



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMLA  
**Dirección General de Investigación**  
Programa Universitario de Investigación en Ciencia Básica –PUICB-

**INFORME FINAL**  
Proyecto 7.95  
***"Evaluación de diversidad de invertebrados fungívoros  
en distintos remanentes de bosque de la Ecorregión  
Lachuá; su potencialidad como bioindicadores"***

**Equipo de Investigación**

Licda. Maura Liseth Quezada Aguilar  
Licda. Roxanda Fabiola López Mayorga  
Br. Gandhi Emanuel Ponce Juárez  
Br. Emmanuel Odilio Agreda Palma  
Br. Rosa Delfina Sunum Orellana  
Br. Gretchen Marie Cohn Berger

Coordinadora  
Investigadora  
Auxiliar de Investigación II  
Auxiliar de Investigación II  
Colaboradora  
Colaboradora

**Noviembre 2009**

Sección Hongos, Herbario BIGU. Escuela de Biología  
Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas  
Facultad de Ciencia Químicas y Farmacia.

## ÍNDICE GENERAL

1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. ANTECEDENTES.....	3
4. JUSTIIFICACION.....	8
5. OBJETIVOS.....	9
6. HIPOTESIS.....	9
7. METODOLOGIA.....	9
8. RESULTADOS.....	13
9. DISCUCIÓN.....	28
10. CONCLUSIONES.....	31
11. RECOMENDACIONES.....	32
12. BIBLIOGRAFÍA.....	33

## INDICE DE ILUSTRACIONES

### TABLAS

<b>Tabla No. 1</b> Identificación del tamaño y forma de los remanentes de bosque. El tamaño se ve representado por el área, y la forma por el factor de la división entre ancho y largo del remanente. Donde el factor mayor a 0.6 representa una forma idealizada cuadrada, y un coeficiente menor a 0.6 representa una forma.....	13
<b>Tabla 2.</b> Matriz de datos que relacionan fecha, lugar, Orden y Familia de macrohongo en el cual se encontraron las morfoespecies de invertebrados fungívoros.....	21
<b>Tabla 3.</b> Relación entre los grupos de invertebrados fungívoros y las familias de macrohongos. Los espacios de color gris indican la presencia o ausencia del grupo de fungívoros en las familias de macrohongos.....	25

### FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación de los remantes de Bosque dentro de la Ecorregión Lachuá.....	14
<b>Figura 2.</b> Ubicación del remanente identificado con el código PROM, ubicado en la comunidad Promesas, Ecorregión Lachuá.....	14
<b>Figura 3.</b> Ubicación del remanente identificado con el código UBV, ubicado en la comunidad Unión Buena Vista, Ecorregión Lachuá.....	15
<b>Figura 4.</b> Ubicación del remanente identificado con el código PCERRO, ubicado en la comunidad Pie de Cerro, Ecorregión Lachuá.....	15
<b>Figura 5.</b> Ubicación del remanente identificado con el código ENRIOS, ubicado en la Finca Entre Ríos, Icbolay, Ecorregión Lachuá.....	16
<b>Figura 6.</b> Ubicación del remanente identificado con el código SLL, ubicado en la comunidad Santa Lucía Lachuá, Ecorregión Lachuá.....	16

---

<b>Figura 7.</b> Ubicación del remanente identificado con el código TZETOC, ubicado en la comunidad Tzetoc, Ecorregión Lachuá.....	17
<b>Figura 8.</b> Ubicación del remanente identificado con el código PNLL1, ubicado en el centro del Parque Nacional Laguna Lachuá.....	17
<b>Figura 9</b> Ubicación del remanente identificado con el código PNLL2, ubicado en el borde del Parque Nacional Laguna Lachuá.....	18
<b>Figura 10.</b> Abundancia de individuos de invertebrados colectados en macrohongos en ocho remanentes de bosque en la Ecorregión Lachuá.....	19
<b>Figura 11.</b> Riqueza y abundancia de Grupos (Subphylum, Clase, Orden) presentes en los distintos remanentes de bosque en la Ecorregión Lachuá.....	20
<b>Figura 12</b> Riqueza de morfoespecies de las distintas familias del Orden Agaricales, colectadas en los distintos remanentes de bosque en la Ecorregión Lachuá.....	24
<b>Figura 13.</b> Riqueza de morfoespecies de las distintas familias del Orden Polyporales, colectadas en los distintos remanentes de bosque en la Ecorregión Lachuá.....	24
<b>Figura 14.</b> Análisis DCA, para evaluar si la composición de macrohongos se modifica según el remanente de bosque, dentro de la Ecorregión Lachuá.....	26
<b>Figura 15.</b> Análisis DCA, para evaluar si la composición de invertebrados fungívoros según el remanente de bosque, dentro de la Ecorregión Lachuá.....	27



## I. RESUMEN

La Ecorregión Lachuá fue reconocida como un sitio RAMSAR en 2004, por su alta importancia a nivel biológico, hídrico y paisajístico. Actualmente la Ecorregión Lachuá está siendo fuertemente presionada por el cambio drástico de uso de la tierra, originado principalmente por actividades de pastoreo y monocultivos, dejando como consecuencia, remanentes de bosque aislados de los grandes macizos boscosos (Reserva Municipal Salinas Nueve Cerros y Parque Nacional Laguna Lachuá). Se hace entonces necesario evaluar si los fragmentos boscosos que aun se encuentran permiten sostener los procesos que mantienen la diversidad biológica.

El presente estudio permitió documentar la diversidad de invertebrados fungívoros y macrohongos presentes en ocho remanentes de bosque dentro de la Ecorregión Lachuá. Se colectaron 329 individuos de invertebrados pertenecientes a 18 morfoespecies ubicadas dentro de dos Phylum; Arthropoda y Gasterópoda, dos Subphylum; Chelicerata y Hexápoda, y 11 órdenes, siendo los más abundantes; Orden Díptera con 176 individuos, y Coleóptera con 147 individuos.

En cuanto a la diversidad de macrohongos se colectaron 369 ejemplares pertenecientes a 236 morfoespecies ubicadas en dos Órdenes; Agaricales y Polyporales, distribuidos en 17 familias diferentes. Siendo las familias Marasmiaceae y Tricholomataceae las más abundantes, y son en estas familias donde se colectó la mayor diversidad de invertebrados fungívoros.

Ambos taxones presentaron una riqueza similar a nivel de grupos (Orden, Familia) en los distintos remanentes, sin embargo la composición de ambos grupos fue diferente.

