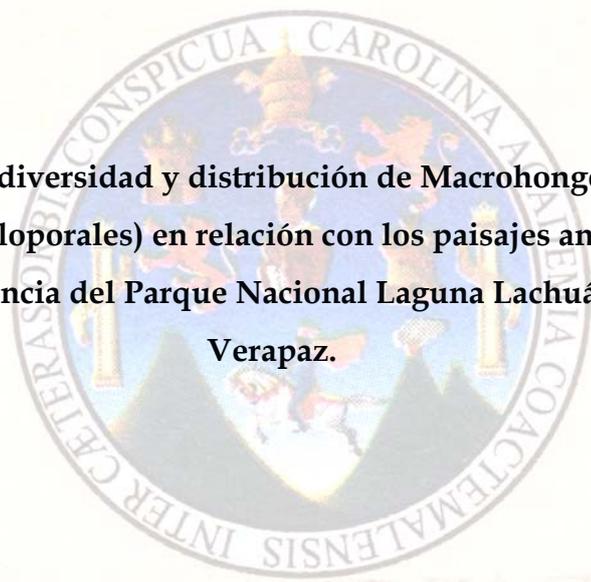


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
ESCUELA DE BIOLOGÍA



Análisis de la diversidad y distribución de Macrohongos (Órdenes Agaricales y Aphyloporales) en relación con los paisajes antropogénicos en la zona de influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz.

Maura Liseth Quezada Aguilar

Bióloga

Guatemala, Mayo de 2005

ÍNDICE

	Pág.
1. Resumen	02
2. Introducción	03
3. Antecedentes	04
3.1 Generalidades de los Hongos	04
3.2 Investigaciones de Hongos en Guatemala	06
3.3 Generalidades de la Vegetación de la Eco-región Lachuá	10
4. Justificación	12
5. Objetivos	13
6. Hipótesis	14
7. Materiales y Métodos	15
7.1 Universo y Muestra	15
7.2 Materiales	15
7.3 Método	16
8. Resultados	22
9. Discusión	31
10. Conclusiones	38
11. Recomendaciones	40
12. Bibliografía	41
13. Anexos	49

1. RESUMEN

El Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL) y su zona de influencia (ZI) corresponde a uno de los remanentes de Selvas alta y mediana perennifolia de Guatemala. La zona de influencia del PNLL esta conformada por un mosaico de hábitats definidos según el uso de la tierra. (Miranda, 1978; CONAP, 2004).

El presente estudio analiza los patrones de diversidad y distribución de macrohongos en relación con el paisaje antropogénico en la ZI del PNLL, así como la búsqueda de especies indicadoras para el monitoreo biológico de la Eco-región. A su vez, este trabajo forma parte de los estudios multitaxonómicos del Programa de Investigación y Monitoreo de la Eco-Región Lachuá (PIMEL) para comprender los procesos biológicos que se generan en el área, y a partir de éstos proponer formas alternativas de manejo y conservación de los recursos en la Eco-región.

Para este trabajo se tomó como referencia las clases vegetales definidas por el Equipo de investigación del PIMEL, basándose en el uso del suelo (Ávila, 2004) (Ver Cuadro 1). Para cada una de las clases se seleccionó 3 parcelas de una hectárea, en las cuales se realizó 5 transectos de 100 m de longitud distanciados 20 m uno del otro. Se colectó 1,115 registros que corresponden a 256 morfoespecies pertenecientes a diez familias de Agaricales y nueve familias de Aphyllporales. La familia con mayor riqueza fue la familia Tricholomataceae con el 163 morfoespecies colectadas, siendo la única que se presentó en todas las clases vegetales, seguidamente se encontraron las familias Entolomataceae (49), Lepiotaceae (29), Coprinaceae (17), Hygrophoraceae (12), Bolbitiaceae (9), Strophoriaceae (8), Pluteaceae (7), Cortinariaceae y Agaricaceae (5). Según el análisis de "Jackknife de primer orden", se estima que la riqueza colectada fue del 59% de la riqueza esperada. Los análisis de agrupamiento jerárquico y ordenación (DCA) sugieren la agrupación de las unidades experimentales en dos grandes grupos; a) Sitos con perturbación baja a media, y b) sitios con alta perturbación. El análisis de correspondencia canónica sugiere que los factores físicos limitantes que determinan la diversidad y distribución de las especies de macrohongos son cantidad de hojarasca y cobertura vegetal. El patrón de distribución que presentan los macrohongos, según el análisis de monte carlo, es de tipo anidado; sugiriendo que las clases vegetales Bosque, Bosque con cardamomo y Guamil 3 presentan la mayor riqueza de las especies colectadas, patrón característico para taxones en áreas fragmentadas.

Palabras Clave. *Eco-región Lachuá, macrohongos, diversidad, distribución, uso del suelo, clases vegetales, basidiomycetos, Agaricales, Aphyllporales.*

2. INTRODUCCIÓN.

Los hongos son un grupo muy diverso de individuos con un papel ecológico importante como descomponedores de materia orgánica y simbioses de plantas vasculares. Contribuyen a la formación de suelo y al reciclaje de elementos en los ecosistemas. Por su tipo de nutrición, que consiste en absorción a través de la membrana, dependen íntimamente del sustrato donde viven y desdoblan materiales orgánicos tan complejos como lignina, celulosa y quitina (Guzmán, 1998). Las típicas setas, hongos de la madera y hongos de sombrilla pertenecen a los Órdenes Agaricales y Aphyllporales; el primero se caracteriza por formar su himenio (estructura reproductiva) sobre la superficie de láminas que generalmente se desarrollan en la parte inferior del basidiocarpo; y el segundo por presentar basidiocarpos carnosos coriáceos y formar un himenio sobre una superficie de poros en la parte inferior. Los hongos pertenecientes a estos órdenes (Agaricales y Aphyllporales) fueron el objeto de estudio.

El Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL) y su Zona de Influencia (ZI) constituye uno de los últimos remanentes de las Selvas alta y mediana perennifolia de Guatemala (Miranda, 1978). El PNLL se encuentra rodeado de 44 comunidades humanas que basan su actividad económica principalmente en la producción agrícola y ganadera; por lo que la zona de influencia posee un mosaico de hábitats definidos según el uso del suelo (CONAP, 2004). El Equipo de Investigación de PIMEL¹ determinó ocho clases vegetales definidas por el uso del suelo y reconocidas por los pobladores locales (Ávila, 2004).

El propósito de este trabajo fue conocer los patrones de diversidad y distribución de los macrohongos (Agaricales y Aphyllporales) y su posible relación con los paisajes antropogénicos. Se tomó como base las ocho clases vegetales definidas con relación al uso del suelo en la zona de influencia del PNLL (Ávila, 2004), para determinar los factores que explican los patrones de diversidad y distribución de macrohongos en la Eco-Región.

¹ PIMEL. Programa de Investigación y Monitoreo de la Eco-Región Lachuá, Escuela de Biología. Fac. CCQQ y Farmacia.

3. ANTECEDENTES

3.1 Generalidades de los Hongos

Los hongos son un grupo diverso de organismos unicelulares o pluricelulares que se alimentan mediante la absorción directa de nutrientes presentes en su sustrato. Junto con las bacterias, los hongos son los causantes de la putrefacción y descomposición de toda la materia orgánica. Se desarrollan en climas ecuatoriales, sub-tropicales o tropicales, templados y aún en los fríos; y desde el nivel del mar, hasta altitudes de 4,000 msnm (Herrera & Ulloa, 1990).

Los hongos desempeñan una función importante en el equilibrio ecológico de la naturaleza en muchos aspectos. Los hongos simbióticos son indispensables para el buen desarrollo de muchas plantas, las que no prosperarían sin la asociación en forma de micorrizas. Los saprófitos, utilizan sustancias orgánicas inertes, muchas de ellas en descomposición, que pueden ser reservas de otros organismos, productos de excreción y excrementos o restos de animales o vegetales. Otros hongos son parásitos que se desarrollan en otros organismos vivos (Guzmán, 1998; Herrera & Ulloa, 1990).

El reino fungi tiene aproximadamente 103 órdenes, 484 familias, 4,979 géneros y unas 100,000 especies descritas. Se divide en cuatro grupos o filos: Ascomycota, Basidiomycota, Chytridiomycota y Zygomycota (Hawksworth *et al*, 1995, Alexopoulos *et al*, 1996).

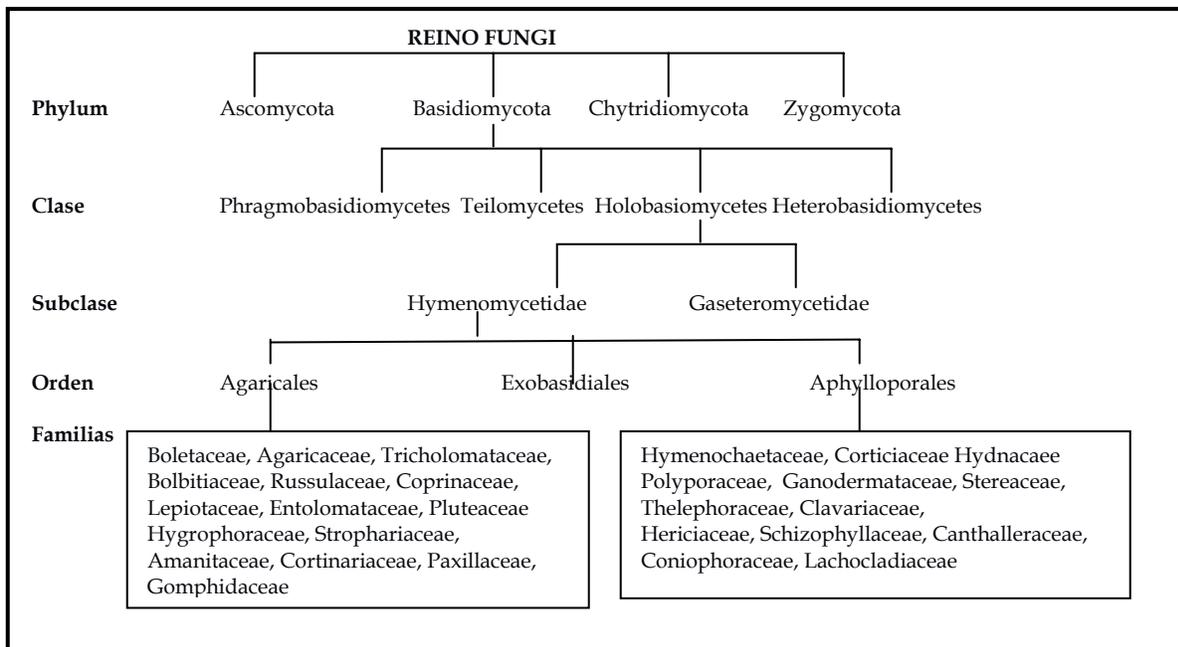
El filo Basidiomycota (Basidiomycetes) comprende numerosos y variados tipos de hongos, aquí se incluyen aquellos con forma de sombrilla, de coral, gelatinosos y algunas levaduras. A nivel microscópico, su característica principal es la presencia de estructuras reproductoras llamadas basidios, las cuales dan origen a las esporas (basidiosporas) que se localizan en las puntas de las hifas del himenio (estructura

reproductiva del basidiocarpo). Generalmente en cada basidio se forman de dos a cuatro basidiosporas (Anexo 1) (Herrera & Ulloa, 1990; Matta, 1999).

Tomando en cuenta los tipos de basidios, el filo basidiomycota se distribuye en tres clases: Heterobasidiomycetes, Phragmobasidiomycetes, Teilomycetes y Holobasidiomycetes, en esta última se incluyen los hongos llamados comúnmente setas; hongos clavos, corales, falsas trufas y estrellas de tierra (Alexopoulos *et al*, 1996)

La Clase Holobasidiomycetes se divide en dos subclases; la subclase Gasteromycetidae y la subclase Himenomycetidae, esta última engloba tres órdenes, Orden Exobasidiales, sin basidiocarpo presente y comúnmente parásitos en plantas; Orden Aphyllporales, con basidiocarpos carnosos, coriáceos, en forma de costra, de sombrilla con estípote excéntrico, de coral. El Orden Agaricales presenta basidiocarpos carnosos, blandos, efímeros, de forma de sombrilla, con estípote central y un píleo, el himenio se forma en tubos o láminas que se desarrollan en la superficie inferior del píleo, los basidios maduran más o menos simultáneamente (Alexopoulos *et al*, 1996) (Figura 1).

Fig. 1 Ubicación Taxonómica de los Órdenes Agaricales y Aphyllporales



Tomado de Alexopoulos *et al*, 1996.

3.2 Investigaciones de Hongos en Guatemala

Los estudios de hongos en Guatemala se clasifican en tres grupos: inventarios, etnomicológicos y ecológicos.

3.2.1 Estudios de Inventario

La primera colecta de macrohongos del país fue realizada por Sharp en 1948. Este autor citó diversas especies silvestres de venta en los mercados, como *Amanita caesarea*, *Cantharellus cibarius* y *Schizophyllum commune* (Sharp, 1948). En 1964, Lowy reportó 8 especies nuevas del orden Tremellales, así como un género nuevo de la familia Tulasnellaceae (citado en Morales, 2005). En 1983, Argueta reportó 27 géneros y 45 especies para los municipios de Mixto y San Juan Sacatepéquez (Argueta, 1983). En 1984, Sommerkamp publicó un trabajo sobre los macromicetos del Biotopo Universitario “Lic. Mario Dary Rivera” para la conservación del Quetzal, en Purulhá Baja Verapaz; reportando 51 géneros y 80 especies (Sommerkamp, 1984). En 1988, Sommerkamp realizó el estudio “Hongos Comestibles en los Mercados de Guatemala” apoyada por el Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas -IIQB-. El trabajo de Sommerkamp permitió la estandarización de la micoteca, enriquecimiento de la biblioteca de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, producción de material gráfico y la creación de la línea para la micología nacional. Sommerkamp encontró 21 especies comestibles pertenecientes a 17 géneros y 12 familias distintas (Sommerkamp, 1990).

