 1964. Occurrence of aquatic Hyphomycetes on wood submerged in fresh and brackish water. *Transactions of the British Mycological Society* **47**: 45-48.
- Kirk PM, Cannon PF, David JC, Stalpers JA, 2001. *Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi*. 9th ed. CAB International, Wallingford, Inglaterra.
- Lamore BJ, Goos RD, 1978. Wood-inhabiting fungi of a freshwater stream in Rhode Island. *Mycologia* **70**: 1025-1034.
- Lodge DJ, 1997. Factors related to diversity of decomposer fungi in tropical forests. *Biodiversity and Conservation* **6**: 681-688.
- Luo J, Yin J, Cai L, Zhang K, Hyde KD, 2004. Freshwater fungi in Lake Dianchi, a heavily polluted lake in Yunnan, China. *Fungal Diversity* **16**: 93-112.

- Maheshwari R, 2005. *Fungi: experimental models in biology*. Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL.
- Minoura K, Muroi T, 1978. Some freshwater ascomycetes from Japan. *Transactions of the Mycological Society of Japan* **19**: 129-134.
- Nawawi A, Kuthubutheen AJ, 1989. *Canalisporium*, a new genus of lignicolous hyphomycetes from Malaysia. *Mycotaxon* **34**: 475-487.
- Pachepsky E, Crawford JW, Brown JL, Squire G, 2001. Towards a general theory of biodiversity. *Nature* **410**: 923-926.
- Pascoal C, Marvanová L, Cássio F, 2005. Aquatic hyphomycetes diversity in streams of Northwest Portugal. *Fungal Diversity* **19**: 109-128.
- Polishook JD, Bills GF, Lodge DJ, 1996. Microfungi from decaying leaves of two rainforest trees in Puerto Rico. *Journal of Industrial Microbiology* **17**: 284-294.
- Raja HA, Shearer CA, 2006. *Jahnula* species from North and Central America, including three new species. *Mycologia* **98**: 319-332.
- Raja HA, Shearer CA, 2008. Freshwater ascomycetes: new and noteworthy species from aquatic habitats in Florida. *Mycologia* **100**: 467-489.
- Raja HA, Ferrer A, Shearer CA, 2005. *Aliquandostipite crystallinus*, a new ascomycete species from submerged wood in freshwater habitats. *Mycotaxon* **91**: 207-215.
- Raviraja NS, Sridhar KR, Bärlocher F, 1998. Fungal species richness in Western Ghat streams (southern India): is it related to pH, temperatura or altitude?. *Fungal Diversity* **1**: 179-191.
- Robert V, Stegehuis G, Stalpers J, 2005. *The Mycobank engine and related databases*. <http://www.mycobank.org>.
- Rodríguez RE, 2002. *Las lagunas continentales de Tabasco*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco.
- Rungjindamai N, Sakayaroj J, Plaingam N, Somrithipol S, Jones EBG, 2008. Putative basidiomycete teleomorphs and phylogenetic placement of the coelomycete genera: Chaetospermum, Giulia and Mycrotribulus based on nu-rDNA sequences. *Mycological Research* **112**: 802-810.
- Schoenlein-Crusius IH, Piccolo-Grandi RA, 2003. The diversity of aquatic Hyphomycetes in South America. *Brazilian Journal of Microbiology* **34**: 183-193.