Cinco de los seis remanentes, presentan una forma rectangular, por lo que tienden a presentar un mayor efecto de borde, por lo cual el paisaje que los rodee es determinante para la disminución de este efecto.

Se concluye que la presencia de invertebrados fungívoros están determinada por la riqueza de morfoespecies de las familias Tricholomataceae y Marasmiaceae; y éstas a su vez estarán determinadas por las condiciones que ofrezcan los remanentes de bosque.

## II. INTRODUCCIÓN

Guatemala es uno de los países considerados foco de diversidad biológica, sin embargo, es a la vez uno de los más amenazados por pérdida de cobertura boscosa y fragmentación de la misma, principalmente por el avance de la frontera agrícola y ganadera. La Ecorregión Lachuá<sup>1</sup> fue reconocida como un sitio RAMSAR en 2004, por su alta importancia a nivel biológico, hídrico y paisajístico. Actualmente la Ecorregión Lachuá está siendo fuertemente presionada por el cambio drástico de uso de la tierra, originado principalmente por actividades de pastoreo y monocultivos, dejando como consecuencia, remanentes de bosque aislados de los grandes macizos boscosos (Reserva Municipal Salinas Nueve Cerros y Parque Nacional Laguna Lachuá). Se hace entonces necesario evaluar si los fragmentos boscosos que aun se encuentran permiten sostener los procesos que mantienen la diversidad biológica.

Los macrohongos son un grupo poco estudiado (menos del 5% a nivel mundial) y de gran importancia en los ciclos biogeoquímicos por su papel de recicladores de nutrientes, contribuidores a la formación de suelos, y como parte de las cadenas alimenticias de varios taxa de organismos. El consumo de alguna estructura fúngica como micelio, cuerpos fructíferos y esporas por un insecto o invertebrado se define como fungivoría (Lawrence, 1989), La fungivoría es la principal relación que se establece principalmente entre insectos y carpóforos de macrohongos; también es la encargada de moldear las características de la interacción entre estos dos grandes taxones. En carpóforos, especialmente del phylum Basidiomycotina, se ha caracterizado una fauna particular de insectos fungívoros principalmente representada por los órdenes Díptera y Coleóptera (Hansky, 1989).

Los hongos por su tipo de nutrición (absorción) son sensibles los cambios en temperatura, humedad y disponibilidad de recursos; por lo que la presencia o ausencia de éstos condiciona la presencia de sus fungívoros. Este estudio permitirá evaluar el grado de sensibilidad (indicadores) de los invertebrados fungívoros, por medio de la riqueza y composición de invertebrados fungívoros y sus hospederos (macrohongos) en distintos fragmentos de bosque en la Ecorregión Lachuá. Los resultados podrán ser utilizados como herramienta para proponer planes de manejo que permitan la mantener la conexión entre los diferentes fragmentos, así como las áreas prioritarias para la reconexión y restauración para la conservación biológica del área.

---

<sup>1</sup> Ecorregión Lachuá: Parque Nacional Laguna Lachuá y las comunidades que habitan alrededor. Está limitada en el noreste y oeste por los ríos Chixoy e Icbolay, y en la parte sur por las montañas de la Sultana.

### III. ANTECEDENTES

#### Ecorregión Lachuá, Cobán A. V.

El Parque Nacional Laguna Lachuá y su Zona de Influencia (Ecorregión Lachuá) 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" longitud oeste. Está limitada en el noreste y oeste por los ríos Chixoy e Icbolay (Anexo 1), y en la parte sur por las montañas de la Sultana y el Peyan (DIGEBOS, 1995).

La Ecorregión 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).

A pesar de representar un fragmento de selva original, en el área habita una quinta parte de las especies de mamíferos silvestres de Guatemala tales como el jaguar (*Pantera onca*), el tapir (*Tapirus bairdii*), el mono saraguato (*Alloguatta pigra*) y 35 especies de peces en el sistema hidrológico formado por ríos y la laguna Lachuá, los que son parte de la gran cuenca del río Usumacinta, una de las regiones de mayor precipitación y endemismo ictiológico de toda Mesoamérica”(Escuela de Biología, 2004).

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).

## El Reino 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 que no prosperarían sin su 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. Finalmente hay hongos 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 hasta la fecha. Se divide en cinco grupos o filos: Ascomycota, Basidiomycota, Glomeromycota, Zygomycota y Chytridiomycota (Hawksworth *et al*, 1995, Alexopoulos *et al*, 1996).

Según su tamaño los hongos pueden dividirse en dos grandes grupos, Microhongos y Macrohongos, éstos últimos se caracterizan por ser perceptibles a nuestra vista, en este grupo pueden encontrarse organismos pertenecientes a los filo Basidiomycota y Ascomycota.

El filo Basidiomycota (Basidiomicetes) 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 (basidiósporas) que se localizan en las puntas de las hifas del himenio (estructura reproductiva del basidiocarpo). Generalmente en cada basidio se forman cuatro basidiósporas (Herrera & Ulloa, 1990; Matta, 1999).

El filo Ascomyta (Ascomycetes) incluye a hongos en forma de disco, copas, panal, saco. A nivel microscópico se diferencian por sus estructuras reproductoras llamadas ascas, que son pequeños sacos, que dan origen a las esporas (ascosporas). Generalmente se encuentran ocho ascosporas en cada saco.

Los hongos son un grupo de organismos poco estudiados y con un papel ecológico importante como descomponedores de materia orgánica y simbiotes de plantas vasculares. Contribuyen a la formación de suelo y al reciclaje de



elementos en los ecosistemas. Es considerado el segundo taxón más diverso después de los insectos, y el menos conocido; se cree que solamente se ha registrado el 5% de la diversidad a nivel mundial (Hawksworth, 1991). Para el grupo de los macrohongos se estima que existen alrededor de 53,000 a 110,000 especies de macrohongos, esto varía según la ubicación geográfica y el grado de endemismo del lugar (Mueller, *et al.* 2007a). América Central se caracteriza por poseer un alto grado de endemismo, y se estima que podría tener entre 6,000 y 15,000 especies de macrohongos (Mueller, *et al.* 2007 b). En Guatemala se a la fecha se han reportado 476 especies de macrohongos (10 % de la diversidad estimada) (Bran, *et al* 2002, Quezada, *et al*, 2006, 2008) por lo que el camino para conocer esta diversidad esta pobremente recorrido.