En 1993, Aguilar realizó un estudio de macromicetos en la finca San Luis, en Escuintla, reportando géneros como *Auricularia*, *Trametes*, *Trichoptum*, *Cantharellus*, *Pleurotus*, *Polyporus*, *Collybia*, *Hygrophoropsis*, *Dacryopinax*, *Geastrum*, *Stereum*, entre otros. (Aguilar, 1994). En 1995, Fuentes realizó una caracterización de macromicetos en el Astillero Municipal de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos. En este estudio se reportó 23 géneros y 12 nuevos registros para Guatemala (Fuentes, 1996).

Rizzo, en 1999 reportó 28 géneros y 37 especies para el Parque Arqueológico Tikal, Petén; de las cuales, 20 especies constituyeron nuevos registros para Guatemala (Rizzo, 1999). En el año 2000, Flores y Simonini, publicaron un artículo sobre Boletales de Guatemala en el que se enlistó 9 especies pertenecientes a 6 géneros, nombrando dos especies nuevas para la ciencia (Flores & Simonini, 2000). En el 2001, Márquez realizó un estudio de macromicetos en la Finca Aprisco, en Totonicapán, donde reportó 29 géneros y cinco nuevos registros para el país (Márquez, 2001).

3.2.2 Estudios Etnomicológicos.

Etnomicología se puede definir como un área de la etnobiología interesada en el estudio de las interrelaciones del hombre con los hongos que se desarrollan en su entorno, haciendo referencia a la influencia que estos organismos han tenido en las expresiones culturales del hombre a través del tiempo y en diferentes regiones geográficas. (Estrada, 1989). Los estudios etnomicológicos son los que más se han realizado en Guatemala, especialmente en el área occidental del país.

En 1970, el Dr. Bernard Lowy de la Universidad de Louisiana publicó varios artículos haciendo referencia a las piedras hongo², que habían sido descritas previamente por Sapper en 1898 y por Borhegyi en 1957. En 1972, Lowy documentó el simbolismo de los hongos en algunos códices Mayas. Toda esta información se enfocó en torno a la etnomicología, haciendo especial referencia al uso de hongos alucinógenos (Lowy, 1972).

En 1974, Lowy, publicó un artículo sobre la relación existente entre fenómenos naturales y los hongos, así como su significado maligno o diabólico para *Amanita muscaria*. En 1975 documentó la micofilia que prevalece entre los habitantes indígenas del país. Un año más tarde, Lowy, colectó y registró por primera vez en Guatemala el hongo alucinógeno, *Psilocybe mexicana*, conocido popularmente como “pajarito”. Los últimos artículos de Lowy continuaron describiendo aspectos mayas relacionados con los hongos (Lowy, 1974; 1975; 1977).

² Las Piedras hongo son artefactos de la civilización maya que están asociados al culto de los hongos en mesoamérica.

En 1984, Guzmán escribió sobre la importancia de los hongos comestibles entre los pobladores de Mesoamérica, principalmente en las regiones con bosque pino-encino, reportando además la venta *Amanita caesarea* en los mercados del país (Guzmán, 1984). En 1985, Guzmán, Torres y Logemann describieron la primera especie nueva para el país: *Morchella guatemalensis*, un hongo comestible encontrado en bosque de pino-encino en Chimaltenango (Guzmán *et al*, 1985). En 1987, Guzmán registró *Pseudofistulina radicata*, como objeto de venta en el mercado local de Santiago Atitlán y reportó además la venta masiva de *Schizophyllum commune* en mercados del país (Guzmán, 1987). En 1983 y 1984 Miguel Torres, publicó sobre hongos alucinógenos en la cultura maya en su compilación "Etnomedicina de Guatemala".

En 1990, Sommerkamp publicó los nombres populares que reciben los hongos comestibles que se venden en los mercados de las cabeceras departamentales del país, incluyendo algunos en idioma Kaqchiquel y Q'eqchi' (Somerkamp, 1990). En ese mismo año, Herrera investigó la nomenclatura de los hongos de la región de Chipotón, Sumpango, Sacatepéquez, en donde reportó la especie *Ramaria flava* como una especie comestible.

En 1994, Ohí y Torres editaron el libro titulado "Piedras Hongo", describiendo las piedras hongo de museos y colecciones privadas y documentando la posible utilización de estas esculturas en la cultura Maya. En 1999, Flores y colaboradores publicaron los nombres en idioma Mam de algunos hongos comestibles de la Sierra de los Cuchumatanes (Flores *et al*, 2001).

En el 2001, Morales recabó importante información acerca del conocimiento que tienen los habitantes de Tecpán Guatemala, Chimaltenango, acerca de los hongos; en aspectos como el concepto, fenología, ecología, morfología, nomenclatura, clasificación tradicional y uso de los hongos locales. En este estudio se reportó 38 nombres en Idioma Kaqchiquel y 21 en español. Además concluyó que los pobladores de esta región clasifican a los hongos como un grupo diferente a plantas y animales, y los nombres de los mismos han sido asignados por analogía con los elementos del medio y algunos por metáfora (Morales, 2001).

El Proyecto de Investigación “Hongos Comestibles de Guatemala: Diversidad, Cultivo y Nomenclatura Vernácula” (Bran *et al*, 2003); ha reportado hasta el año 2002, 70 especies de hongos comestibles en 21 comunidades del país. Este proyecto ha contribuido a incrementar el cepario de hongos comestibles de Guatemala; hasta la fecha se ha logrado aislar y mantener alrededor de 100 cepas de hongos comestibles nativos.

3.2.3 Estudios Ecológicos

En 1998, se realizó la descripción de los hongos ectomicorrícicos asociados a encino (*Quercus* spp) en bosques de Tecpán Guatemala, Chimaltenango (Cáceres *et al*, 1999). En 1999, Flores *et al*, publicaron los trabajos titulados “Hongos Ectomicorrícicos asociados a *Abies guatemalensis*, *Pinus rudis* y *Pinus ayacahuite* de la Sierra de los Cuchumatanes y su aprovechamiento en la producción de planta forestal micorrizada” y “Hongos ectomicorrícicos asociados a *Pinus* en Poptún, Petén, Guatemala” (Flores *et al*, 1999; Flores *et al*, 1999).

3.2.4 Estado actual del Conocimiento de los Macrohongos en Guatemala

El estudio de los macrohongos en Guatemala, se ha enfocado principalmente al de hongos comestibles, faltando mucho por hacer en el campo ecológico de los macrohongos en nuestro país. Actualmente en Guatemala se han registrado aproximadamente 220 especies de macrohongos pertenecientes a 92 géneros (Bran *et al*, 2001).

3.3 Generalidades de la Eco-Región Lachuá³

El Parque Nacional Laguna Lachuá y su Zona de Influencia se encuentran ubicados en el municipio de Cobán, Alta Verapaz, dentro de las coordenadas 15°46'54", 15°49'16", 15°59'11", 15°57'19" latitud norte y 90°45'14", 90°34'48", 90°29'56", 90°45'26"

³ Eco-Región Lachuá, se define como la integración del PNLL y su área de influencia

longitud oeste. Está limitada en el noreste y oeste por los ríos Chixoy e Icbolay (Anexo 2), y en la parte sur por las montañas de la Sultana y el Peyan (DIGEBOS, 1995).

La Eco-región Lachuá corresponde a las tierras bajas del Norte de Guatemala cuya región fisiográfica pertenece al Cinturón Plegado del Lacandón caracterizado por ser una región Kárstica con orígenes en el Cretácico superior. La región es parte de un cinturón de selva lluviosa verdadera (con precipitaciones superiores a los 2,500mm.) que Miranda (1978) define como Selvas altas y medias perennifolias, condición que gradualmente varía hacia el Noreste (Ficha Ramsar Lachuá, 2004). La época lluviosa esta extendida durante todo el año, sin embargo, los meses de mayor precipitación corresponden de junio a octubre, existiendo solamente cuatro meses de baja precipitación, durante febrero a mayo (Monzón, 1999).

El PNLL comprende 14,500 hectáreas y su zona de influencia es de aproximadamente 27,500 hectáreas. Los primeros asentamientos humanos (Salacuim y Rocja Purribal) llegaron en los años cincuenta, sin embargo en los años sesenta y setenta la población creció drásticamente, causando demanda por la tierra de la región (Freyermuth y Hernández, 1992). Actualmente se encuentran establecidas 49 comunidades humanas (Cleaves, 2001) con aproximadamente 12,500 habitantes y de las cuales 19 colindan con los límites del PNLL. Las comunidades humanas son en su mayoría (95%) de origen Q'eqchi' (CONAP, 2004).

Cobertura Vegetal y Uso del Suelo

La eco-región Lachuá posee una cobertura predominante por los bosques naturales de densidad media con el 33.2 % de su superficie; los usos del suelo correspondientes a la agricultura y pastos ocupan el 25.4 % de la superficie, los bosques abiertos (algunos intervenidos con cardamomo) el 18.9% y los bosques cerrados cubren aproximadamente 10.5% de la superficie (CONAP, 2004).

La Zona de Influencia del PNLL posee un mosaico de hábitats definidos según el uso antropogénico de la tierra. Las áreas agrícolas y ganaderas avanzan continuamente

dejando al parque como un remanente aislado. La dependencia de los recursos naturales por parte de los pobladores explica el avance de la frontera agrícola. Datos de Monzón (1999) revelan que la pérdida de cobertura arbórea en la zona de influencia del Parque ha aumentado desde 1954. Ha habido de esa fecha hasta 1996 una reducción de 20,707 hectáreas, lo que se puede expresar como un promedio de 493 hectáreas perdidas por año. (CONAP, 2004)

El estudio del equipo de vegetación del PIMEL determinó ocho clases vegetales definidas por el uso del suelo. Las clases vegetales identificadas son reconocidas por los pobladores de las distintas comunidades y confirmadas por guardarrecursos del Parque Nacional Laguna Lachuá (Ávila, 2004).

Cuadro 1. Clases Vegetales Identificadas en la Zona de Influencia del PNL

No.	Clase Vegetal	Nombre Q'eqchi'	Características
1.	Bosque- Montaña-	Ninqi che' K'iche' - Montaña-	Domina el estrato arbóreo, escaso sotobosque. Incluye las regiones de bosque quemadas por incendios y que poseen árboles de crecimiento secundario.
2.	Bosque con cardamomo	Ninru	Presencia de árboles altos y gruesos que brindan sombra a plantaciones de cardamomo. Sotobosque ausente.
3.	Guamil rango I (0-2.9 años)	Kakemb'il aara'an naka aaw	Incluye milpa luego de la cosecha. Presenta herbáceas y algunos arbustos, con alturas entre 0.1 a 3 metros.
4.	Guamil rango II (3-5.9 años)	Alkaa'l, nin ri	Dominancia de árboles delgados como el <i>Cecropia</i> y <i>Schizolobium</i> . Arbustos de 4 a 6 metros de altura.
5.	Guamil rango III (6-15 años)	Alkaa'l. K'ich'e	Dominancia de árboles y arbustos con mayor altura y diámetro. Altura mayor a los siete metros. Presencia de pocas herbáceas.
6.	Cultivos	Awinq Maiz -ixim- Frijol -keenq- Ayote -k'um- Chile -ik- Arroz -aros-	Complejo de cultivos de maíz, frijol, ayote y con menor frecuencia el chile, arroz, sandía. Ausencia de árboles, escasos o ningún arbusto, presencia de herbáceas pioneras.
7.	Potrero	Alamb'r	Con o sin la presencia de árboles, los cuales son utilizados para sombra del ganado. Presenta palmas como <i>Orbignya</i> y algunos arbustos pequeños. Ciertas zonas son inundables. Predominancia de gramíneas.
8.	Potrero Enguamilado		Potrero con al menos un año de abandono. Presenta herbáceas y algunos arbustos altos.

Fuente: Ávila, 2004

4. JUSTIFICACIÓN

El grupo de los hongos se considera el segundo taxón más diverso después de los insectos y el menos estudiado, estimándose que se conoce solamente el 4.6% de la diversidad fúngica mundial. Las regiones tropicales y neotropicales son las menos estudiadas en comparación con Europa y Norteamérica (Guzmán, 1998); y dado que Guatemala se encuentra ubicada dentro de la región neotropical de América, y el estudio de la micobiota se ha reducido a hongos comestibles y micorrícicos, se ha dejado un gran vacío de información en las selvas lluviosas del país.

La Eco-región Lachuá constituye uno de los últimos remanentes de las selvas altas y medias perennifolias de Guatemala, por tal motivo, esta investigación marca el inicio del conocimiento de la micobiota de las selvas lluviosas del país; por lo que su importancia es relevante siendo ésta un área que actualmente se encuentra amenazada por el avance de la frontera agrícola.

Debido a que los hongos, por su tipo de nutrición dependen íntimamente del sustrato donde viven, su presencia está condicionada por factores físicos y químicos como disponibilidad de materia orgánica, pH del suelo, humedad, entre otros; por lo que conocer los patrones de diversidad y distribución de los macrohongos (Agaricales y Aphyllporales); así como los factores que explican dichos patrones, permitiendo comprender la diversidad y distribución actual de las especies de macrohongos en el área. La búsqueda de especies sensibles a cambios en el micro hábitat, permitirá establecer especies indicadoras que pueden utilizarse en el monitoreo biológico de la Eco-región, y así en un futuro, comprender la dinámica de la diversidad biológica de la región.