- Schoenlein-Crusius IH, Pires-Zottarelli CLA, Milanez AI, 1992. Aquatic fungi in leaves submerged in a stream in the Atlantic Rainforest. *Revista de Microbiologia* **23**: 167-171.
- Shearer CA, 1972. Fungi of the Chesapeake Bay and its tributaries. III. The distribution of wood-inhabiting Ascomycetes and Fungi Imperfecti of the Patuxent River. *American Journal of Botany* **59**: 961-969.
- Shearer CA, 1973. Fungi of the Chesapeake Bay and its tributaries. II. The genus *Conioscypha*. *Mycologia* **65**: 128-136.
- Shearer CA, 1974. Fungi of the Chesapeake Bay and its tributaries. IV. Three new species from the Patuxent River. *Mycologia* **66**: 16-24.
- Shearer CA, 1978. Fungi of the Chesapeake Bay and its tributaries. VII. *Lutrellia estuarine* gen. et sp. nov. (Ascomycetes). *Mycologia* **70**: 692-697.
- Shearer CA, 1989. *Aniptodera* (*Halosphaeriaceae*) from wood in freshwater habitats. *Mycologia* **81**: 139-146.
- Shearer CA, 1993. The freshwater ascomycetes. *Nova Hedwigia* **56**: 1-33.
- Shearer CA, 2002. *Freshwater Ascomycetes Database*.
<http://www.fm5web.life.uiuc.edu:23523/ascomycetes/>
- Shearer CA, Crane JL, 1971. Fungi of the Chesapeake Bay and its tributaries. I. Patuxent River. *Mycologia* **63**: 237-260.
- Shearer CA, Crane JL, 1978. The distribution of *Nais inornata*, a facultative marine Ascomycete. *Mycotaxon* **7**: 443-452.
- Shearer CA, Crane JL, 1980. Fungi of the Chesapeake Bay and its tributaries. VIII. Ascomycetes with unfurling appendages. *Botanica Marina* **23**: 607-615.
- Shearer CA, Crane JL, 1986. Illinois fungi XII. Fungi and myxomycetes from wood and leaves submerged in southern Illinois swamps. *Mycotaxon* **25**: 527-538.
- Shearer CA, Miller M, 1977. Fungi of the Chesapeake Bay and its tributaries. V. *Aniptodera chesapeakensis* gen. et sp. nov. *Mycologia* **69**: 887-898.
- Shearer CA, Webster J, 1985. Aquatic hyphomycetes community structure in the river Teign, Devon, England. I. Longitudinal distribution patterns. *Transactions of the British Mycological Society* **84**: 489-501.
- Shearer CA, Webster JL, 1991. Aquatic hyphomycetes community structure in the river Teign, Devon, England. IV. Twig colonization. *Mycological Research* **95**: 413-420.

- Shearer CA, Crane JL, Chen W, 1999. Freshwater ascomycetes: *Ophioceras* species. *Mycologia* **91**: 145-156.
- Shearer CA, Descals E, Kohlmeyer B, Kohlmeyer J, Marvanová L, Padgett D, Porter D, Raja HA, Schmit JP, Thorton HA, Voglymayr H, 2007. Fungal biodiversity in aquatic habitats. *Biodiversity and Conservation* **16**: 49-67.
- Sivichai S, Jones EBG, Hywel-Jones NL, 2000. Fungal colonization of wood in a freshwater stream at Khao Yai Nacional Park, Thailand. *Fungal Diversity* **5**: 71-88.
- Sivichai S, Jones EBG, Hywel-Jones NL, 2002. Fungal colonization of wood in a freshwater stream at Tad Ta Phu, Khao Yai Nacional Park, Thailand. *Fungal Diversity* **10**: 113-129.
- Spooner BM, 1996. New British records 131. *Aniptodera fusiformis*. *Mycologist* **10**: 110.
- StatSoft, Inc. 2004. STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.
- Suberkropp K, Krug MJ, 1980. The maceration of deciduous leaf litter by aquatic hyphomycetes. *Canadian Journal of Botany* **50**: 1025-1031.
- Suberkropp K, 1984. Effect of temperature on seasonal occurrence of aquatic hyphomycetes. *Transactions of the British Mycological Society* **82**: 53-62.
- Suberkropp K, 1995. The influence of nutrients on fungal growth, productivity, and sporulation during leaf breakdown in streams. *Canadian Journal of Botany* **73** (Suppl. 1): S1361-1369.
- Thomas K, 1996. Australian freshwater fungi. En: *Introductory volume to the fungi (Part 2). Fungi of Australia, Vol. 1B*. Australian Biological Resources Study, Canberra, Australia, pp. 1-37.
- Tsui CKM, Hyde KD, 2003a. Introduction. En: Tsui CKM, Hyde KD. (eds), *Freshwater mycology*. Fungal Diversity Press, Hong Kong, China, pp. 1-9.
- Tsui CKM, Hyde KD, 2003b. Fungi on submerged Wood in Koito River, Japan. *Mycoscience* **44**: 55-59.
- Tsui CKM, Hyde KD, Hodgkiss IJ, 1997. A new species of *Aniptodera* (Ascomycetes) from Hong Kong and the Philippines. *Sydowia* **49**: 187-192.
- Tsui CKM, Hyde KD, Hodgkiss IJ, 2001. Colonization patterns of wood-inhabiting fungi on baits in Hong Kong rivers, with reference to the effects of organic pollution. *Antonie van Leeuwenhoek* **79**: 33-38.