## Fungívoros

La fungivoría es la principal relación que se establece principalmente entre insectos y carpóforos de macrohongos; también es la encargada de moldear las características de la interacción entre estos dos grandes taxones. En carpóforos, especialmente del phylum Basidiomycotina, se ha caracterizado una fauna particular de insectos fungívoros principalmente representada por los ordenes Díptera y Coleóptera. Existen pocos estudios detallados sobre fungivoría en la literatura, sin embargo existen muchas descripciones de insectos que se alimentan de hongos (Hanski 1989; Komonen 2003; Jonsel & Nordlander 2004; Triplehorn & Johnson 2005).

Algunos autores consideran este patrón de alimentación como una situación análoga con la herbivoría. Hanski (1989) plantea similitudes y diferencia entre plantas y hongos frente a sus interacciones con los insectos; la inmovilidad, la presencia de sustancias toxicas y la falta de defensas físicas son condiciones similares. Sin embargo la escasa duración temporal y los impredecibles patrones espaciales en los hongos hacen que los invertebrados fungívoros se vean enfrentados a problemas muy diferentes, estas condiciones afectan la ecología y la evolución de los insectos asociados (Ashe, 1987; Leschen, 1994). Debido a las diferencias en la persistencia temporal y en la consistencia estructural, existen claras diferencias entre la fauna de invertebrados de los Agaricales y la de los Polyoporales, en general, los insectos asociados a hongos exhiben un alto grado de generalismo (Hanski 1989).

## Indicadores biológicos

Los indicadores biológicos son aquellos organismos (o restos de los mismos) que ayudan a descifrar cualquier fenómeno o acontecimiento actual (o pasado) relacionado con el estudio de un ambiente. Las especies tienen requerimientos físicos, químicos, de estructura del habitat y de relaciones con otras especies. A cada especie o población le corresponden determinados límites de estas condiciones ambientales entre las cuales los organismos pueden

sobrevivir (límites máximos), crecer (intermedios) y reproducirse (límites más estrechos). En general, cuando más estenoica sea la especie en cuestión, es decir, cuando más estrechos sean sus límites de tolerancia, mayor será su utilidad como indicador ecológico. Las especies indicadoras deben ser, en general, abundantes, muy sensibles al medio de vida, fáciles y rápidas de identificar, bien estudiadas en su ecología y ciclo biológico, y con poca movilidad.

La utilización de organismos vivos como indicadores de contaminación es una técnica bien reconocida. La composición de una comunidad de organismos refleja la integración de las características del ambiente sobre cierto tiempo, y por eso revela factores que operan de vez en cuando y pueden no registrarse en uno o varios análisis repetidos. La presencia de ciertas especies es una indicación relativamente fidedigna de que durante su ciclo de vida la polución no excedió un umbral.

### **Ecología del Paisaje**

Los sistemas ecológicos no existen como unidades discretas sino que representan diferentes partes de una serie de continuos naturales en forma de paisaje. El estudio a nivel de paisaje posee un mayor nivel de complejidad biológica e inmensamente útil para entender diversos complejos procesos ecológicos. La ecología del paisaje permite estudiar estos procesos en diferentes escalas de tiempo y espacio. Esta reciente disciplina, ecología del paisaje, proporciona la comprensión de la diversidad del paisaje y diversidad de especies. A la vez sugiere base teórica y práctica para la planificación de la conservación. Hay tres características básicas de los paisajes que afectan a su diversidad: estructura, función y la dinámica (Forman y Godron 1986). El parche es la unidad básica de la estructura del paisaje; las características de los parches y las relaciones espaciales entre los parches son componentes importantes del paisaje (Lidicker 1995). La distribución de la energía, materiales y especies entre parches de diferente tamaño, forma, abundancia y configuración son particularmente importantes para los patrones en la diversidad a escala del paisaje. La dinámica del paisaje incluye características de la estructura y funcionalidad con el fin de examinar los cambios en patrones y procesos a través del tiempo. La conservación de la biodiversidad requiere la comprensión de los tres elementos, incluyendo los efectos de las actividades humanas en el sistema. La composición del paisaje se puede medir de manera análoga a las mediciones de la composición de especies (Romme, 1982). La mayoría de los enfoques sencillos es la riqueza del paisaje es decir, el número de tipos de cuadros diferentes en un paisaje.

Otro enfoque incluye la relativa abundancia o dominancia de diferentes tipos de cuadros junto con la riqueza. Las mediciones del paisaje la diversidad son análogos a medidas comunes de la diversidad de especies (Whittaker 1977, 1995). Diferente tipos de parches proporcionan diferentes hábitats y especies composición, por tanto, uno podría esperar que la número total de especies en un

paisaje aumentaría a medida que aumenta la riqueza del paisaje (Burnett et al. 1998). El enfoque a nivel de paisaje también se ocupa de los cambios que podrían esperarse en la biodiversidad como resultado de la actividad antropogénica, así como el tema complementario de cómo los cambios en la biodiversidad influyen en el funcionamiento de los sistemas biológicos (Franklin, 2001).

#### IV. JUSTIIFICACION

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 49 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). En los últimos 30 años se ha perdido más del 50% de la vegetación original, actualmente el área se encuentra amenazada por el incremento de zonas ganaderas y monocultivos, dejado fragmentos de bosques aislados de los macizos boscosos (PNLL y Finca Municipal Salinas Nueve Cerros), reduciendo el movimiento de especies, y la disminución de hábitat disponible para las comunidades biológicas propias del lugar.

Los hongos son un grupo de organismos poco estudiados y 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. Es considerado el segundo taxón más diverso después de los insectos, y el menos conocido; se cree que solamente se ha registrado el 5% de la diversidad a nivel mundial (Hanswork, 1991). Para el grupo de los macrohongos se estima que existen alrededor de 53,000 – 110,000 especies de macrohongos, esto varía según la ubicación geográfica y el grado de endemismo del lugar (Mueller, *et.al.* 2007). América Central se caracteriza por poseer un alto grado de endemismo, y se estima que podría tener entre 6,000 y 10,000 especies de macrohongos. En Guatemala a la fecha se han reportado aproximadamente 400 especies de hongos (0.6% de la diversidad estimada), por lo que el camino por conocer esta diversidad esta pobremente recorrido.