A la vez este estudio constituye la línea base para el conocimiento de la Micobiota en la zona de influencia del PNLL, incentivando la realización de futuros trabajos etnomicológicos que proporcionen nuevas alternativas en el uso y conservación de recursos naturales del área.

5. OBJETIVOS

5.1 General:

- Analizar la distribución y diversidad de Agaricales y Aphyloporales en la zona de influencia del PNLL en relación con los patrones de uso del suelo.

5.2 Específicos

- Conocer la diversidad de especies de Agaricales y Aphyloporales de la zona de influencia del PNLL.
- Estudiar los patrones de distribución de las especies de Agaricales y Aphyloporales en las clases vegetales antropogénicas en la zona de influencia del PNLL.
- Determinar si existen especies de Agaricales y Aphyloporales características o indicadoras de las clases vegetales antropogénicas de la Eco región Lachuá.

6. HIPÓTESIS

El paisaje antropogénico derivado de la forma de uso del suelo en la Zona de Influencia del PNLL, determina la diversidad y distribución de las especies de los Órdenes Agaricales y Aphyllporales.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Universo y Muestra

El universo son todos los individuos pertenecientes a los Órdenes Agaricales y Aphyllporales que se encontraron en la zona de influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá.

La muestra son los individuos colectados en los 24 sitios de colecta que fueron seleccionados en seis comunidades de la Zona de Influencia del PNLL.

7.2. Materiales

Equipo

- | | |
|---|-----------------------|
| ▪ GPS (Sistema de Posicionamiento Global) | ▪ Microscopio |
| ▪ Secadora | ▪ Estereoscopio |
| ▪ Hielera | ▪ Lupa |
| ▪ Estufas | ▪ Cámara Fotográfica |
| ▪ Brújula | ▪ Computadora |
| ▪ Densiómetro | ▪ Termómetro de suelo |
| ▪ Hidrómetro | ▪ Regla |
| ▪ Libreta de campo | ▪ Pinzas |
| ▪ Canasta | ▪ Cinta Métrica |
| ▪ Navaja | ▪ Agujas de disección |

Materiales y Suministros

- | | |
|------------------------------------|--|
| ▪ Guías y claves de identificación | ▪ Reactivos: Melzer, KOH, NaOH, H ₂ SO ₄ , Guayacol, NH ₄ OH, Fenol FeCl ₃ , azul de cresil. |
| ▪ Papel encerado | ▪ Agua Destilada |
| ▪ Aceite de Inmersión | ▪ Papel Mayordomo |
| ▪ Película fotográfica | ▪ Hojas de afeitar |
| ▪ Bolsas Plásticas | ▪ Cajas de zapatos |
| ▪ Marcadores permanentes | ▪ Hojas bond |
| ▪ Lápices | ▪ Disketts |
| ▪ Bisturís | ▪ Portaobjetos |
| ▪ Cubreobjetos | |

7.3 Método

7.3.1 Diseño Experimental

- TRATAMIENTOS: Ocho Clases de Vegetales donde se midió: Densidad de luz, grosor de hojarasca, textura del suelo, capacidad de retención de agua del suelo, pH del suelo, macro nutrientes, cantidad de materia orgánica.
- UNIDAD EXPERIMENTAL: un parche de cada clase vegetal, 3 réplicas por clase vegetal.
- UNIDAD MUESTREAL: 5 transectos de 100 m dentro de una parcela de una hectárea
- TEMPORALIDAD : Septiembre 2004 - Diciembre 2004
- ANÁLISIS ESTADÍSTICOS: Análisis de agrupamiento jerárquico, análisis de correspondencia (DCA), análisis de riqueza con estadística no paramétrica, análisis de correspondencia canónica (CCA).
- VARIABLE DE RESPUESTA: Morfoespecies de Macrohongos

Para probar la hipótesis de estudio, se tomó como base las ocho clases vegetales, en cada una de ellas se midió factores físicos que podrían condicionar la presencia de macrohongos tales como la densidad de luz (cobertura vegetal), grosor de hojarasca, textura del suelo, capacidad de retención de agua del suelo, pH del suelo, macro nutrientes, cantidad de materia orgánica. Se seleccionó 24 unidades experimentales (UE), tres por clase vegetal; en cada una de las UE se realizó 5 transectos de 100 m distanciados 20 m uno del otro, dentro de una parcela de una hectárea. Las UE fueron seleccionadas por la accesibilidad y la facilidad de transporte para la Estación Biológica de Santa Lucía, esto debido a la fragilidad del manejo de los macrohongos (Anexo 2). El muestreo se realizó durante los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2004. Las muestras fueron fotografiadas "in situ" posteriormente descritas macroscópica y microscópicamente (Anexo 6 y 7), secadas, identificadas hasta donde fue posible y depositadas en la Micoteca de Macrohongos de Guatemala "Rubén Mayorga Peralta".

7.3.2 Procedimiento

7.3.2.1 Selección del Área de Estudio

El área de estudio abarcó seis comunidades de la región noreste de la zona de influencia del PNLL. Esta área fue seleccionada por las facilidades de transporte y cercanía a la Estación Biológica Santa Lucía Lachuá.

Se seleccionó un total de 24 Unidades Experimentales (UE), tres UE por clase vegetal, procurando que fueran lo más similares en cuanto a composición y estructura vegetal entre réplicas (Cuadro 2). Las UE fueron referenciadas con ayuda de GPS en Unidades Transversales y Mercatos (UTM) (Anexo 2). La unidad muestral estuvo conformada por cinco transectos paralelos de 100 m de longitud separados 20 m uno del otro dentro de una hectárea.

Cuadro 2. Descripción de las 24 unidades experimentales utilizadas para este estudio.

No.	Código	X ¹	Y ¹	Clase Vegetal	Comunidad
1	B-SBI	759237	1765695	Bosque	San Benito I
2	B-SLV	744926	1766367	Bosque	San Luis Vistahermosa
3	B-TZ	755435	1759483	Bosque	Tzetoc
4	BC-SBII	754561	1763717	Cardamomo	San Benito I
5	BC-SLV	745329	1765641	Cardamomo	San Luis Vistahermosa
6	BC-TZ	754954	1762518	Cardamomo	Tzetoc
7	C-SBI	758079	1765537	Cultivo	San Benito I
8	C-SLL	753497	1765995	Cultivo	Santa Lucía Lachuá
9	C-SLV	745048	1766288	Cultivo	San Luis Vistahermosa
10	G1-SBI	755787	1765018	Guamil 1	San Benito I
11	G1-SLL	754293	1763690	Guamil 1	Santa Lucía Lachuá
12	G1-SML	747930	1765719	Guamil 1	San Marcos Lachuá
13	G2-SBI	755242	1765086	Guamil 2	San Benito I
14	G2-SLL	754364	1763057	Guamil 2	Santa Lucía Lachuá
15	G2-SLV	747405	1765690	Guamil 2	San Luis Vistahermosa
16	G3-SBI	758922	1764809	Guamil 3	San Benito I
17	G3-SLL	753680	1765288	Guamil 3	Santa Lucía Lachuá
18	G3-SML	747731	1765716	Guamil 3	San Marcos Lachuá
19	P-SBI	754612	1764335	Potrero	San Benito I
20	P-SLV	745363	1765155	Potrero	San Luis Vistahermosa
21	P-TZ	755706	1762330	Potrero	Tzetoc
22	PE-SLL	753777	1765118	Potrero Enguamilado	Santa Lucía Lachuá
23	PE-SLV	745305	1765832	Potrero Enguamilado	San Luis Vistahermosa
24	PE-SML	748656	1765590	Potrero Enguamilado	San Marcos Lachuá

1. Las letras "X" y "Y" pertenecen a las coordenadas UTM.

7.3.2.2 Colecta de Datos

7.3.2.2.1 Colecta Macrohongos

Al localizar un ejemplar se tomó una fotografía en su hábitat natural. Para la colecta de macrohongos se utilizó una navaja, la cual se introdujo unos cuantos centímetros debajo de la base del hongo para no cortar el estípite si los hay. Se colectaron especímenes tanto jóvenes como maduros, dejando algunos cuerpos fructíferos sobre el sustrato. Los especímenes colectados se colocaron sobre papel encerado, de manera que se puedan cerrar los extremos sin producirles daño; luego se colocaron debidamente identificados dentro de una canasta adecuada para llevarlos a la Estación Biológica Santa Lucía. Se anotaron en la libreta de campo todos los datos del espécimen, sus caracteres macroscópicos sobresalientes y datos ecológicos (Matta, 1999).

En la Estación Biológica, los especímenes se describieron macroscópicamente (Anexos 6 y 7) para luego colocarlos en una secadora a una temperatura de 35° C a 37° C hasta que el secado se completó. Ya secos los especímenes se procedió a la descripción microscópica (Anexo 7). Los hongos determinados fueron depositados, junto con la descripción respectiva y fotografía, en la Micoteca de Macrohongos “Rubén Mayorga Peralta” del departamento de Microbiología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

7.3.2.2.2 Otras Variables

Se midieron factores físicos que pueden determinar la presencia de especies de macrohongos tales como; pH, textura de suelo, humedad de suelo, cobertura vegetal, cantidad de hojarasca, cantidad de materia orgánica.

Suelo. Para obtener las características correspondiente al suelo, se tomó una muestra de suelo de 10 cm de profundidad (horizonte A) en cada unidad experimental. La muestra de suelo estaba constituida por diez sub-muestras colectadas al azar en la unidad muestral. Teniendo las 24 muestras de suelo, se analizaron en el Laboratorio de

Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, obteniéndose los siguientes datos: Textura de suelo, Capacidad de retención de Agua (humedad), Macro nutrientes y Micro nutrientes (P, K, Ca, Mg, Mn, Cu, Zn, Fe), Materia orgánica, pH del suelo y Densidad del suelo.

Grosor de Hojarasca. Para obtener los datos de grosor de hojarasca o broza, se midió con una regla el alto en cm de la hojarasca antes de llegar al suelo; se midió por transecto tres puntos al azar, quince medidas por unidad experimental, luego se obtuvo los promedios de altura de hojarasca por unidad experimental.

Densidad de Luz (Cobertura Vegetal) Para obtener los datos de cobertura vegetal, se utilizó un densiómetro (que refleja la luz que penetra por el dosel), en el cual se cuentan los puntos llenos o vacíos en una cuadrícula. Los datos se multiplican por un factor, obteniéndose el porcentaje de la cobertura vegetal. En cada transecto se tomó tres medidas (para cada medida se toma el porcentaje en los cuatro puntos cardinales y se saca un promedio), quince por unidad experimental, luego se obtuvo los promedios de porcentaje de cobertura vegetal por unidad experimental.

7.3.2.3. Taxonomía.

Por medio de claves y guías de hongos de la región neotropical, se determinaron los especímenes hasta donde fue posible Familia, género, especie/ morfoespecie. Las morfoespecies se determinaron por similitudes en características macroscópicas, tipo de sustrato y crecimiento.

Morfoespecie es un taxa rápidamente separable por diferencias morfológicas que son obvias para individuos sin extensivo crecimiento taxonómico, en un ordemamiento de morfoespecies es muy conveniente la determinación a alguna categoría formal como familia o preferiblemente género (Oliver y Beattie, 1995), posterior a esto las morfoespecies se pueden ordenar de la siguiente manera: Género X morfoespecie 1, por ejemplo *Marasmius* sp. 1 (Lattke, 2000)

7.3.2.4. Ordenamiento y Análisis de Datos

Las descripciones y fotografías de cada uno de los especímenes fueron ingresadas a una base de datos creada en Microsoft Access®. Los datos obtenidos se ingresaron a una base de datos al programa Microsoft Excel®, donde se elaboró tablas, gráficos y listados de la composición y riqueza total por clase vegetal.

Para conocer la proporción de las especies colectadas respecto a las especies esperadas, se utilizó el método de “Jackknife de primer orden” con el programa PC-ORD (MJM Software Design 1999, versión 4). Este método se basa en el número de especies observadas en una sola muestra. En este caso la muestra estuvo representada por el total de unidades experimentales. Se consideró utilizar el método “Jackknife de primer orden”, siendo uno de los recomendados por Mueller (2004) ya que es además uno de los más precisos y menos sesgado para extrapolar la riqueza de especies de hongos.

Las unidades de muestreo se analizaron para observar sus similitudes entre ellas según la distribución y composición de morfoespecies en la zona de influencia. Se utilizó análisis jerárquico de agrupamiento (distancia euclidiana relativa y agrupación por medio de grupos) y análisis de correspondencia rectificadas (DECORANA, PC-ORD) para conocer posibles agrupaciones entre sitios de muestreo de acuerdo al uso antropogénico del suelo y las morfoespecies encontradas.

El análisis jerárquico de agrupación que se representa por medio de un dendograma, es una manera sencilla de identificar grupos en la matriz de datos y ayuda a encontrar una estructura lógica de los mismos. Con este análisis se puede inferir acerca de la ocurrencia de las morfoespecies (estructura interna), del establecimiento de los tipos de comunidades en estudios descriptivos y detectar relaciones entre comunidades y el ambiente a través de los grupos formados respecto a las variables ambientales. Los datos son relacionados en base a similitudes y disimilitudes de las variables (Jongman *et al*, 1995).

La técnica multivariante DCA ordena las unidades de muestreo a lo largo de ejes, en base a datos de composición y estructura de las especies (Braak en Fortín, 1997). El resultado del análisis de correspondencia rectificado en dos dimensiones (dos ejes), es un diagrama de ordenación, en el que los sitios son representados por puntos en un espacio bidimensional, de tal forma que los puntos cercanos corresponden a sitios de composición similar, y los puntos lejanos corresponden a sitios disimilares en composición (Jongman *et al*, 1995).