- Udaiyan K, 1991. Some interesting hyphomycetes from industrial cooling towers of Madras. *Journal of Economic and Taxonomic Botany* **15**: 627-647.
- Vijaykrishna D, Hyde KD, 2006. Inter.- and intra stream variation of lignicolous freshwater fungi in tropical Australia. *Fungal Diversity* **21**: 203-224.
- Weston WH, 1929. Observations on *Laromyces*, an undescribed aquatic Ascomycete. *Mycologia* **21**: 55-76.
- Wong MKM, Goh T-K, Hodgkiss IJ, Hyde KD, Ranghoo VM, Tsui CKM, Ho W-H, Wong WSW, Yuen T-K, 1998a. Role of fungi in freshwater ecosystems. *Biodiversity and Conservation* **7**: 1187-1206.
- Wong SW, Hyde KD, Jones EBG, 1998b. *Halosarpheia heteroguttulata* sp. nov. from submerged wood in streams. *Canadian Journal of Botany* **76**: 1857-1862.
- Wood-Eggenschwiler S, Barlocher F, 1983. Aquatic hyphomycetes in sixteen streams in France, Germany and Switzerland. *Transactions of the British Mycological Society* **81**: 371-379.
- Zare-Maivan H, Shearer CA, 1988. Extracellular enzyme production and cell wall degradation by freshwater lignicolous fungi. *Mycologia* **80**: 365-375.

New records of three freshwater ascomycetes from an urban lagoon of Tabasco, Mexico

EDMUNDO ROSIQUE-GIL¹*, MARÍA C. GONZÁLEZ¹ & JOAQUÍN CIFUENTES²

*erosique@ibiologia.unam.mx

¹Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, DF 04510, México

²Herbario FCME, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México AP 70-399, Coyoacán México DF 04510, México

Abstract — A survey of lignicolous freshwater ascomycetes was carried out in Las Ilusiones Lagoon located in the metropolitan area of Villahermosa City, State of Tabasco, Mexico. *Aniptodera inflatiscigera*, *Ascocacculus aquaticus* and *A. heteroguttulatus* are recorded for the first time from Mexico. This study is an important contribution to the knowledge of the worldwide distribution of these three species from tropical freshwater ecosystems.

Key words — *Halosphaeriales*, lentic habitat, *Sordariales*, submerged wood panels, taxonomy

Introduction

The number of fungal species described worldwide is around 80,060 (Kirk et al. 2001). Of these, only about 500 species are freshwater meiosporic euascomycetes (Tsui & Hyde 2003, Vijaykrishna et al. 2006, Shearer et al. 2007). Little is known about the biodiversity of this group of ascomycetes from tropical eco-regions (Vijaykrishna & Hyde 2006) and particularly Mexico. The only knowledge of ascomycetes from a lentic freshwater environment is from a study by González & Chavarria (2005) of freshwater ascomycetes from a temperate urban ecosystem situated in the metropolitan zone of Mexico City.

During the past two years a biodiversity project to study lignicolous freshwater ascomycetes of the State of Tabasco was undertaken because it is located in one of the highest precipitation regions of Mexico, which results in an elevated diversity of natural and urban lentic habitats. Las Ilusiones Lagoon is located in the residential section of Villahermosa City, capital of the State of Tabasco. This lotic environment has vital importance as a water reservoir for the city and it is a popular recreational area. In this study, we identify and illustrate three freshwater ascomycetes recorded from Mexico for the first time.