Poco se conoce de los hongos como de sus interacciones, las cuales por ser un reino tan diverso, ha de esperarse que igual de diversas sean sus interacciones con otros organismos. Una de las interacciones poco estudiadas y de gran importancia es la fungivoría, la cual sirve de hábitat y alimento para un vasto numero de organismos especialmente insectos. La calidad de Ecosistema no solo se mide por la riqueza de especies, sino la función de éste, que esta dado en gran parte por el sin fin de interacciones de las distintas comunidades ecológicas.

Se plantea, entonces, el análisis de la diversidad y composición de fungívoros y sus hospederos (macrohongos) en diferentes remanentes de bosque (aislamiento de fragmentos de bosque) y sus implicaciones para la conservación de diversidad biológica y de los recursos dentro de la Ecorregión. Con este proyecto se espera conocer la integridad ecológica que mantienen los diferentes

remanentes con que aún cuenta la ecorregión, por medio de la evaluación de los invertebrados fungívoros como indicadores biológicos.

## **V. OBJETIVOS**

### **General**

Evaluar la diversidad y composición de fungívoros y hospederos (macrohongos) en relación a los diferentes remanentes de bosque en la Ecorregión Lachuá, y sus implicaciones para conservación.

### **Específicos**

- Determinar la configuración, forma y tamaño de los fragmentos de bosque en la Ecorregión Lachuá
- Determinar la riqueza, composición y abundancia de fungívoros presentes en los diferentes remanentes de bosque en la Ecorregión Lachuá
- Determinar la diversidad y distribución de macrohongos (Familia, Género) hospederos de invertebrados fungívoros en los los diferentes remanentes de bosque de la Ecorregión Lachuá.
- Evaluar a los fungívoros como indicadores biológicos.

## **VI. HIPOTESIS**

La pérdida del hábitat disminuye los recursos disponibles para el desenvolvimiento de las comunidades bióticas, por lo que la riqueza, composición y abundancia de invertebrados fungívoros y sus hospederos (macrohongos) estará determinada por la configuración, tamaño y forma de los remanentes de bosque presentes en la Ecorregión Lachuá.

## **VII. METODOLOGIA**

### **DISEÑO**

**Unidad Experimental:** Diferentes tamaños, forma y disposición de los remanentes de bosque en la ecorregión Lachuá.

**Unidad Muéstreal:** Parcelas de 0.01 ha, y transectos de 200m en los márgenes de los fragmentos.

**Temporalidad.** Época lluviosa, (mayo-octubre 2010)

**Variabes independientes:** tamaño, forma y disposición de los remanetes de bosque.

**Variabes de respuesta:** riqueza y composición de invertebrados fungívoros y hospederos (macrohongos); patrones de fungivoría.

**Análisis estadísticos:** índices de diversidad alfa y beta, curva de acumulación de especies, análisis de ordenamiento, análisis de agrupamiento jerárquico.

## MÉTODO

### **Análisis de los fragmentos de bosque (Fase de Gabinete)**

Por medio de SIG (Sistemas de información geográfica) con la utilización de ortofotos de la Ecorregión Lachuá del año 2006, se analizarán los distintos fragmentos de bosque (forma, tamaño y configuración) dentro de la Ecorregión; posterior al análisis, se obtendrán sitios de muestreo probables, para luego ir al reconocimiento de campo. En esta fase se seleccionarán el número de fragmentos de bosque para la colecta.

### **Reconocimiento de Campo**

En base a la selección previa de sitios de muestreo se realizará un viaje para el reconocimiento de campo, el cual permitirá evaluar la factibilidad de realizar el muestreo. Se tomarán datos de los dueños para pedir su autorización. Luego se actualizarán los datos en el SIG.

### **Establecimiento de los sitios de colecta**

En base al estudio realizado durante el presente año, se utilizarán los como base los remanentes de bosque que ya se encuentran marcados; ubicándose dos en el Parque Nacional Laguna Lachuá, y los otros seis en las comunidades: Unión Buena Vista, Tzetoc, Pie de Cerro, Las Promesas, Santa Lucía Lachuá, Fca. Entre Ríos, Icbolay. Las 8 ventanas móviles (1Km x 1Km) se marcaran en base al bosque, dentro de la ventana se colocara cinco parcelas de 20m x 50m, distanciadas 300m de la parcela del centro (bosque) orientadas hacia los cuatro puntos cardinales (ver figura 1, y 2). Dentro de cada parcela se realizaran cinco subparcelas de 20m<sup>2</sup> para realizar la colecta correspondiente.

### **Colecta de organismos**

Se realizarán cuatro colectas durante los meses de mayo, julio, agosto y octubre en los fragmentos seleccionados, se recolectarán todos los ejemplares de macrohongos que presenten fungivoría dentro de la parcela y subparcelas marcadas. Se recolectarán los organismos fungívoros que se encuentren dentro de los macrohongos recolectados. Se evaluará el patrón de fungivoría que presenten los ejemplares de macrohongos.

### **Colecta de Macrohongos**

Al localizar un ejemplar se tomará una fotografía en su hábitat natural. Para la recolecta de macrohongos se utilizará una navaja, la cual se introduce unos cuantos centímetros debajo de la base del hongo para no cortar el estípote. Se recolectarán especímenes tanto jóvenes como maduros, dejando algunos cuerpos fructíferos sobre el sustrato. Los especímenes recolectados se colocarán sobre papel encerado, de manera que se puedan cerrar los extremos sin producirles daño; luego se colocarán debidamente identificados dentro de una canasta adecuada para llevarlos a la Estación Biológica Santa Lucía. Se anotarán en la libreta de campo todos los datos del espécimen, sus caracteres macroscópicos sobresalientes y datos ecológicos, así como un esquema del hongo recolectado. (Mata, 1999; Mueller et al., 2004) En la Estación Biológica, los especímenes se describirán macroscópicamente, utilizando la boleta asignada para luego colocarlos en una secadora a una temperatura de 35° C a 50° C hasta que el secado se complete.

### **Colecta de Fungívoros**

Los fungívoros serán recolectados en los cuerpos fructíferos recolectados dentro de las parcelas y subparcelas, se colocarán en recipientes plásticos, fijados en alcohol con glicerina en proporción 9:1. Cada grupo de organismos encontrados en un mismo ejemplar fúngico será etiquetado con el número de colecta del hongo para relacionarlo con el espécimen (Anduaga, 2000).