El análisis canónico de correspondencia rectificada es utilizado para conocer el efecto de ciertas variables ambientales sobre la composición de especies en un determinado sitio. La técnica de ordenación canónica ha sido diseñada para detectar los patrones de variación de variables ambientales. El diagrama de ordenación expresa no sólo un patrón de variación en los datos de especies que puede ser explicado por la observación ambiental (observación directa) en la composición de especies, sino también la relación entre las especies y cada una de las variables ambientales. La ordenación canónica entonces combina aspectos de ordenación regular con elementos de regresión. (Jongman *et al*, 1995).

Con el método de Monte Carlo (5,000 aleatorizaciones) en el program Nestedness Temperature Calculador (Atmar y Patterson, 1995), se analizó si el patrón de distribución de las especies corresponde a uno de tipo aleatorio o posiblemente a uno de tipo anidado. El método del programa sugiere que las matrices de datos (presencia/ausencia) de orden perfecto tienden a una temperatura de cero grados, mientras que matrices de datos que no tienen orden alguno tienden a los 100 grados. Las temperaturas de las matrices de datos aumentan de acuerdo a la ausencia no esperada de especies (en sitios donde deberían estar) y a la presencia no esperada de especies (en sitios donde no deberían estar) (Jonson, 2001).

El patrón anidado establece que el sitio con mayor riqueza de especies, incluye al resto de sitios como subconjuntos. Esto implica, que a una menor temperatura obtenida, existe mayor orden en la distribución y por lo tanto corresponde a un patrón anidado; reflejando que las especies que se encuentran en determinados sitios están sujetas a las interacciones de factores ambientales y de los procesos ecológicos, y sugiere además, que la probabilidad de que el patrón de distribución sea modificado es relativamente improbable (Jonson, 2001).

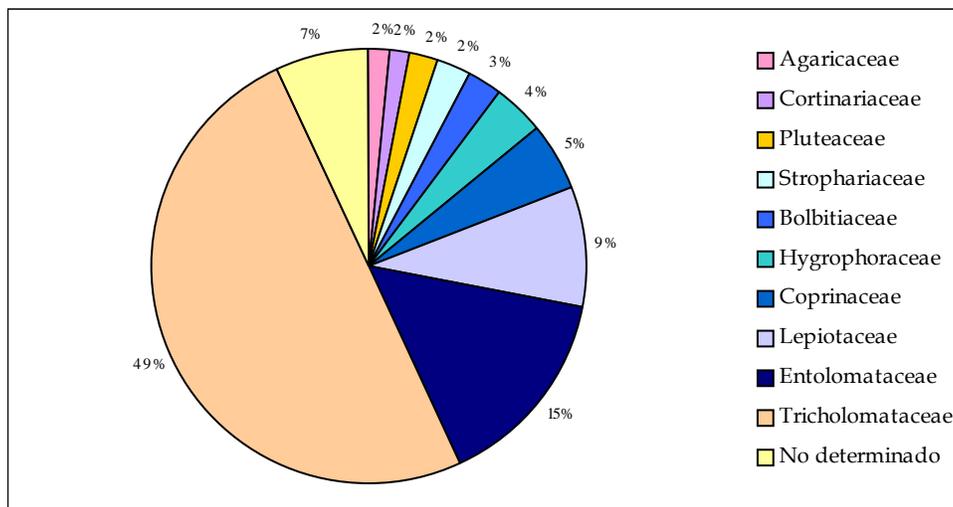
8. RESULTADOS

8.1 Diversidad de Macrohongos (Órdenes Agaricales y Aphylloporales)

Se colectó un total de 1,115 especímenes pertenecientes a 456 morfoespecies⁴ de macrohongos, de las cuales el 73% pertenecen al Orden Agaricales y el 27 % al Orden Aphylloporales. El orden Agaricales presenta 327 morfoespecie, de las cuales 304 se determinaron hasta familia, 197 hasta género y 7 hasta especie, de ellas, 4 son nuevos reportes para Guatemala (Cuadro 3); debido a la dificultad y falta de claves taxonómicas para este taxón (Anexo 3).

En el Orden Agaricales, la familia con mayor número de morfoespecies es la familia Tricholomataceae con 163, seguida por Entolomataceae con 49 morfoespecies, Lepiotaceae con 29 morfoespecies, Coprinaceae con 17 morfoespecies, Hygrophoraceae con 12 morfoespecies, Bolbitiaceae con 9 morfoespecies, Strophoriaceae con 8 morfoespecies, Pluteaceae con 7 morfoespecies, Cortinariaceae y Agaricaceae con 5 morfoespecies respectivamente (Fig. 2).

Fig.2. Riqueza de Familias del Orden Agaricales



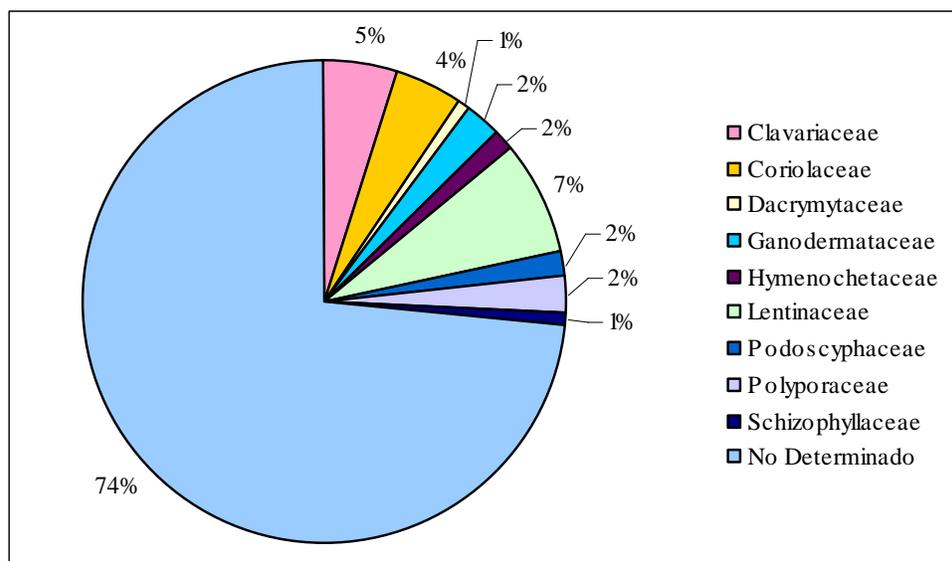
⁴ Morfoespecie es un taxa rápidamente separable por diferencias morfológicas que son obvias para individuos sin extensivo crecimiento taxonómico, en un ordemamiento de morfoespecies es muy conveniente la determinación a alguna categoría formal como familia o preferiblemente género (Oliver y Beattie, 1995), posterior a esto las morfoespecies se pueden ordenar de la siguiente manera: Género X morfoespecie 1, por ejemplo *Marasmius* sp. 1 (Lattke, 2000)

Cuadro 3. Especies del Orden Agaricales identificadas

Especie	Familia
<i>Nolanea murrarii</i> (Berk & Curt) Dennis*	Entolomataceae
<i>Oudemansiella canarii</i> (Jungh) Höhn*	Tricholomataceae
<i>Marasmiellus volvatus</i> Singer*	Tricholomataceae
<i>Dictyopanus pusillus</i> (Pers. Ex Lév) Singer	Tricholomataceae
<i>Hygrocybe cónica</i> (Fr) Kumm*	Hygrophoraceae
<i>Coprinus disseminatus</i> (Pers.:Fr) S.F. Gray	Coprinaceae
<i>Psilocybe cubensis</i> (Earle) Singer	Strophariaceae

*Nuevo reporte para Guatemala

El Orden Aphylloporales presenta 122 morfoespecies de las cuales 33 se determinaron hasta familia, 26 hasta género y 9 hasta especie, de ellas son 4 nuevos reportes para Guatemala (Cuadro 4); debido a la dificultad y falta de experiencia en taxonomía para este orden, el 73% (89 morfoespecies) no se logro determinar a familia (Anexo 3). Se determinaron 9 familias, Lentinaceae con 9 morfoespecies, Clavariaceae y Coriolaceae con 6 morfoespecies, Ganodermataceae y Polyporaceae con 3 morfoespecies, Hymenochetaceae y Podoscyphaceae con 2 morfoespecies, Dacrymytaceae y Schizophyllaceae con una morfoespecies (Fig. 3).

Fig. 3. Riqueza de Familias del Orden Aphylloporales

Cuadro 4. Especies del Orden Aphyloporales identificadas

Especie	Familia
<i>Caripia montagnei</i> (Berk) O. Kuntze*	Podoscyphaceae
<i>Datronia caperata</i> (Berk) Ryv.*	Coriolaceae
<i>Eariella scabrosa</i> (Pers.)Gilbn & Ryv*	Coriolaceae
<i>Gloeophyllum striatum</i> (Sw.:Fr) Murr*	Coriolaceae
<i>Pycnoporus sanguineus</i> (L.:Fr) Murr	Coriolaceae
<i>Polyporus tricholoma</i> Mont.	Polyporaceae
<i>Dacryopinax spathularia</i> (Shw) Martin	Dacryomytaceae
<i>Lentinus crinitus</i> (L.Fr.)Fr.	Lentinaceae
<i>Schizophyllum commune</i> Fr.:Fr	Schizophyllaceae

*Nuevo reporte para Guatemala

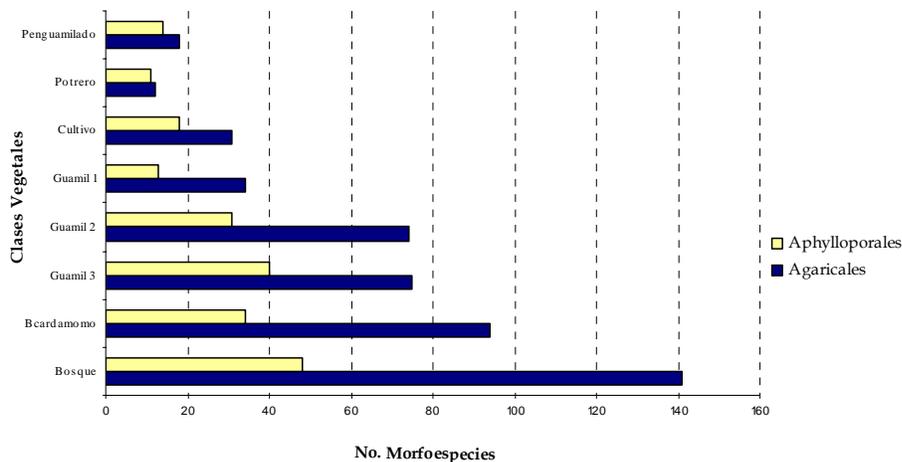
La clase vegetal que presenta mayor riqueza es la clase Bosque con 189 morfoespecies, seguida de Bosque con cardamomo con 129 morfoespecies, Guamil 3 con 115 morfoespecies, Guamil 2 con 106 morfoespecies, Cultivo con 49 morfoespecies, Guamil 1 con 47 morfoespecies, Potrero Enguamilado con 32 morfoespecies y la que presenta menor riqueza es Potrero con 25 morfoespecies. (Cuadro 5 y Fig. 4)

Cuadro 5. Riqueza de morfoespecies de Macrohongos (Órdenes Agaricales y Aphyloporales) por Clase Vegetal.

Orden/Clase*	B	BC	G3	G2	G1	C	P	PE
Agaricales	141	94	75	74	34	31	12	18
Aphyloporales	48	34	40	31	13	18	11	14
Total	189	129	115	106	47	49	25	32

B. Bosque; BC. Cardamomo; G3. Guamil 3; G2. Guamil 2; G1. Guamil 1; C. Cultivo; P. Potrero; PE. Potrero Enguamilado.

Fig. 4. Riqueza de morfoespecies de Macrohongos (Órdenes Agaricales y Aphyloporales) por Clase Vegetal.



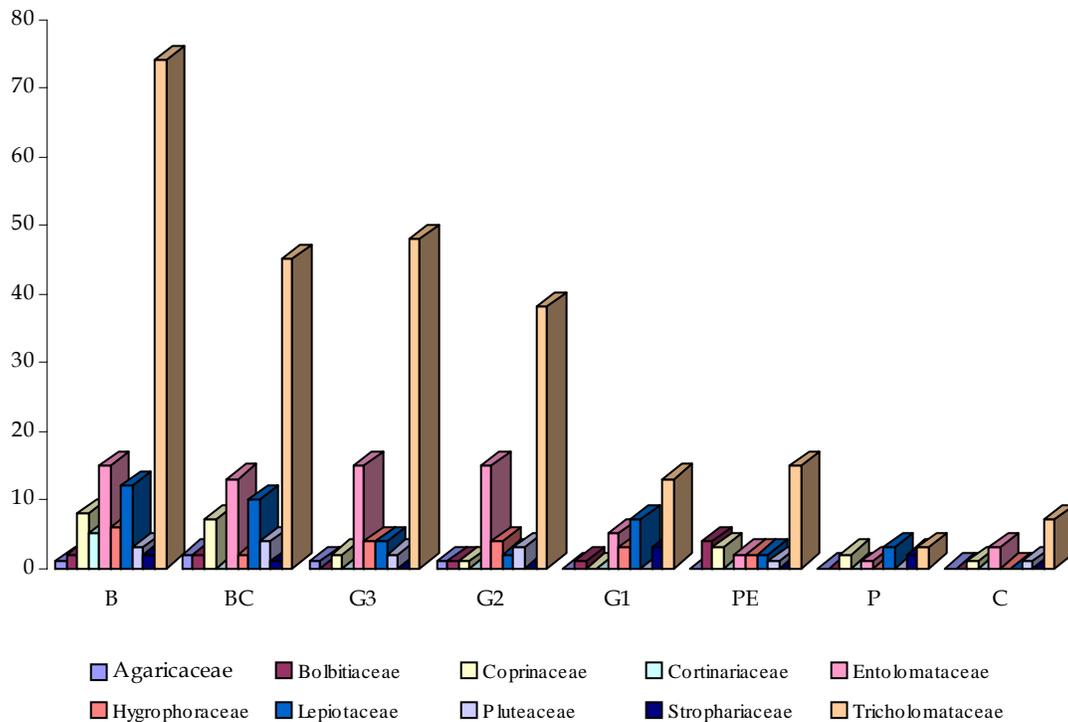
De las siete familias de Agaricales presentes, las clases vegetales en que se encontró mayor número de familias son las clases Bosque, Bosque con Cardamomo, Guamil 3 y Guamil 2 con seis familias, seguida de la clase Cultivo con 5 y las tres restantes con cuatro familias presentes. (Cuadro 6 y Fig. 5)

Cuadro 6. Riqueza de morfoespecies por Familias de Agaricales por Clase Vegetal.