Materials and methods

Wood panels submerged for three months in the Las Ilusiones Lagoon (17°59'22", 18°01'22" N and 92°55'20", 92°56'40" W, cover surface 198.4 ha), located in the urban zone of Villahermosa City, Tabasco State, México (Rodríguez 2002). The phosphorous and nitrogen elevated values registered at Las Ilusiones Lagoon suggest eutrophication, based on boundary values of the trophic classification system (OECD 1982). The exposed panels were retrieved, placed in Zip-lock[®] plastic bags, transported to the laboratory in a cooler containing ice and processed within 6 h. Collected material was washed in tap water and placed in transparent plastic boxes containing moist paper towels (Jones 1971). Samples were incubated at laboratory conditions (25–30 C) under natural daylight. Wood panels were examined at one month for the presence of fungal fruiting structures. For morphological examination, squash mounts of ascomata in sterile water were prepared on glass slides, and ascomata, paraphyses, asci and ascospores were measured and photographed using an Olympus BX50 light/interference/phase contrast microscope. Dried specimens on wood panels and permanent microscope slides, prepared according to the double cover glass method (Volkman-Kohlmeier & Kohlmeier 1996), have been deposited in the fungal collection of Herbario Nacional (MEXU) of the Institute of Biology, Universidad Nacional Autónoma de México.

Taxonomy

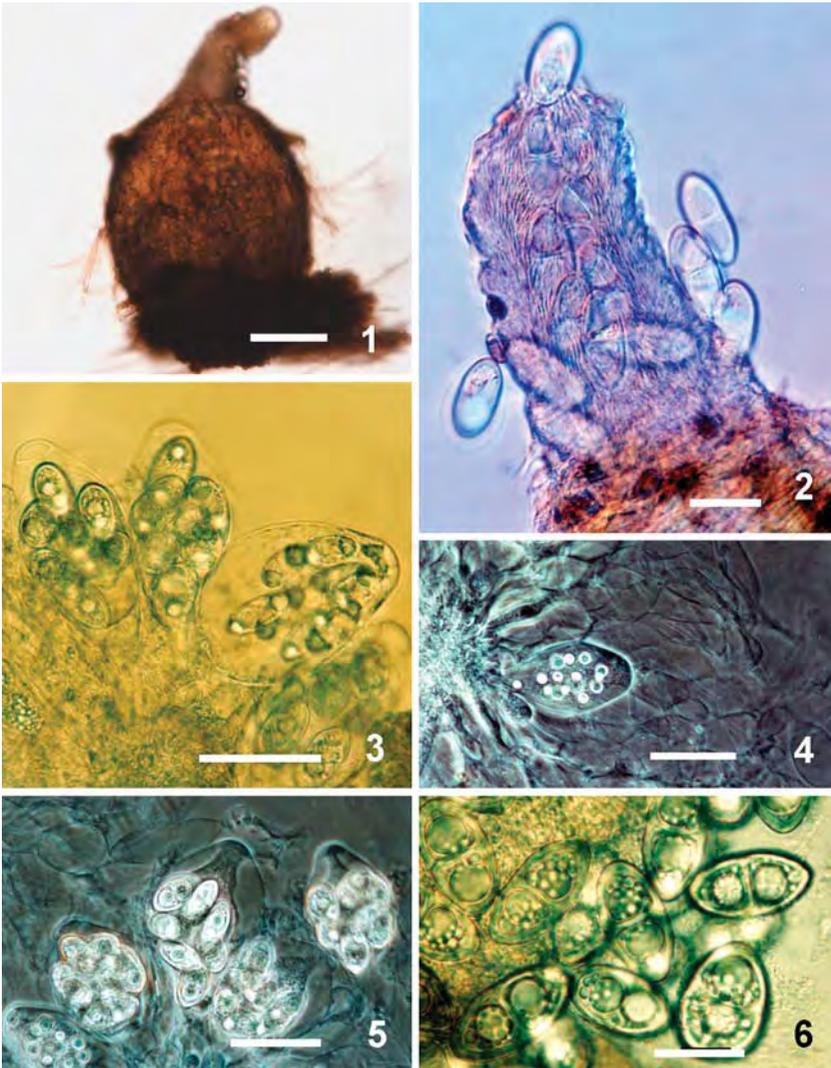
Aniptodera inflatiascigera K. M. Tsui, K.D. Hyde & Hodgkiss,

Sydowia 49: 188 (1997).