### **Manejo de Ejemplares**

#### **Macrohongos**

Ya secos los ejemplares se trasladarán a la sección de macrohongos del herbario BIGU para realizar la descripción microscópica. Por medio de claves y guías de macrohongos *How to identify mushrooms to genus I, II, III y VI* (Largent y Stuntz, 1986; Largent y Thiers, 1977; Largent, Johnson y Watling, 1980; Largent y Baroni, 1988), *Macrohongos de Costa Rica I y II* (Matta, 1999; Mata, Halling, y Mueller, 2003), *North American Polypores Volumen I y II* (Ryvarden y Gilbertson); *Neotropical Polypores Part I* (Ryvarden, 2004), *Flora Micológica Iberica. Vol 3, Gasteromycetes* (Calonge, 1988), 5 entre otros.

Se procederá a la determinación de los ejemplares (Familia, género, especie/morfoespecie). Los macrohongos determinados serán curados y junto con la descripción respectiva y fotografía, se ingresarán a la Sección de Hongos del herbario BIGU. Cuando no puedan determinarse se contactará con expertos para obtener ayuda en la determinación.

#### **Fungívoros**

Los organismos recolectados serán determinados hasta familia por medio de claves generales (Triplehorn and Jonson, 2005; Domínguez, 1994) para coleópteros, dípteros u otros, se colocarán en tubos vacuante con la etiqueta respectiva, para ingresar a la colección de insectos de Museo de Historia Natural

de la Escuela de Biología. Se llenarán fichas respectivas para llevar el control respectivo y luego ser ingresados a una base en Excel®. Cuando no puedan determinarse se contactaran con expertos para obtener ayuda en la determinación.

## **ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

La diversidad y distribución fungívoros y macrohongos serán analizadas por medio de índices de riqueza, diversidad, Curvas especies-área, análisis de agrupamiento y análisis de correspondencia rectificadas. (Mueller, et al. 2004; McCune and Grace, 2002); las cuales serán contrastadas con el análisis geográfico de los fragmentos de bosque. Los organismos fungívoros se analizarán tomando en cuenta diversidad y abundancia, mientras que para macrohongos solamente presencia ausencia.

Para analizar los diferentes patrones de fungivoría, se evaluarán las estructuras y edad más palatables, así como la especificidad de los fungívoros en la especie. Se utilizarán para esto pruebas de chi-cuadrado, ANOVA y ejemplificados por medio de gráficos de barra



## VIII. RESULTADOS

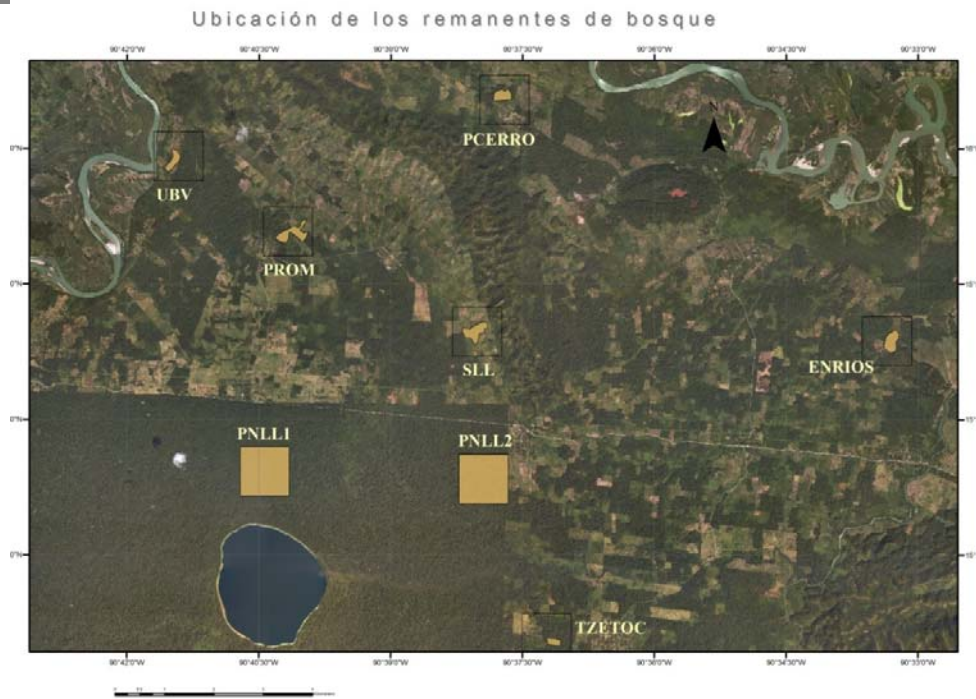
### Forma y tamaño de los remanentes de Bosque

Por la accesibilidad y factibilidad para realizar el presente estudio; se seleccionaron ocho puntos de muestreo dentro de la Ecorregión Lachuá, seis de ellos corresponden a remanentes de bosque dentro de una matriz heterogénea, y dos puntos de colecta dentro del Parque Nacional Laguna Lachuá, uno al centro del Parque, y un punto en el borde del mismo. Estos dos últimos para representar un área con poca influencia antropogénica.

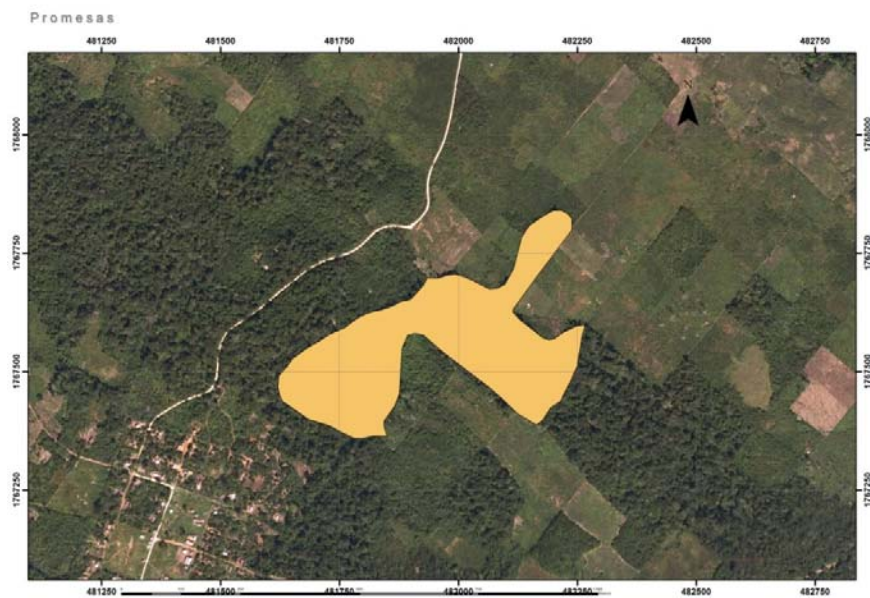
**Tabla No. 1** Identificación del tamaño y forma de los remanentes de bosque. El tamaño se ve representado por el área, y la forma por el factor de la división entre ancho y largo del remanente. Donde el factor mayor a 0.6 representa una forma idealizada cuadrada, y un coeficiente menor a 0.6 representa una forma idealizada rectangular (López, 2009)