Familia/Clase*	B	BC	G3	G2	G1	PE	P	C
Agaricaceae	1	2	1	1	0	0	0	0
Bolbitiaceae	2	2	0	1	1	4	0	0
Coprinaceae	8	7	2	1	0	3	2	1
Cortinariaceae	5	0	0	0	0	0	0	0
Entolomataceae	15	13	15	15	5	2	1	3
Hygrophoraceae	6	2	4	4	3	2	0	0
Lepiotaceae	12	10	4	2	7	2	3	0
Pluteaceae	3	4	2	3	0	1	0	1
Strophariaceae	2	1	0	0	3	0	2	0
Tricholomataceae	74	45	48	38	13	15	3	7
No determinado	7	9	4	3	0	0	0	1
Total	141	94	75	74	34	18	12	31

*B. Bosque; BC. Bosque con Cardamomo; G3 Guamil 3; G2 Guamil 2; G1 Guamil 1; PE. Potrero Enguamilado; P. Potrero; C. Cultivo. Origen: Datos de Campo.

Fig. 5. Riqueza de morfoespecies por Familias de Agaricales por Clase Vegetal.



8.2 Estimación de Riqueza

El método de “Jackknife de Primer Orden” estimó que la riqueza obtenida es el 59% de la riqueza total. Se realizó la prueba de estimación a cada una de las clases vegetales muestreadas. El cuadro 7 muestra el número de especies colectadas y el número de especies esperadas realizando el mismo esfuerzo. Las columnas que muestran el número de ocurrencias reflejan que la clase “bosque” es la que presenta el mayor número de especies exclusivas.

Cuadro 7. Riqueza Observada y Esperada por clase vegetal de acuerdo al método “Jackknife de primer orden”

Clase Vegetal	Observado	Esperado	% Colectado	Una Ocurrencia*	Dos Ocurrencias**
Bosque	192	300	64.0 %	160	16
Bosque con cardamomo	123	210	58.5 %	116	15
Guamil III	115	179	64.2 %	96	15
Guamil II	105	165	63.6 %	90	14
Guamil I	46	72	63.8%	40	5
Cultivo	48	75	64%	37	8
Potrero	25	39	64%	21	3
Potrero	32	53	60%	28	4
Enguamilado					
Colecta total	447	750	59%	317	48

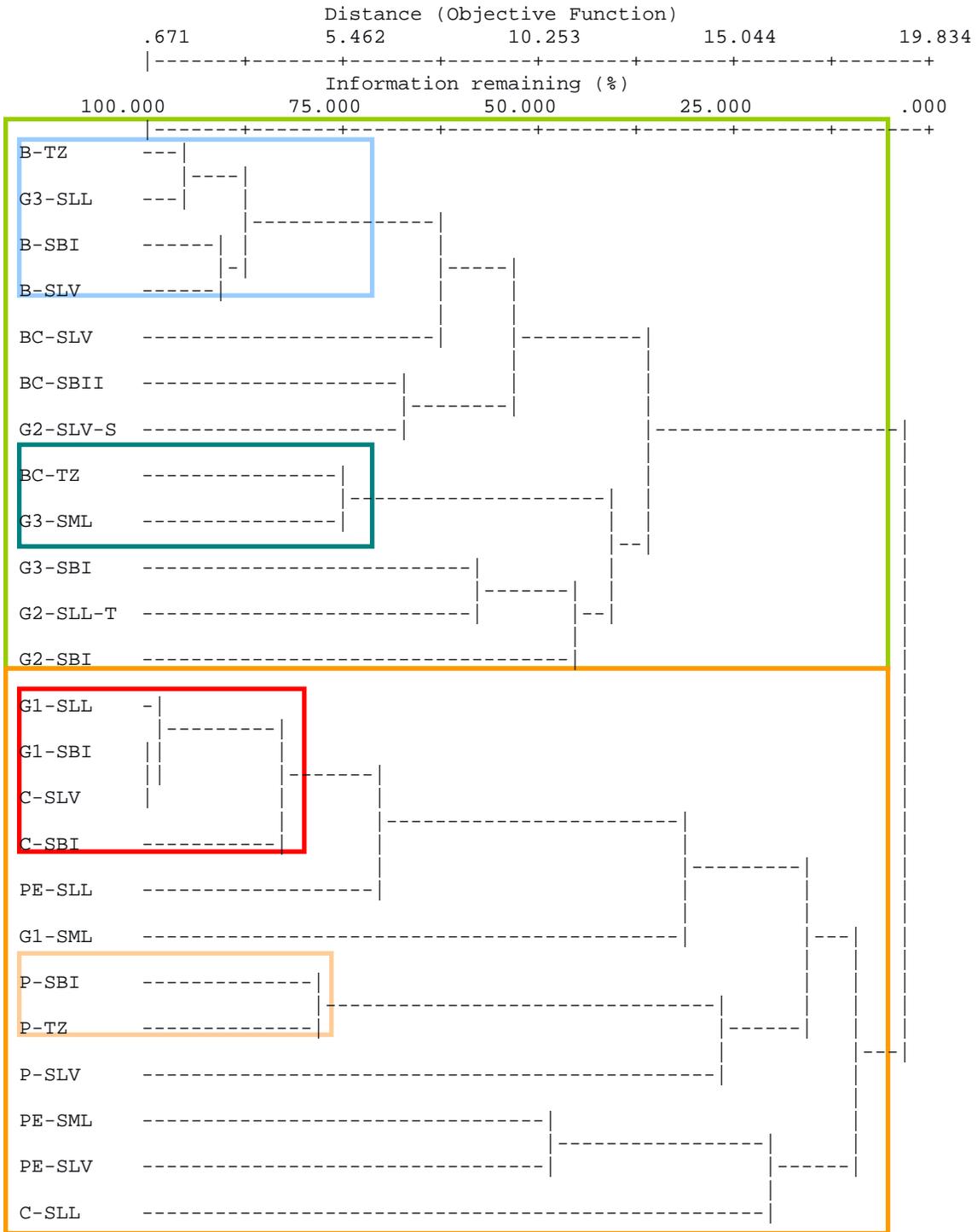
* Una Ocurrencia. Cuando una morfoespecie solo se colecta en un sitio

** Dos Ocurrencias. Cuando una morfoespecie se colecta en dos o mas sitios.

8.3 Distribución de Macrohongos

El resultado del análisis de agrupación jerárquica muestra una clara separación de las UM en dos grandes grupos; a) Sitios con perturbación baja a media y, b) Sitios con alta perturbación (Fig. 6). En el primer grupo (de perturbación baja o media) pueden observarse dos subgrupos que presentan un porcentaje de similitud mayor al 75%. El primero está formado por las unidades muestrales (UM) B-TZ, G3-SLL, B-SBI, B-SLV y el segundo por las UM, BC-TZ y G3-SML. En el segundo grupo (de alta perturbación) se observan a su vez dos subgrupos que presentan un porcentaje de similitud mayor al 75%. El primero de estos subgrupos está formado por las UM G1-SLL, G1-SBI, C-SLV, C-SBI y el segundo por las UM P-SBI, P-TZ.

Fig. 6. Composición de morfoespecies (Dendrograma de Análisis de Agrupación).



Nota. El dendrograma se realizó en base a una matriz de datos de Presencia-Ausencia de morfoespecies en las unidades experimentales.

El patrón de distribución de macrohongos en el paisaje de la zona de influencia probablemente se ajusta a un patrón tipo anidado, según la temperatura obtenida a través del método de Monte Carlo; donde la temperatura obtenida es relativamente baja y diferente a la temperatura obtenida después de 5,000 aleatorizaciones, como se observa en el cuadro 8.

Cuadro 8. Análisis de anidamiento para la distribución de macrohongos en la ZI del PNLL. La "P" indica el valor de probabilidad de ocurrencia.

Análisis de anidamiento Monte Carlo

T° Observada. **13.4°**

T° simulada (5,000 aleatorizaciones) **25.39° ± 1.03°**

Significancia P (<10°) **2.97 e -43**

Significancia P (<20°) **9.37 e-8**

Probabilidad baja de un patrón de distribución al azar.

9. DISCUSIÓN

Los hongos son un grupo de diversidad alta. Halfffer (1994) señala que la biodiversidad no debería conservarse solamente en las áreas protegidas sino en grandes regiones, es decir, se debe fomentar una conciencia social sobre la conservación de la vegetación. La regeneración y conservación del bosque, en especial de las selvas tropicales, debe entenderse ecológicamente para su manejo. Es muy común que los bosques tropicales se conviertan en pastizales (potreros) mal planeados, en pobres tierras agrícolas, circunstancia que está afectando considerablemente a la Eco-región Lachuá. Las alteraciones en la vegetación traerán como consecuencia el detrimento de los hongos y viceversa. Conocer la sensibilidad de los macrohongos a los cambios del micro hábitat producido por el uso antropogénico del suelo permite comprender la dinámica de las comunidades de macrohongos en la región.

9.1 Diversidad de Macrohongos

Por ser éste el primer estudio de la micobiota de bosques tropicales del país, tiene la debilidad de no poseer certeza taxonómica en los datos obtenidos, limitando las inferencias que se puedan obtener a partir del estudio. Como se observa en los resultados, de las 456 morfoespecies se logró determinar hasta familia el 73 % (327), hasta género el 48% (223) y hasta especie únicamente el 3.5% (16); el resto, que forma la mayoría, sólo se separó en morfoespecies. El Orden Agaricales con 73% de la riqueza y el orden Aphyllporales con el 27%, lo cual coincide con lo reportado por Suárez-Duque (2003) en el Bosque de Mindo Lindo, Ecuador, donde la relación es de Agaricales 62% y Aphyllporales 37%.

Es importante mencionar que no se colectó datos de abundancia de morfoespecies encontradas, debido a que el micelio de los hongos puede abarcar desde milímetros hasta paisajes completos, por lo que es muy difícil determinar el área ocupada por cada individuo (Mueller *et al*, 2004). De manera que solamente se estudió los patrones de distribución.

La sensibilidad de los macrohongos a los cambios de micro hábitats puede observarse por medio de los cambios de la diversidad y distribución en las diferentes clases vegetales, tal como se observa en la Fig. 4, donde la clase vegetal Bosque es la que presenta una mayor riqueza de morfoespecies (189), la cual va decreciendo conforme aumenta el grado de perturbación, como lo presentan las clases Potrero y Potrero Enguamulado que poseen el menor valor de diversidad (14 y 18, respectivamente). A su vez la clase Bosque es la que presenta un mayor número de familias del orden Agaricales y del orden Aphyllporales. Cabe destacar la considerable diferencia de la riqueza de morfoespecies de las familias Tricholomataceae, Entolomataceae y Lepiotaceae en esta clase vegetal en relación a las otras clases vegetales, donde el número de morfoespecies pertenecientes a estas familias decrece considerablemente (Fig. 5). La familia Agaricaceae sólo se presentó en cuatro de las ocho clases vegetales, siendo estas clases las que presentan un menor grado de perturbación, sugiriendo que estas familiar requieren mejores condiciones físicas para su desarrollo.

Los géneros como *Panaeolus*, *Coprinus*, *Psilocybe* (Agaricales) y *Pycnoporus sanguineus* (L.:Fr) Murr. y *Schizophyllum comune* Fr.:Fr. (Apylloporales) son comunes en los lugares perturbados como Cultivos, Guamil 1, Guamil 2, Potrero y Potrero Enguamulado, lo cual concuerda con lo observado por Guzmán (1998, 2003), quien considera a estos individuos como antropógenos, que han desplazado a algunas especies originales de los bosques tropicales, proponiéndolos como indicadores de perturbación.

La diversidad de macrohongos en las clases vegetales reportada en este estudio, coincide con los reportes de otros grupos. El estudio de vegetación reporta a la clase Bosque como la más diversa con 70 géneros y las menos diversas las clases Potrero y Cultivo con 35 y 22 géneros respectivamente (Ávila, 2004). Las plantas epífitas manifiestan un patrón similar, la riqueza de morfoespecies de epífitas disminuye con respecto a la perturbación de los sitios, reportando para la clase Bosque con 44 morfoespecies y la clase Potero Enguamulado con 15 morfoespecies (Garnica, 2003).

En relación con el esfuerzo de muestreo realizado, el análisis de Jackknife de primer orden, estimó que en 24,000m² (1,000m² por UM) se logró coleccionar el 59% del total de especies esperadas (Cuadro 8). Mueller *et al* (2004) recomiendan que la muestra adecuada por sitio es 1000m², durante un período entre tres y cinco años como mínimo. Siendo este estudio de solamente cuatro meses de la época lluviosa, es seguramente un factor que provocó el bajo porcentaje de riqueza obtenida.