Figs. 1–6

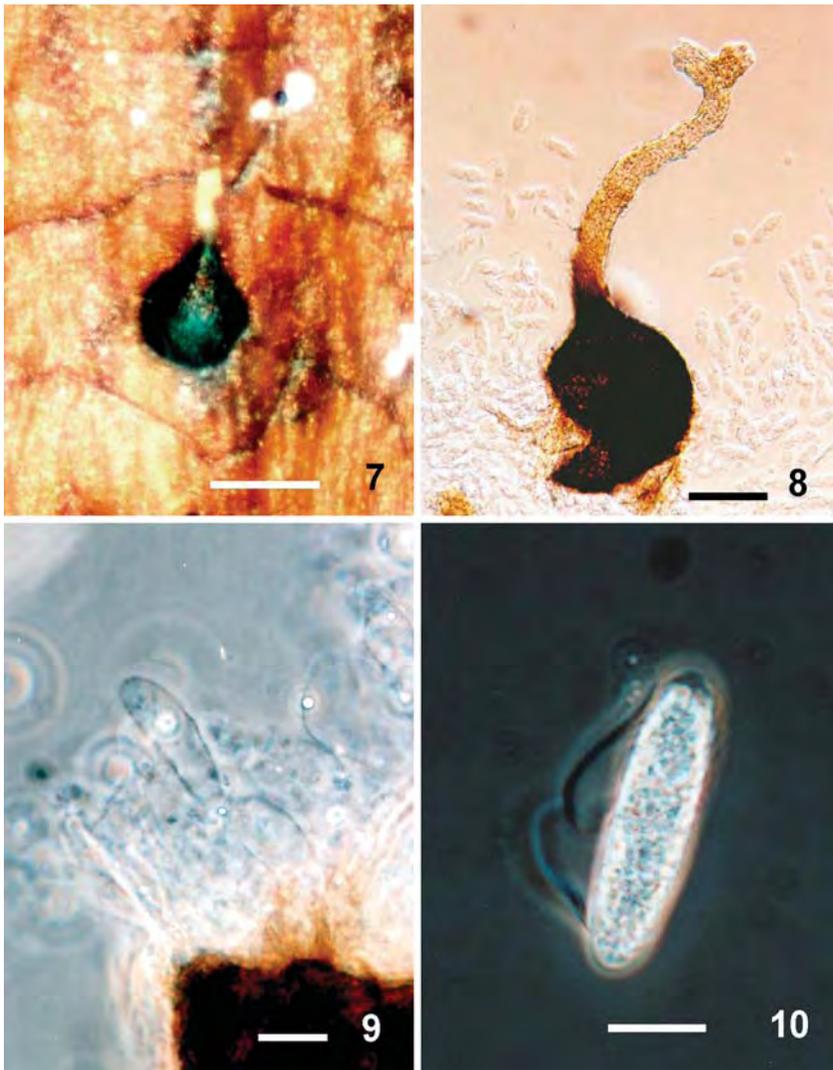
MATERIAL EXAMINED — MEXICO. TABASCO: Centro Municipality, LAS ILUSIONES LAGOON (92°55'75" W 18°00'57"N) 24 Apr 2006, E Rosique-Gil, MC González, J Cifuentes MGFW5 and slide 5 (MEXU 25351, *Pinus* sp. wood test block submerged 3 mo and incubated 1 mo.

Aniptodera inflatiascigera is very similar in ascospore form to other species, such as *A. fusiformis*, *A. limnetica* and *A. margarition*, in having hyaline, bi-celled thick-walled ascospores. However, *A. inflatiascigera* has larger ascospores (32–46 × 15–22 µm) compared to those of *A. fusiformis* (19–28 × 8–12 µm), *A. limnetica* (18–24 × 8–11 µm), and *A. margarition* (15–22 × 9–13 µm) (Shearer 1989, Tsui et al. 1997, Hyde et al. 1999). Also, *A. inflatiascigera* resembles *A. chesapeakeensis* and *A. lignatilis* in the conspicuous retraction of cytoplasm in the ascus apices (Shearer & Miller 1977, Hyde 1992). The large asci that swell on release from the ascomata is an exclusive characteristic of *A. inflatiascigera*. The features of the Mexican specimen, however, agree with those of *A. inflatiascigera*, particularly the thick-walled ascospores (29–30 × 10–15 µm), the swollen asci, the thickened ascus apex and the subapical retraction of cytoplasm in the ascus.