Código	Tamaño		Área m <sup>2</sup>	Factor	Geometría
	largo	ancho		largo/ancho	
PROM	436	159	69324	0.365	Rectangular
TZETOC	278	113	31414	0.406	Rectangular
PCERRO	365	213	77745	0.584	Rectangular
ENRIOS	446	220	98120	0.493	Rectangular
SLL	530	360	190800	0.679	Cuadrado
UBV	455	130	59150	0.286	Rectangular
PNLL1					Cuadrado
PNLL2					Cuadrado

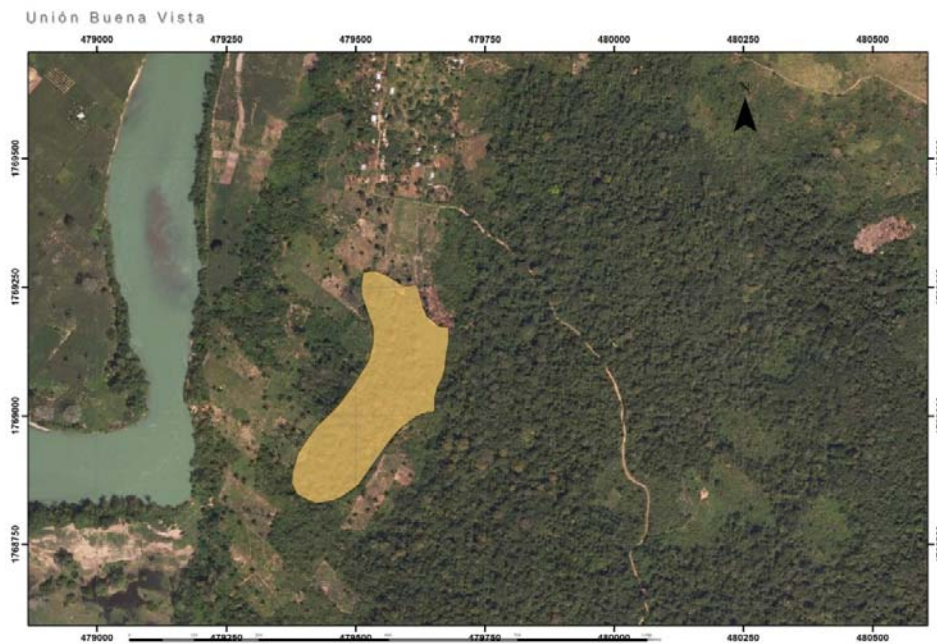
Ver figuras 1-9



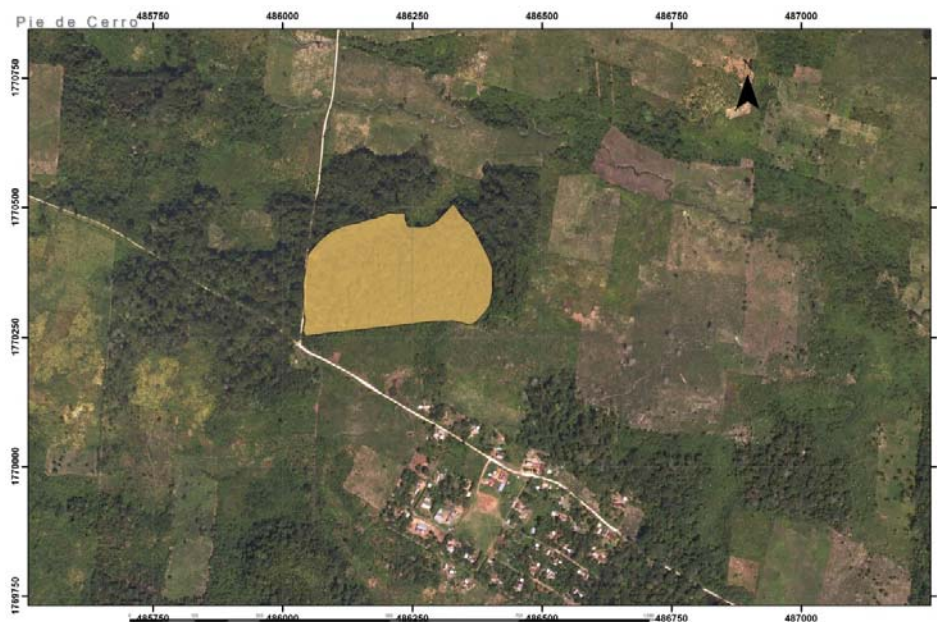
**Figura 1.** Ubicación de los remanentes de Bosque dentro de la Ecorregión Lachuá.



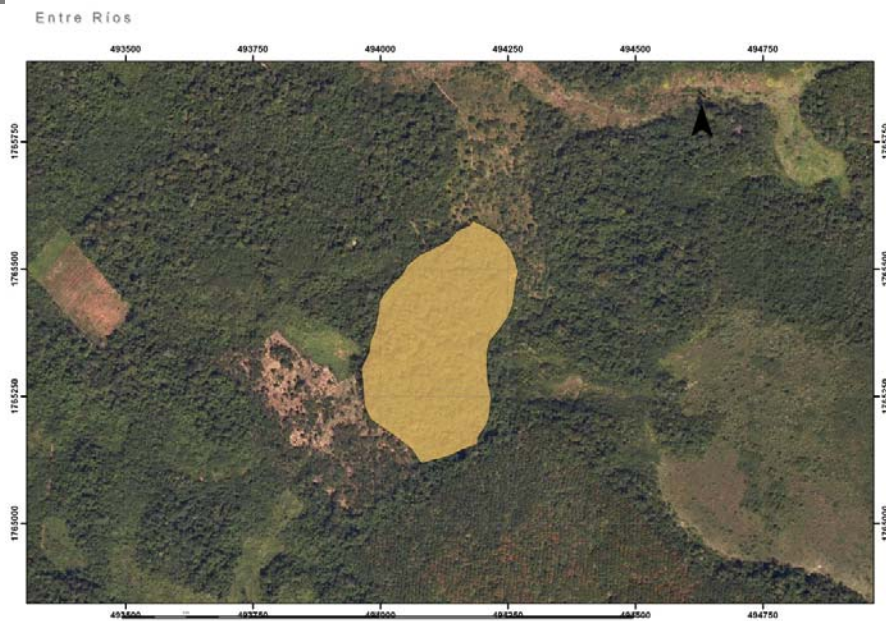
**Figura 2.** Ubicación del remanente identificado con el código PROM, ubicado en la comunidad Promesas, Ecorregión Lachuá