El porcentaje de riqueza esperada de las clases vegetales Bosque con Cardamomo (58%) y Potrero Enguamilado (60%), es menor que con respecto a la clase Bosque (64%), lo que resulta interesante, ya que debiera esperarse que la clase más diversa (Bosque), presentara un porcentaje menor debido a la diversidad de especies encontradas; sin embargo no es así. Esta situación podría deberse a la heterogeneidad que presentan las réplicas de estas clases vegetales (Bosque con Cardamomo y Potrero Enguamilado). Los Bosques con Cardamomo son limpiados constantemente antes de las cosechas, lo que puede implicar que existan cambios significativos en cuanto a la riqueza de macrohongos que se encuentren en los diferentes sitios. La clase Potrero Enguamilado es muy difícil de encontrar, y tiende a ser muy heterogénea, ya que el tiempo de abandono del potrero puede variar de un año hasta cuatro años, lo que ocasiona una diferencia considerable en cuanto a su estructura vegetal, influyendo ésta en la diversidad de macrohongos que se desarrollen en estos sitios. Mientras tanto, la clase Bosque es muy homogénea entre sus réplicas debido a que tienen el mismo tipo de uso (extracción selectiva de árboles), por lo que su estructura vegetal es muy similar, lo que puede explicar la diferencia en cuanto a los porcentajes en la riqueza esperada por clase vegetal.

9.2 Distribución de Macrohongos

La mayoría de macrohongos que se encuentran en bosques tropicales son saprófitos, por lo que su crecimiento queda restringido a sitios que presentan abundante cantidad de hojarasca y troncos en putrefacción (Guzmán, 1998). Esto coincide con los datos obtenidos, ya que las clases vegetales que presentan una mayor diversidad de macrohongos posee una mayor cantidad de hojarasca y condiciones físicas necesarias para el desarrollo de los macrohongos.

Como se observa en la Fig. 6, el dendograma producto del análisis de agrupamiento jerárquico evidencia dos grandes grupos: a) Sitios con perturbación baja y media (Bosque, Bosque con Cardamomo, Guamil 3 y Guamil 2) y b) Sitios con perturbación alta (Guamil 1, Cultivo, Potrero, Potrero Enguamilado). Lo que sugiere una marcada diferencia en cuanto a distribución de especies en lugares abiertos y lugares con algún grado de cobertura. El primer grupo cuenta con dos subgrupos con una similitud del 75%, el primer subgrupo se encuentra formado por las tres Unidades Experimentales de la clase Bosque y una Unidad Experimental de la clase Guamil 3; evidenciando la homogeneidad de los sitios pertenecientes a esta clase y el proceso de restauración que con los años puede darse por medio de la sucesión vegetal, ya que los guamil 3 tienen de seis años en adelante de descanso, en este caso este guamil 3 es el más antiguo, con 9 años de descanso. En este grupo se pueden encontrar especies únicas como *Caripia montagnei* (Berk) O. Kuntze, *Dictyopanus pusillus* (Pers. Ex Lév) Singer, *Coprinus* 7, *Hygrocybe* 4, *Hygrocybe* 5, y varias morfoespecies pertenecientes al género *Marasmius*.

El segundo subgrupo lo forma una Unidad Experimental de la clase Bosque con Cardamomo y una Unidad Experimental de Guamil 3, lo que determina que existen algunas condiciones similares entre algunas clases vegetales, generando una distribución similar de macrohongos en estos sitios. El segundo grupo también cuenta con dos subgrupos con una similitud del 75%, el primer subgrupo formado por dos Unidades Experimentales de la clase Guamil 1 y dos Unidades Experimentales de las clases Cultivo. Este sub-grupo tiene características similares en cuanto a la composición de especies, sugiriendo la relación entre clases vegetales seguidas en la sucesión vegetal. Después de la clase Cultivo sigue el Guamil 1, que tiene únicamente de 0-2 años de descanso, lo que evidencia una continuidad en la composición de macrohongos.

El segundo subgrupo formado por dos Unidades Experimentales de la clase Potrero, evidencia la similitud entre las réplicas de esta clases en cuanto a composición de morfoespecies, ya que en esta clase vegetal son pocos los hongos que llegan a

desarrollarse, la mayoría que se encuentra son coprófilos como los géneros *Panaeolus*, *Coprinus* y *Psilocybe cubensis* (Earle) Singer.

A su vez, el análisis de agrupación (DECORANA) muestra tres agrupaciones. La primera formada por las tres Unidades Experimentales de las clases Bosque, Bosque con Cardamomo y dos Unidades Experimentales de la clase Guamil 3; sugiriendo que estas tres clases son las que poseen las mejores condiciones físicas para el desarrollo de los macrohongos. La segunda agrupación formada por una Unidad Experimental de la clase Guamil 3 y dos Unidades Experimentales de la clase Guamil 2; sugiriendo que conforme se tiene una mayor cobertura la composición de especies es más similar, evidenciando nuevamente la sucesión vegetal; y el tercer grupo formado por dos Unidades Experimentales de las clases Guamil 1, Cultivo y Potrero Enguamulado (Diagrama 1) que poseen una estructura vegetal similar. Ambos análisis evidencian el efecto del uso del suelo en los patrones de diversidad y distribución de especies.

Herrera, 1990 menciona que los hongos son sensibles a condiciones físicas como pH, cantidad de luz, disponibilidad de materia orgánica a degradar, entre otros. Por lo que en este estudio se analizó algunos factores físicos como: densidad de luz, grosor de hojarasca, pH suelo, textura del suelo, capacidad de retención de agua, cantidad de materia orgánicas y principales macro nutrientes y micro nutrientes del suelo en las 24 Unidades Experimentales, para conocer si existen diferencias físicas dentro de estas que puedan explicar la distribución de los macrohongos.

El análisis de correspondencia canónica, que relaciona los datos físicos y la composición de morfoespecies en las 24 Unidades Experimentales, evidencia la formación de tres grupos relacionados con la composición y las variables físicas, el primero de ellos está formado por Bosque, Bosque con Cardamomo y Guamiles 3, el segundo por Potrero Enguamulado, Guamiles 2 y Cultivo; y el tercer grupo por Guamil 1, Potrero y Cultivo. Los factores físicos que determinan la distribución y diversidad de hongos en la Eco-región son: La cantidad de hojarasca y la densidad de luz provocada por los cambios en la cobertura vegetal; confirmando lo expresado por

Suárez-Duque (2002) quien afirma que la distribución de macrohongos depende de la Cobertura Vegetal. Si los macrohongos son sensibles a una pérdida de cobertura y cambios en la cantidad de materia orgánica disponible, éstos pueden evaluarse y ser considerados como indicadores potenciales en cambios ocasionados por intervención humana.

El patrón de distribución, según el análisis de Monte Carlo, es un patrón tipo anidado, que se ha registrado previamente en otros taxa como escarabajos coprófagos (Avendaño, 2002), lepidópteros (Kerr et al, 2000); aves (Fernández-Juriceie y Jokimaki, 2001); odonatos (Sahlen y Ekestubbe, 2001) y peces (Taylor y Warren, 2001) y otros estudios han descrito este patrón en paisajes fragmentados, tal es el caso de la zona de influencia de PNLL. El análisis de anidación colocó a las clases vegetales Bosque, Bosque con Cardamomo y Guamil 3 como los sitios con mayor riqueza de especies y al resto de los hábitats como subconjuntos de éstos. Lamentablemente no se pudo encontrar a las morfoespecies idiosincráticas (por tener una matriz demasiado grande) las cuales podrían explicar aún mejor la distribución de los macrohongos en esta área fragmentada (Zona de Influencia de PNLL).

9.3 Macrohongos como Indicadores

Para que un grupo de organismos puedan ser considerados indicadores es necesario contar con ciertos requisitos. Los organismos deben: 1) ser suficientemente sensibles a fases tempranas de cambio; 2) estar constituidos por un gremio rico y bien definido en el tipo de paisaje cuya diversidad se desea interpretar; 3) alcanzar un nivel de conocimiento adecuado sobre su historia natural y taxonomía; 4) ser fácilmente cuantificable; 5) ser abundantes para que las colectas no pongan en riesgo su conservación; 6) ser capaces de capturar ciclos naturales y de perturbación, capaces de medir la reducción de la diversidad en distintos grados de perturbación; 7) llegar rápidamente a una curva asintótica para la medición de la riqueza de especies (Halffter, 1998).

Los macrohongos aún están muy lejos de alcanzar estos requisitos, por la falta de certeza taxonómica y poco conocimiento de su historia natural. Sin embargo, por estar íntimamente relacionados con los cambios en la estructura vegetal, y los microclimas que ésta genera, pueden determinar fácilmente el estado en que se encuentra una determinada área, por lo que al mejorar el conocimiento taxonómico se pueden establecer aquellas especies generalistas y especialistas para los monitoreos biológicos.

Como se observa en la Fig. 4, existe una alta disminución en el número de morfoespecies del orden Agaricales de la clase Bosque hacia las clases con mayor grado de perturbación, lo que hace de este orden el más sensible a los cambios en los micro hábitats. En la Fig. 5, la familia Tricholomataceae (Agaricales) muestra una mayor disminución en cuanto al número de morfoespecies hacia clases con una mayor perturbación, por lo que esta familia (Tricholomataceae) y otras como Lepiotaceae, Entolomataceae, Agaricaceae, pueden ser consideradas como familias indicadoras de perturbación por medio de la riqueza que éstas puedan presentar en un determinado lugar.

10. CONCLUSIONES

- El Orden Agaricales esta formado por 73% de especies colectadas, 10 familias y 132 morfoespecies. El Orden Aphyllporales esta formado por el 27% de especies colectadas, 9 familias y 122 morfoespecies.
- La clase vegetal que presenta una mayor diversidad de morfoespecies es la clase vegetal Bosque con 189 morfoespecies, seguida del Bosque con Cardamomo con 129 morfoespecies, Guamil 3 con 115 morfoespecies, Guamil 2 con 106 morfoespecies, Cultivo con 49 morfoespecies, Guamil 1 47 morfoespecies, Potrero Enguamilado con 32 morfoespecies y la menos diversa Potrero con 25 morfoespecies.
- Las familias del Orden Agaricales que presentan una mayor disminución de morfoespecies debido a los cambios antropogénicos en los microhábitats de la zona de influencia son: Tricholomataceae, Entolomataceae, Lepiotaceae y Agaricaceae.
- Como en otros estudios, los géneros *Panaeolus*, *Coprinus*, *Psilocybe* (Agaricales) y *Pycnoporus sanguíneus* y *Schizophyllum comune* (Aphyllporales) también son considerados indicadores de áreas perturbadas, ya que es común encontrarlas en las clases vegetales Cultivo, Guamil 1, Guamil 2, Potrero y Potrero Enguamilado.
- Los análisis de agrupamiento y ordenación de los macrohongos determinaron la formación de dos grupos que evidencian los cambios generados por el uso antropogénico del suelo; a) Sitios con perturbación baja y media (Bosque, Bosque con Cardamomo, Guamil 3 y Guamil 2) y b) Sitios con perturbación alta (Guamil 1, Cultivo, Potrero y Potrero Enguamilado).

- Los factores físicos limitantes que determinan la diversidad y distribución de macrohongos en la Zona de Influencia del PNLL, son la cantidad de hojarasca (disponibilidad de materia orgánica a degradar) y la cobertura vegetal.
- El patrón de distribución es tipo anidado colocando a las clases vegetales Bosque, Bosque con Cardamomo y Guamil 3 como los sitios con mayor riqueza de especies y al resto de los hábitats como subconjuntos de éstos.
- Los macrohongos por su sensibilidad a los cambios en cobertura vegetal y cantidad de hojarasca, pueden considerarse como indicadores potenciales para futuros monitoreos biológicos del área.
- Con el fortalecimiento en el conocimiento taxonómico de los macrohongos y de los hongos en general, éstos pueden considerarse en un futuro como indicadores biológicos y ser utilizados en el monitoreo de dinámicas y procesos biológicos en áreas específicas.
- La debilidad del estudio es no contar con una certeza taxonómica, la cual debilita las inferencias que surjan a partir de los resultados. De las 456 morfoespecies únicamente se logró determinar hasta género el 48 %, el 75% hasta a familia y el 25% no se logro determinar.

11. RECOMENDACIONES

- Fortalecer el conocimiento taxonómico de los macrohongos para que en estudios posteriores los resultados puedan inferir un poco más acerca de su comportamiento en diferentes ambientes.
- Incrementar los estudios de macrohongos en la Eco-región, especialmente en el ámbito etnológico, y realizar estudios con más detalles ecológicos que permitan comprender el comportamiento de los macrohongos en la zona.
- Realizar más estudios de tipo taxonómico y ecológico de los macrohongos y hongos en general, ya que estos individuos de suma importancia en los ecosistemas, principalmente por su papel de descomponedores y recicladores de nutrientes.
- Realizar estudios detallados de la sensibilidad de algunos macrohongos a los cambios de micro hábitats, para evaluar su capacidad como de indicadores biológicos en planes de monitoreo y evaluación de procesos biológicos.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, M. 1994. Estudio de los macromicetos encontrados en la Finca San Luis, Departamento de Escuintla. Informe de Tesis Químico Biólogo. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Alexopoulos, CJ. CW Mins, M Blackwell. 1996. Introductory Mycology. 4ht ed. John Wiley & Sons, Inc. USA. 569p.