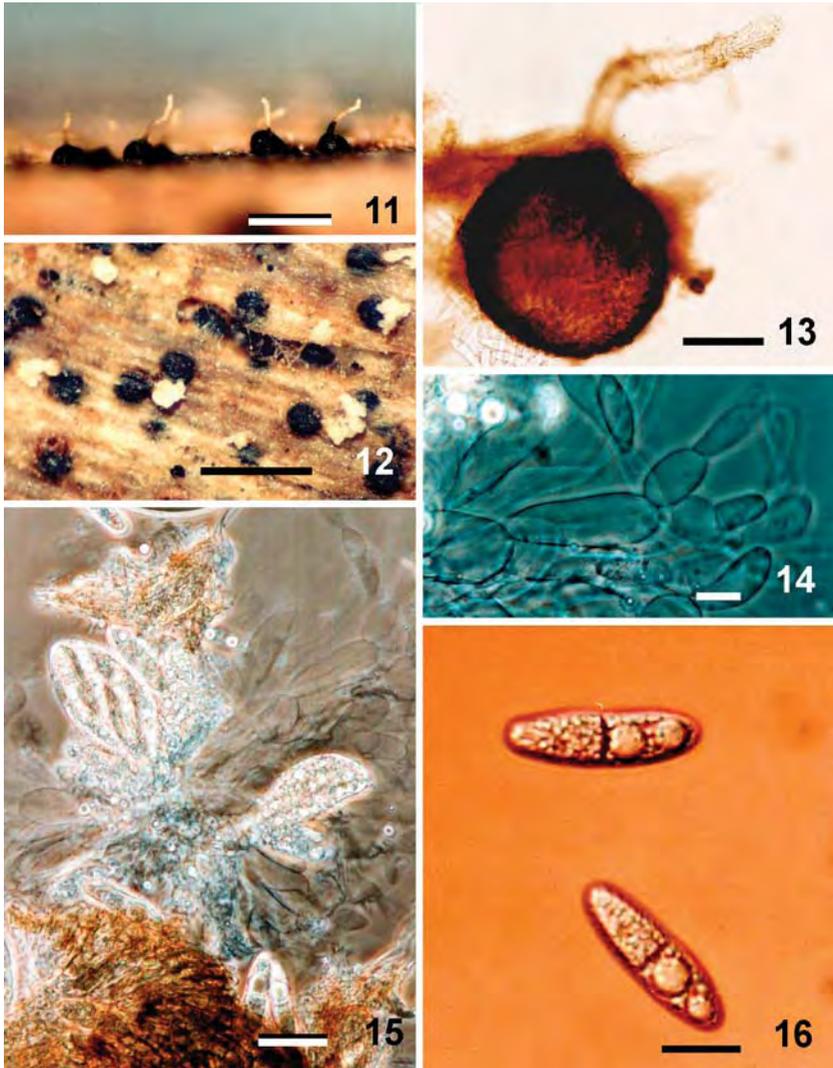
Figs. 1-6. *Aniptodera inflatiscigera*. 1. Ascoma on wood. 2. Conical, periphysate, hyaline neck with ascospores in canal. 3. Swollen asci. 4. Immature ascus and catenophyses. 5. Asci in various stages of development showing the apical thickening and cytoplasm retraction below the apex. 6. Thick-walled ascospores.

Bars 1 = 100 μm , 2 = 20 μm , 3, 4, 5 = 50 μm , 6 = 20 μm . Photomicrographs 1 taken with light microscopy, 2, 3, 6 with interference contrast microscopy and 4, 5 with phase contrast microscopy.



Figs. 7-10. *Ascosacculus aquaticus*. 7. Subglobose ascoma on wood. 8. Dark brown ascoma with hyaline neck with released ascospores. 9. Catenophyses. 10. Multiguttulate and unfurling appended ascospore.

Bars 7 = 200 μm , 8 = 100 μm , 9 = 10 μm , 10 = 10 μm . Photomicrographs 7 taken with light microscopy, 8 with interference contrast microscopy and 9, 10 with phase contrast microscopy.