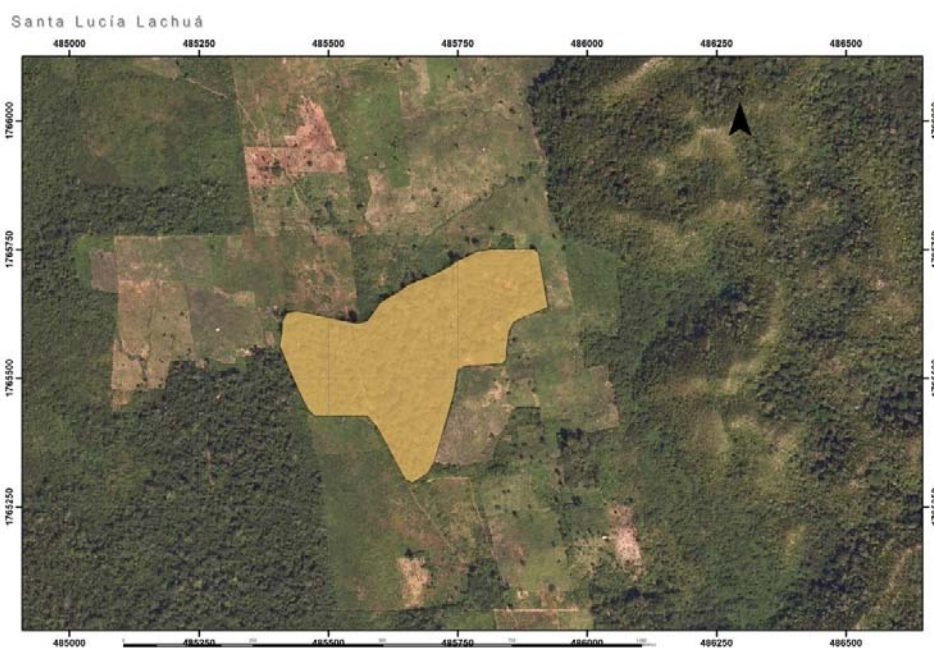
**Figura 3.** Ubicación del remanente identificado con el código UBV, ubicado en la comunidad Unión Buena Vista, Ecorregión Lachuá.



**Figura 4.** Ubicación del remanente identificado con el código PCERRO, ubicado en la comunidad Pie de Cerro, Ecorregión Lachuá.



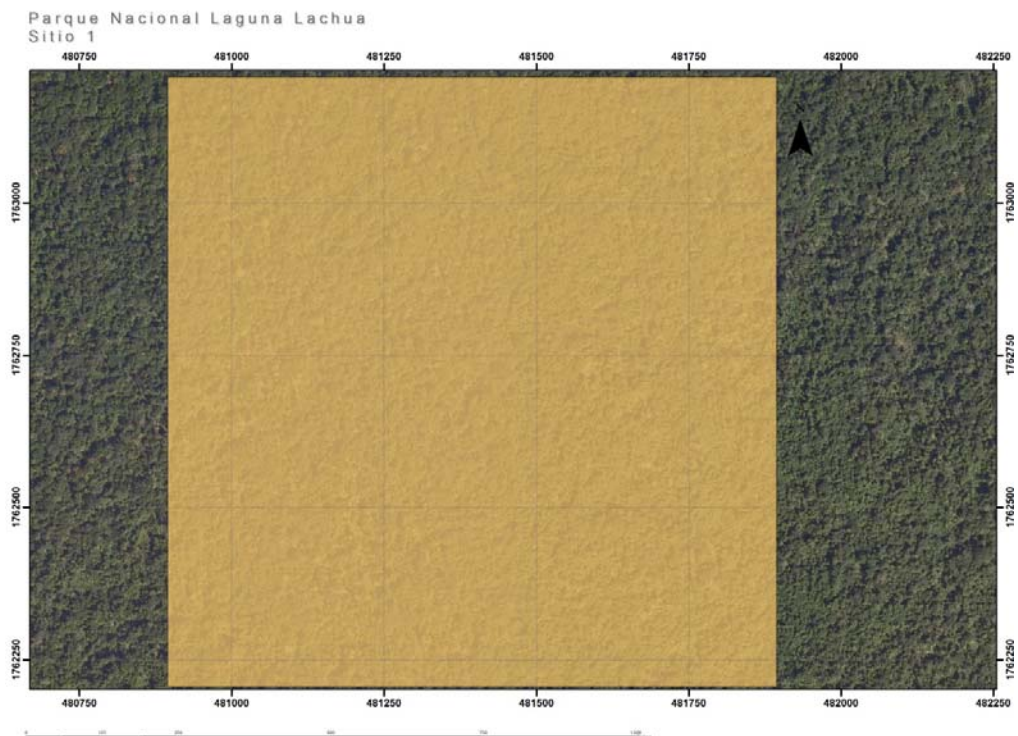
**Figura 5.** Ubicación del remanente identificado con el código ENRIOS, ubicado en la Finca Entre Ríos, Icbolay, Ecorregión Lachuá.



**Figura 6.** Ubicación del remanente identificado con el código SLL, ubicado en la comunidad Santa Lucía Lachuá, Ecorregión Lachuá.