Argueta, J. 1983. Estudio de los Macromicetos de la Ciudad de Guatemala, Mixco y San Juan Sacatepéquez. Guatemala. Informe de Tesis Químico Biólogo. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. 85p.

Atmar W, B Patterson. 1995. The nestedness temperature calculator: A Visual Basic program including 294 presence-absence matrices. AICS Research, University Park an the Field Museum Chicago.

Avendaño, C. 2002. Diversidad de escarabajaos coprófagos (Coléoptera: Scarabaeide: Scarabaeinae) en un paisaje tropical de Región Lachuá, Guatemala. Tesis Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural. Colegio del Frontera Sur. México, 29pp.

Ávila, R. 2004. Estudio Base para el Programa de Monitoreo de la Vegetación en la Zona de Influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá. Guatemala. Informe de Tesis Biólogo. Facultad de Ciencia Químicas y Farmacia, USAC. 75p.

Bran MC, R. Flores, O. Morales, R. Cáceres. 2001. Hongos Comestibles de Guatemala: Diversidad, Cultivo y Nomenclatura Vernácula. (Fase I). Guatemala: Dirección General de Investigación. USAC.

Bran MC, R. Flores, O. Morales, R. Cáceres. 2002. *Hongos Comestibles de Guatemala: Diversidad, Cultivo y Nomenclatura Vernácula. (Fase II).* Guatemala: Dirección General de Investigación. USAC.

Cáceres, R, O. Morales, R. Flores, MC, Bran, J. Samayoa. 1999. Hongos Ectomicorícicos asociados a encino (*Quercus ssp*) en bosques de Tecpán, Chimaltenango. Memorias del V Congreso Científico Latinoamericano de Estudiantes de Farmacia, IV Congreso Nacional del Colegio de Farmacéuticos y Químicos de Guatemala y V semana científica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Cleaves, C. 2001. Etnobotánica Médica Participativa en Siete Comunidades de la Zona de Influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz. Guatemala, Informe de Tesis Biólogo. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. USAC.

CONAP, 2004. Plan Maestro del Parque Nacional Laguna Lachuá. 2004-2009. Editores. Proyecto Nacional Laguna Lachuá, INAB, UICN, Embajada Real de los Países Bajos. 133pp.

De la Cruz, S. 1982. Clasificación de Zonas de Vida d Guatemala a Nivel Reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal.

DIGEBOS, UICN, PAFG. 1995. Proyecto Conservación del PNLL y Desarrollo Sostenible de su Zona de Influencia. Documento de Proyecto Guatemala. 49:7-13

Estrada-Torres A. 1989. La etnomicología, Avances, Problemas y Perspectivas. Tesis doctoral. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México. 599pp.

Fernández-Juric E, J. Jokimaki. 2001. A Habitat is land approach to conserving birds in urban landscapes: case studies from southern an northern Europe. *Biodiversity and Conservation* 10 (12: 2023-2043).

Freyemuth, G, Y Hernández, R. 1992. Una Década de Refugio en México. Los Refugiados Guatemaltecos y los Derechos Humanos. CIESAS. ICC. Academia Mexicana de Derechos Humanos. México. 409p.

Flores, R. MC, Bran, E. Rodríguez, O. Morales, L. Montes. 1999. Boletales de Guatemala. Memorias del V Congreso Científico Latinoamericano de Estudiantes de Farmacia, IV Congreso Nacional del Colegio de Farmacéuticos y Químicos de Guatemala y V Semana científica de la Facultad de CCQQ y Farmacia.

Flores, R. MC, Bran, E. Rodríguez, O. Morales. L. Montes. 1999. Hongos Ectomicorrizicos asociados a Pinus en Poptún, Petén, Guatemala. Memorias del V Congreso Científico Latinoamericano de Estudiantes de Farmacia, IV Congreso Nacional del Colegio de Farmacéuticos y Químicos de Guatemala y V Semana científica de la Facultad de CCQQ y Farmacia. Guatemala.

Flores, R. MC, Bran, E. Rodríguez, O. Morales, R. Cácers. 1999. Hongos Comestibles de Guatemala. Caracas, Venezuela: Programa y libro de resúmenes del III Congresos Latinoamericano de Micología.

Flores, R. Simonini G. 2000. Contributo alla conoscenza delle Bolletales de Guatemala. Rivl Di Micol. Italia.

Flores, R. et al, 2002. Hongos micorrízicos de Bosque de pino y pinabete. Universidad de San Carlos de Guatemala. Dirección General de Investigación. Guatemala. 49pp.

Fortín, M. 1997. Spatial Satitistics in Landascape Ecology: Documento Pp. 253-279

Fuentes, G. 1996. Caracterización Taxonómica de los Macromicetos que crecen en el Astillero Municipal de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos. Guatemala, Informe de Tesis Químico Biólogo. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. USAC.

García, M. 2002. Estructura y Composición florística de los estratos arbustivo y arbóreo en la zona de Influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá, entre las comunidades Santa Lucía Lachuá y Río Tzetoc, Cobán, Alta Verapaz. Informe Final EDC. Escuela de Biología. Fac. CCQQ y Farmacia. USAC. Guatemala.

Garnica, R. 2004. Distribución de Epífitas en Clases Vegetales definidas por el uso local de la tierra en la Zona de Influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá. Informe Final EDC. Escuela de Biología. . Fac. CCQQ y Farmacia. USAC. Guatemala.

Guzmán, G. 1983. The genus *Psilocybe*. Beihefte zur Nova Hedwigia 74, Cramer, Vaduz 439p.

Guzmán, G. 1984. El uso de los hongos en Mesoamérica. Ciencia y Desarrollo. 59:17-27.

Guzmán, G. M., Torres, H. Logeman. 1985. Fungi from Guatemala, I New Species of *Morchella*. Micol. 1985. 1:451-456.

Guzmán, G. 1987. Distribución y Etnomicología de *Pseudofistulina radicata* en mesoamérica, con nuevas localidades en México y su primer registro en Guatemala. Rev. Méx. Micol. 3:29-28.

Guzmán, G. 1998 Análisis cualitativo y cuantitativo de la diversidad de los hongos en México. (Ensayo sobre el inventario fúngico del país). México: Rev. La Diversidad Biológica de Iberoamérica. Acta Zoológica Mexicana. Edición especial 1998. Pp. 111-175.

Halffter, G. 1994. S.O.S. Conservación de la biodiversidad: un reto del fin de siglo. Butlleti de la Institució Catalana d'Història Natural 62:167-146

Halffter, G. 1998. Una estrategia para medir la biodiversidad a nivel de paisaje. Rev. La Diversidad Biológica de Iberoamérica. Acta Zoológica Mexicana. Edición especial 1998. Pp. 3-17

Hawksworth, DL. 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance, and conservation. Mycological Research 95: 641-655. 1991

Hawksworth, DL. M. Kirk, Sutton, B.C. y D. N. Pegler. 1995. Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi. VIII. Ed. International Mycological Institute. CAB. International, London. 616pp.

Herrera T, M. Ulloa. 1990. El Reino de los Hongos Micología básica y aplicada. Primera Edición. UNAM & Fondo de Cultura Económica. México. 552pp.

Herrera, K. 1991. Estudio Etnomicológico en la Región de Chipotón Sacatepéquez. Guatemala. Informe de Tesis Químico Biólogo. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. USAC.

INAB, Fundación Solar, MS. América Central. 2002. Parque Nacional Laguna Lachuá: Su Historia, Flora y Fauna. Litografía Técnica Gráfica Géminis 6. Guatemala.

Jongman, R., C. Ter Braak, O. Tongeren. 1995. Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge University Press. USA. 299p.

Jonsson, R. 2001. A null model for randomization tests of nestedness in species assemblages. Oecología. 127: 309-313.

Kerr, J., T. Sugar, L. Packer. 2000. Indicador taxa rapid diversity assessment and nestedness in an endangered ecosystem. Conservation Biology. 14:1726-1734.

Kobold M, 2000. Setas de Prados y Bosques, Segunda Edición, Madrid España: Susaeta Ediciones S.A. 126 pp.

Lattke, J. 2000. Specimen Processing. En Agosti, D. J. Majer, L. Alonso y T. Schultz Editors. *Ants Standard methods for mesasure and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institute Press. Washington y Londres. XIX+280 pp (155-172).

Lowy, B. 1972. A Newly Discovered copy of a Maya Codex. *Revista Interamericana*. Rewiew 2:404-407.

Lowy, B. 1974. *Amanita muscaria* and the Thunderbolt Legend in Guatemala and México. *Micology* 66:88-91.

Lowy, B. 1975. Notes of Mushrooms and Religion. *Revista Interamericana*. Rewiew 1:110-188.

Lowy, B. 1977. Hallucinogenic Mushromooms in Guatemala. *Jornual of Psychedelic Drugs*. 9:123-125.

Márquez, E. 2001. Taxonomía de macromicetos encontrados en la Finca Aprisco localizada en Chuipachec, municipio de Totonicapán. Informe de Tesis Químico Biólogo. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. USAC.

Matta, M. 1999. Macrohongos de Costa Rica. Vol. 1. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBIO). Costa Rica. 254pp.

Miranda, F. 1978. Vegetación de la Península Yucateca. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 270pp.

Monzón, R. 1999. Estudio general de los recursos agua, suelo y uso de la tierra en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su zona de influencia, Cobán, Alta Verapaz. Guatemala. Informe de Tesis Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía. USAC. 97pp.

Morales, O. 2001. Estudio Etnomicológico de la Cabecera Municipal de Tecpán, Guatemala, Chimaltenango. Guatemala. Informe de Tesis Químico Biólogo. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. USAC.

Morales, O. R. Flores, MC Bran, R Càceres. 2005. *en prensa.* Macrohongos de Guatemala: Diversidad, Distribución e Importancia Económica.

Mueller, G, G. Bills, M. Foster. 2004. Biodiversity of Fungi. Inventory an Monitoring Methods. Elsevier Academic Press. USA. 777p.

Noss, R. 1990. Indicator for monitoring biodiversity; a hierarchical approach. Conservation Biology 4:355-364.

Ohí, K, M. Torres. 1994. Piedras Hongo. Tokio: Museo de Tabaco y Sal, Japón. Pp.195.

Oliver, I. y A. Beattie. 1996. Invertebrate Morfospecies as Surrogates for Species: A Case Study. Conservation Biology. 10 (1): 99-109

Rizzo, E. 1999. Estudio Taxonómico de la Micobiota del Parque Arqueológico Tikal. Guatemala. Informe de Tesis Químico Biólogo. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. USAC.

Santizo, C. 2002. Plan Maestro Parque Nacional Laguna Lachuá. Cobán, Alta Verapaz. INAB, UICN, CONAP. En revisión.

Sahlen, G., K. Ekestubbe. 2001. Identification of dragonflies (Odonata) as indicator of general species richness in boreal fore it lakes. Biodiversity and Conservation 10: 673-690.

Sharp, A. 1948. Some fungi common to the Highlands of México and Guatemala and Eastern United States. Mycol 1948; 40:499-502

Sommerkamp, YL. 1984. Estudio de Macromicetos del Biotopo Universitario "Lic. Mario Dary Rivera" para la conservación del Quetzal. Guatemala. Informe de Tesis Químico Biólogo. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. USAC.

Sommerkamp, YL. 1990. Hongos Comestibles en los mercados de Guatemala. DIGI, 3-90 USAC.

Suárez-Duque, David ____. Diversidad y análisis estructural de los Aphylloporales del Bosque Protector "Mindo Lindo", Prov. De Pichincha. Ecuador. Escuela de Biología, Universidad Central del Ecuador.

Taylor, C., M. Warren. 2001. Dynamics in species composition of stream fish assemblages environmental variability and nested subsets. *Ecology* 82 (8): 2320-2330.

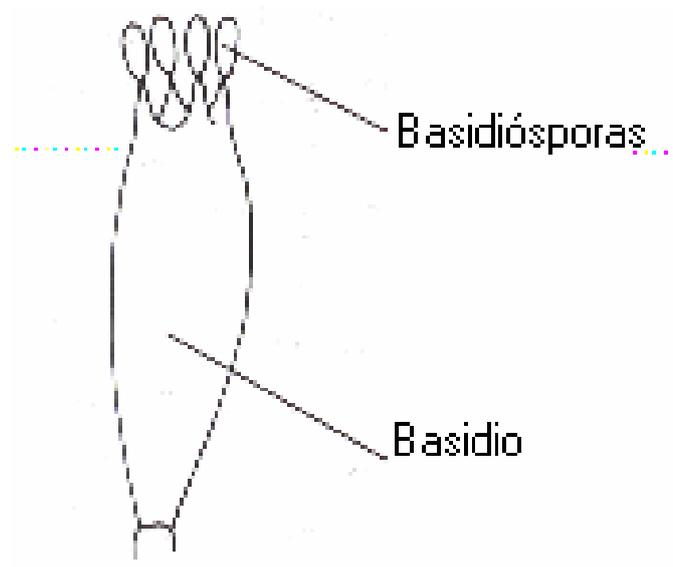
Torres, M. 1983. Plantas alucinógenas rituales de los mayas. Guatemala: Museo Popol Vuh. Universidad Francisco Marroquín. 4p.

Torres, M. 1983. Implicaciones artísticas del ritual precolombino con basidiomicetos alucinógenos en Guatemala. Guatemala. Escuela de Ciencias Psicológicas, Univesidad de San Carlos de Guatemala. 8p.

Torres, M. 1984. Utilización ritual de la flora psicotrópica en la cultura maya. (En *Etnomedicina en Guatemala*). Guatemala: Centro de Estudios Folklóricos, Universidad de San Carlos de Guatemala.

14. ANEXOS.

ANEXO 1. Figura de un Basidio y las Basidiosporas.