Figs. 11-16. *Ascosacculus heteroguttulatus*. 11. Ascomata on wood. 12. Accumulation of ascospores at apex of ascomata. 13. Subglobose pigmented ascoma with hyaline neck. 14. Catenophyses. 15. Asci in various stages of development. 16. Ascospores with distinctive two guttules in one cell and numerous small guttules in the second cell.

Bars 11 = 500 μ m, 12 = 100 μ m, 13 = 500 μ m, 14 = 10 μ m, 15 = 20 μ m, 16 = 10 μ m . Photomicrographs 11, 12, 13 taken with light microscopy, 14, 15 with phase contrast microscopy and 16 with interference contrast microscopy.

In this study, this species occurred rarely on the submerged panel wood at lentic and heavily organic polluted urban environment. *Aniptodera inflatiscigera* is an uncommon and new ascomycete for Mexico. Known distribution from Brunei, Hong Kong and Philippines in lotic ecosystems (Tsui et al. 1997, Ho et al. 2001).

Ascosacculus aquaticus (K.D. Hyde) J. Campb., J.L. Anderson & Shearer, *Mycologia* 95: 545 (2003). **Figs. 7-10**

MATERIAL EXAMINED — MEXICO. TABASCO: Centro Municipality, LAS ILUSIONES LAGOON (92°55'51" W 18°00'39"N) 24 Apr 2006, E Rosique-Gil, MC González, J Cifuentes MGFW6 and slide 6 (MEXU 25352, *Tabubeia* sp. wood test block submerged 3 mo and incubated 1 mo.

Ascosacculus aquaticus has subglobose or pyriform 180–205 × 140–164 µm ascomata, immersed or semi-immersed, light brown or brown, membranaceous, ostiolate, with a neck, solitary or gregarious; long or short neck, up to 320 µm long, 30–42 µm diam, hyaline and periphysate; catenophyses present; saccate, 56 × 30 µm, 8-spored, thin-walled, with no apical thickening or pore, deliquescent early asci; fusiform or cylindrical ascospores, 33.5–64 × 7–10 µm, hyaline, bi-celled, sub-medial septa, thin-walled, highly guttulate, with hamate appendages at each end (Hyde 1992). The Mexican material has fusiform or cylindrical hyaline, bi-celled, sub-medial septa, thin-walled, highly guttulate, with hamate appendages at each end, but smaller ascospores (22–32 × 7–8 µm). However, the Mexican specimen is considered to be conspecific with *A. aquaticus*. This is the first record of *A. aquaticus* from lentic and heavy organic polluted freshwater environment from Mexico. Known distribution only of lotic ecosystems from Australia (Hyde 1992) and Costa Rica (Campbell et al. 2003).

Ascosacculus heteroguttulatus (S.W. Wong, K.D. Hyde & E.B.G. Jones) J. Campb., J.L. Anderson & Shearer, *Mycologia* 95: 545 (2003). **Figs. 11-16**

MATERIAL EXAMINED — MEXICO. TABASCO: Centro Municipality, LAS ILUSIONES LAGOON (92°56'28" W 18°00'85"N) 4 Dec 2006, E Rosique-Gil, MC González, J Cifuentes MGFW7 and slide 7 (MEXU 25353, *Pinus* sp. wood test block submerged 3 mo and incubated 1 mo.

Ascosacculus heteroguttulatus has black, globose to subglobose, 112–168 µm diam ascomata, immersed or superficial, with long neck; catenophyses present; early deliquescent 8-spored asci; ellipsoid 27–37 × 9–17.5 µm ascospores, 2-celled, hyaline, apical cell with one or two large lipid guttules, basal cell with numerous small guttules (Wong et al. 1998, Hyde et al. 1999, Anderson & Shearer 2002). The characteristics of the Mexican material agree with those of the protologue, particularly, the guttulate pattern of the ascospores and their size (20–27 × 7–9 µm). This species is new for Mexico and the only known

distribution in Americas is from Florida, USA (Anderson & Shearer 2002) and Costa Rica (Campbell et al. 2003). Although this species was originally reported from Australia, Brunei, Hong Kong, Mauritius, Philippines and South Africa, the subsequent Americas records suggest a possible worldwide tropical and subtropical distribution of this fungus. Interestingly, the Mexican record of *A. heteroguttulatus* is the first from a heavily organic polluted urban body of water.