ANEXO 4. Tabla general de datos físicos.

Unidad Experimental	LUZ	H 1/3	H 15	pH	Mat. Org	Hojars-ca	D.A.	Arcilla	Limo	Arena	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	No. especies Agaricales	No. especies Aphylloporales
B-SBI	11.72	33.44	24.18	5.6	6.52	3	0.976	30.16	22.34	47.5	0.29	205	5.93	1.13	0.5	2.5	9.5	55	70	18
B-SLV	13.49	39.6	31.85	5.6	6.39	3	0.976	19.66	20.24	60.1	0.43	208	6.86	1.23	0.5	4	13	51.5	73	25
B-TZ	9.93	40.94	30.87	5.80	8.61	4.00	0.8888	30.91	19.49	46.60	0.93	200.00	6.86	1.18	0.50	4.50	6.00	48.50	50	29
BC-SBII	13.49	33.59	25.54	6	8.48	2.5	0.93	20.41	17.39	62.2	0.43	168	3.24	1.08	0.5	5	2	51.5	42	9
BC-SLV	18.72	33.38	25.19	6.20	4.57	4.00	1.0000	23.86	13.94	62.20	0.50	305.00	7.49	1.34	1.50	5.50	13.50	55.00	47	24
BC-TZ	13.49	33.59	25.54	6	8.48	2.5	0.93	20.41	17.39	62.2	0.43	168	3.24	1.08	0.5	5	2	51.5	14	9
C-SBI	100	28.15	20.76	6.3	7.17	0.5	1	23.86	22.34	53.8	0.65	238	6.24	1.08	0.5	3	6.5	43	13	13
C-SLL	98.9	57.92	42.41	6.7	10.8	2.5	0.816	43.51	19.49	37	2.29	228	16.85	3.19	0	3	2.5	21	0	3
C-SLV	98.93	31.57	23.12	6.6	6.09	0	1.026	17.56	13.94	68.5	0.5	290	7.8	1.18	0.5	8.5	5.5	47	9	7
G1-SBI	92.33	33.06	24.04	6.3	8.7	2	0.976	24.61	13.19	62.2	0.72	263	7.8	1.39	0.5	5	9	40.5	13	7
G1-SLL	97.8	33.22	23.84	5.5	11	1	0.952	22.51	15.29	62.2	0.72	105	7.18	2.06	0	2	12.5	22	11	6
G1-SML	85.63	32.98	22.55	6.2	7.3	1	0.976	25.96	26.96	47.5	1	123	12.79	1.64	0.5	3	15	28	15	8
G2-SBI	68.24	32.15	24.56	5.8	6.26	1.5	0.952	30.91	15.29	53.8	0.57	183	4.99	1.03	0.5	3	4.5	30	27	13
G2-SLL	60.66	28.39	21.3	6	7.04	1.5	1.026	24.61	17.39	58	0.57	150	6.24	1.03	0.5	3	8	46.5	23	10
G2-SLV	49.07	28.35	20.55	6.1	9	2	1.026	13.36	13.94	72.7	0.43	178	8.11	1.23	0.5	3.5	5	50	36	15
G3-SBI	19.59	34.89	25.8	5.7	7.04	3	0.889	30.91	19.49	49.6	0.36	165	4.68	1.23	1	3.5	11.5	62	31	16
G3-SLL	16.8	37.19	27.85	5.8	12.1	10	0.889	19.66	20.24	60.1	0.57	78	10.3	1.8	0.5	1.5	8	25.5	47	14
G3-SML	20.23	31.63	20.5	5.7	6	6	0.93	21.76	26.54	51.7	0.36	103	6.55	0.87	0.5	2.5	55	34.5	24	17
P-SBI	98.95	27.49	20.13	5.9	5	0	1	25.96	22.34	51.7	0.57	133	5.62	1.03	0	4.5	17	39.5	7	6
P-SLV	98.77	26.04	19.08	6.2	6.74	0.3	1.026	23.86	16.04	60.1	0.93	268	4.68	0.98	0.5	2.5	28.5	27.5	4	1
P-TZ	100	30.04	22.02	5.6	5.87	0	1.026	22.51	13.19	64.3	0.36	180	4.37	0.98	1	4	14.5	67.5	10	4
PE-SLL	83.43	38.14	27.8	5.7	10.9	3	0.909	28.81	19.49	51.7	0.43	120	8.74	1.8	0	1	12.5	18	8	8
PE-SLV	96.36	27.33	21.5	6.1	4.57	0.6	1	21.76	20.24	58	1.43	173	5.93	0.82	1	4	14	51	4	1
PE-SML	75.33	40.15	37.45	5.5	8.74	3	0.909	34.36	24.44	41.2	0.5	135	4.68	0.82	0.5	2.5	11	29.5	2	2

ANEXO 5. Fotografías de algunos Macrohongos de la Zona de Influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá.



Orden: **Agaricales**
Familia: **Lepiotaceae**
Especie: *Leucoagaricus ssp.*
Fotografía. mlqa



Orden: **Agaricales**
Familia: **Tricholomataceae**
Especie. *Marasmius ssp.*
Fotografía. mlqa



Orden: **Agaricales**
Familia: **Tricholomataceae**
Especie. *Marasmiellus volvatus* Singer
Fotografía. mlqa



Orden: **Agaricales**
Familia: **Entolomataceae**
Especie. *Entoloma 42*
Fotografía. mlqa



Orden: **Agaricales**
Familia: **Bolbitiaceae**
Especie. *Morfoesp. 22*
Fotografía. mlqa



Orden: **Agaricales**
Familia: **Coprinaceae**
Especie. *Coprinus disseminatus* (Pers.:Fr) S.F. Gray
Fotografía. mlqa



Orden: **Agaricales**
Familia: **Pluteaceae**
Especie.
Fotografía. mlqa



Orden: **Agaricales**
Familia: **Cortinariaceae**
Especie. Morfoespecie 130
Fotografía. mlqa



Orden: **Agaricales**
Familia: **Strophariaceae**
Especie. *Psilocybe cubensis* (Earle) Singer
Fotografía. mlqa



Orden: **Agaricales**
Familia: **Hygrophoraceae**
Especie. *Hygrocybe* 3.
Fotografía. mlqa



Orden: **Agaricales**
Familia: **Agaricaceae**
Especie. *Agaricus* sp.
Fotografía. mlqa



Orden: **Aphyllporales**
 Familia: **Polyporaceae**
 Especie. *Polyborus trichololoma* Mont
 Fotografía. mlqa



Orden: **Aphyllporales**
 Familia: **Dacrymytaceae**
 Especie. *Dacryopinax spathularia* (Shw) Martin
 Fotografía. mlqa



Orden: **Aphyllporales**
 Familia: **Hymenochetaceae**
 Especie. Polyporal 70
 Fotografía. mlqa



Orden: **Aphyllporales**
 Familia: **Coriolaceae**
 Especie. *Pycnoporus sanguineus* (L.:Fr) Murr
 Fotografía. mlqa



Orden: **Aphyllporales**
 Familia: **Clavariaceae**
 Especie. Ramaria 3
 Fotografía. mlqa



Orden: **Aphyllporales**
 Familia: **Ganodermataceae**
 Especie. Polyporal 62
 Fotografía. mlqa



Orden: **Aphyloporales**
Familia: **Lentinaceae**
Especie. *Lentinus crinitus* (L.:Fr) Fr
Fotografía. mlqa

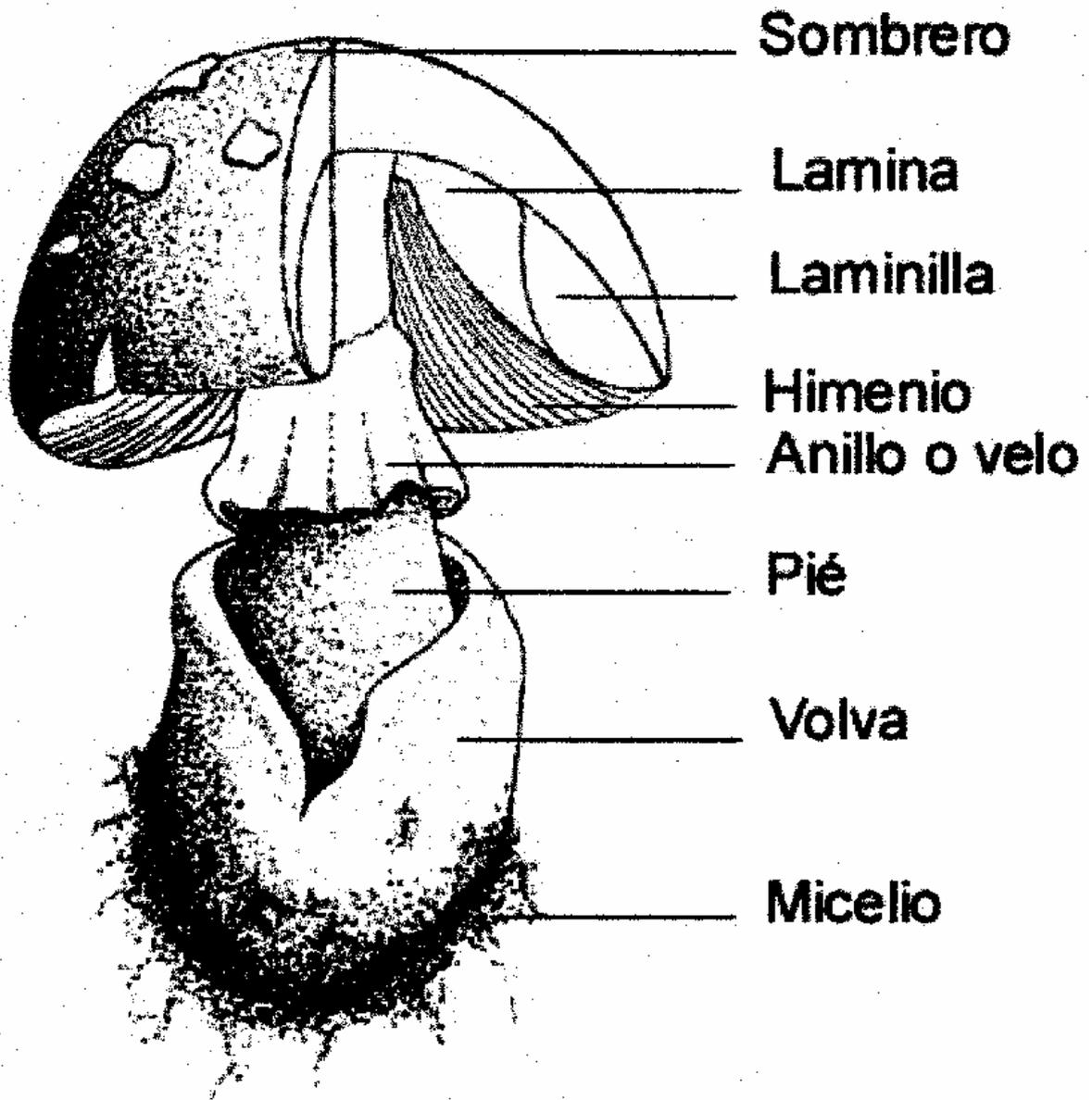


Orden: **Aphyloporales**
Familia: **Schizophyllaceae**
Especie. *Schizophyllum commune* Fr.:Fr
Fotografía. mlqa



Orden: **Aphyloporales**
Familia: **Podoscyphaceae**
Especie. *Caripia montagnei* (Berk)
O. Kuntze
Fotografía. mlqa

ANEXO 6. Estructuras de un Basidiocarpo típico de un Agarical



ANEXO 7 Guía para la descripción macroscópica y microscópica de un Agarical.
(Tomado de Morales, 2001)

Se deben apuntar todas las características y medidas de la siguiente manera:

- A) **Pileo:** Se mide el diámetro del ejemplar más pequeño y del más grande. Se anota la forma del pileo, centro, forma y tipo de margen, superficie y ornamentación, tipo de cutícula, desprendible o no y el color del contexto bajo la cutícula.
- B) **Himenio:** Si posee lámina, se anota el color, la textura, frecuencia, unión con el estípite, borde y forma. Si el himenio posee tubos, se anota la profundidad de éstos, midiendo el tamaño de los poros, número de poros por milímetro, forma de los poros, color y unión con el estípite. Si el himenio es dentado, se indica el tamaño de los dientes, forma y color de los mismos. Si el himenio es liso, se anota la coloración y textura, si cambia de color al maltratarse, o cualquier característica importante.
- C) **Estípite:** Se mide la longitud de un ejemplar pequeño y de un grande, anotando el intervalo en milímetros. Se describe la forma, el color, la textura, presencia de velo, tipo de anillo y tipo de volva.
- D) **Contexto:** Se mide el grosor en milímetro, el color (cambio de coloración) y la consistencia (carnosa, cartilaginosa, gelatinosa, correosa, corchosa o leñosa).
- E) **Olor y sabor:** Este factor es muy importante para la identificación taxonómica. La percepción de estas características puede variar de persona a persona y es aconsejable relacionar la sensación con aromas y sabores familiares.
- F) **Pruebas Químicas:** Se utilizan diversos reactivos para enfrentarlos a las diferentes partes del hongo, se anotan los cambios presentados en cada una de ellas. Los reactivos son: Reactivo de Melzer, KOH, NaOH, H₂SO₄ concentrado, NH₄OH al 10%, fenol al 40% y FeCl₃ al 2%.
- G) **Esporas y aspectos microscópicos:** Se observan en el microscopio con escala de medición, se dibujan y miden. Las dimensiones se anotan en micrómetros.
- H) **Sustrato:** Sobre qué sustrato se encontró (terrícola, húmica, lignícola o saprófito)