Acknowledgments

The authors are grateful to the reviewers of the manuscript Dr. Carol A. Shearer, Kevin D. Hyde and Shaun Pennycook. Also, the authors thank Biol. Andrés Pedrero Sánchez, Director de Recursos Naturales de la Secretaría de Desarrollo Social y Protección al Ambiente del Estado de Tabasco for field exploration permission and for providing a boat for transportation. This work was supported by grant of Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-SEP clave U1 60502) to Instituto de Biología, UNAM. The first author thanks the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología for a fellowship to obtain the Doctor of Sciences degree (CONACYT 163202) and the Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

Literature cited

- Anderson JL, Shearer CA. 2002. *Halosarpheia heteroguttulata*: anamorph and report from the northern hemisphere. *Mycotaxon* 82: 115–120.
- Campbell J, Anderson JL, Shearer CA. 2003. Systematics of *Halosarpheia* based on morphological and molecular data. *Mycologia* 95: 530–552.
- González MC, Chavarria A. 2005. Some freshwater ascomycetes from Mexico. *Mycotaxon* 91: 315–322.
- Ho WH, Hyde KD, Hogdkiss IJ, Yanna. 2001. Fungal communities on submerged wood from streams in Brunei, Hong Kong, and Malaysia. *Mycol Res* 105: 1492–1501.
- Hyde KD. 1992. Tropical Australian freshwater fungi. IV. *Halosarpheia aquatica* sp. nov., *Garethjonesia lacunosispora* gen. & sp. nov. and *Ophioceras dolichostomum* (Ascomycetes). *Aust Syst Bot* 5: 407–414.
- Hyde KD, Ho W-H, Tsui CKM. 1999. The genera *Aniptodera*, *Halosarpheia*, *Nais* and *Phaeonectriella* from freshwater habitats. *Mycoscience* 40: 165–183.
- Jones EBG. 1971. Aquatic fungi. In Booth C ed, *Methods in microbiology*. vol 4, Academic Press, London pp 335–365.
- Kirk PM, Cannon PF, David JC, Stalpers JA. 2001. *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the fungi*. 9th ed. Cab International, Wallingford.
- OECD [Organization for Economic Cooperation and Development]. 1982. Eutrophication of waters, monitoring, assessment and control. OECD cooperative programme on monitoring of inland waters (eutrophication control). Directorate OECD, Paris.
- Rodríguez RE. 2002. Las lagunas continentales de Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México.
- Shearer CA. 1989. *Aniptodera* (*Halosphaeriaceae*) from wood in freshwater habitats. *Mycologia* 81: 139–146.

- Shearer CA, Miller M. 1977. Fungi of the Chesapeake Bay and its tributaries. V. *Aniptodera chesapeakensis* gen. et sp. nov. *Mycologia* 69: 887–898.
- Shearer CA, Descals E, Volkmann-Kohlmeier B, Kohlmeier J, Marvanová L, Padgett D, Porter D, Raja HA, Schmit JP, Thorton HA, Voglymayr H. 2007. Fungal biodiversity in aquatic habitats. *Biod Cons* 16: 49–67.
- Tsui KM, Hyde KD. 2003. Introduction. *Fun Div Res Ser* 10: 1–9.
- Tsui KM, Hyde KD, Hodgkiss IJ. 1997. A new species of *Aniptodera* (Ascomycetes) from Hong Kong and the Philippines. *Sydowia* 49: 187–192.
- Vijaykrishna D, Hyde KD. 2006. Inter and intra stream variation of lignicolous freshwater fungi in tropical Australia. *Fungal Divers.* 21: 203–224.
- Vijaykrishna D, Jeewon R, Hyde, KD. 2006. Molecular taxonomy, origins and evolution of freshwater ascomycetes. *Fungal Divers.* 23: 367–406.
- Volkmann-Kohlmeier B, Kohlmeier J. 1996. How to prepare truly permanent microscope slides. *Mycologist* 10: 107–108.
- Wong SW, Hyde KD, Jones EBG. 1998. *Halosarpheia heteroguttulata* sp. nov. from submerged wood in streams. *Can J Bot* 76: 1857–1862.