**Figura 7.** Ubicación del remanente identificado con el código TZETOC, ubicado en la comunidad Tzetoc, Ecorregión Lachuá



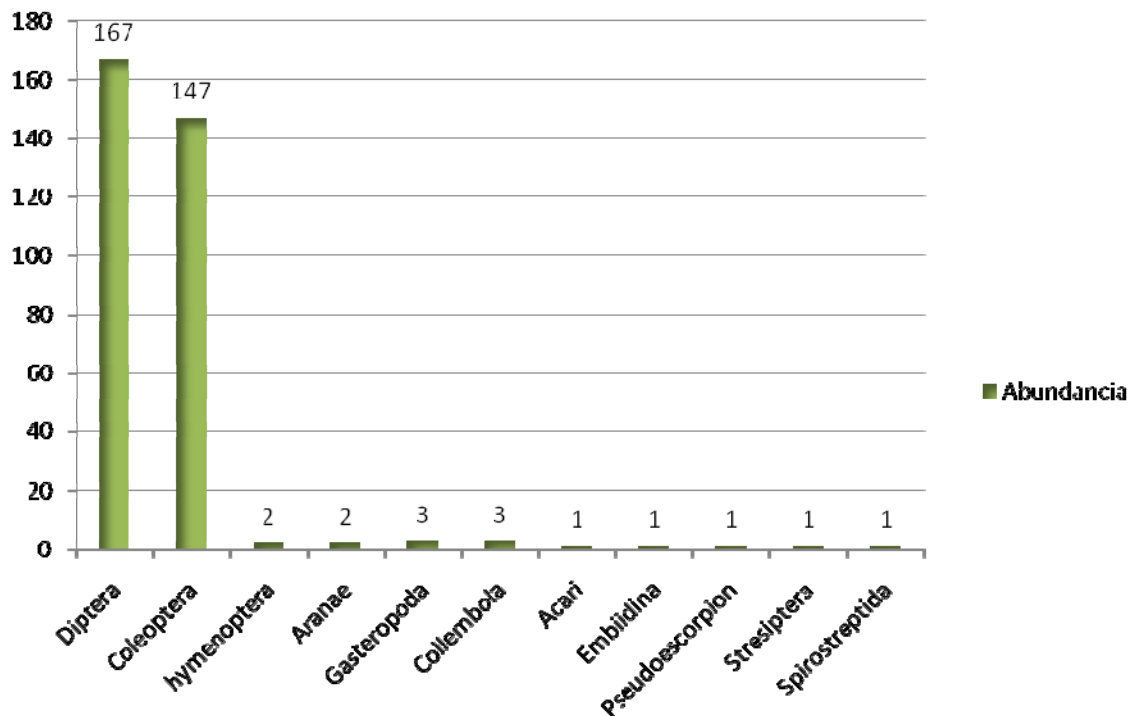
**Figura 8.** Ubicación del remanente identificado con el código PNLL1, ubicado en el centro del Parque Nacional Laguna Lachuá



**Figura 9** Ubicación del remanente identificado con el código PNLL2, ubicado en el borde del Parque Nacional Laguna Lachúa

## DIVERSIDAD DE INVERTEBRADOS FUNGÍVOROS

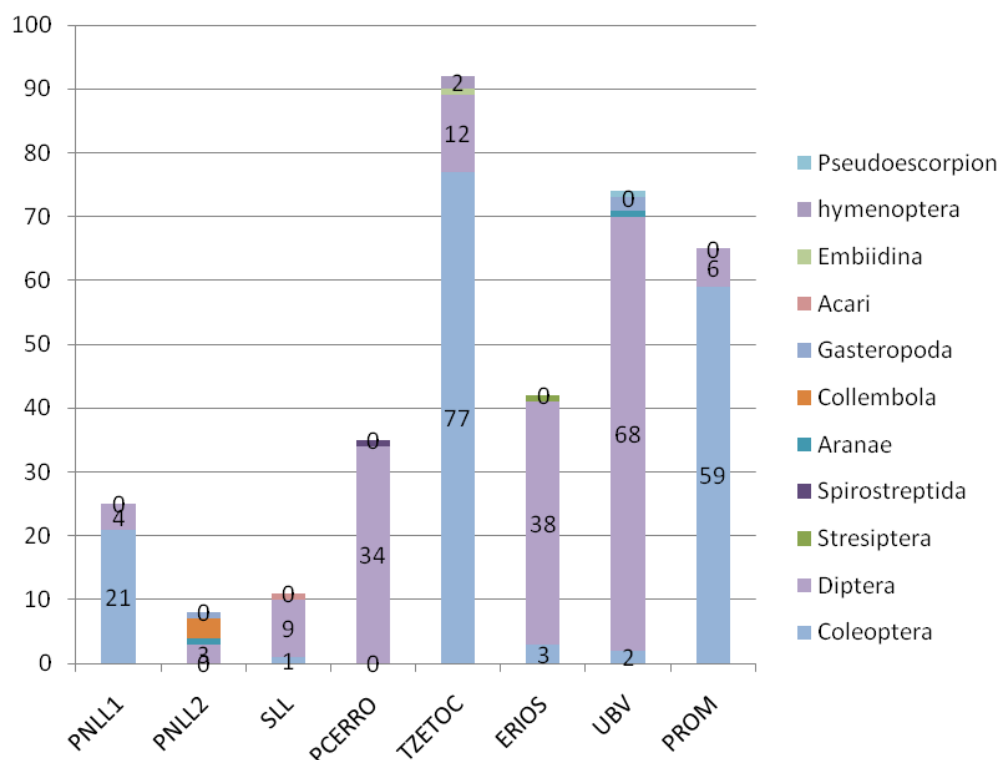
Durante los meses de mayo a noviembre se realizaron seis colectas de invertebrados fungívoros, colectándose 37 lotes de invertebrados fungívoros en los ocho sitios seleccionados. Se colectaron 329 individuos pertenecientes a 18 morfoespecies ubicadas dentro de dos Phylum, Arthropoda y Gasterópoda, dos Subphylum ; Chelicerata y Hexápoda, y 11 órdenes, siendo los más abundantes; Orden Díptera con 176 individuos, y Coleóptera con 147 individuos.



**Figura 10.** Abundancia de individuos de invertebrados colectados en macrohongos en ocho remanentes de bosque en la Ecorregión Lachuá

### Abundancia de Invertebrados fungívoros por remanente de bosque

El remanente de bosque que presentó un mayor número de individuos fue Tzetoc, con 92 individuos distribuidos en 8 morfoespecies distinto, seguido de UBV y PROM. Sin embargo el sitio PNLL2, es el remanente que más diversidad de grupos distintos presenta (Gráfico No. 2)



**Figura 11.** Riqueza y abundancia de Grupos (Subphyllum, Clase, Orden) presentes en los distintos remanentes de bosque en la Ecorregión Lachuá.

## HOSPEDEROS DE LOS INVERTEBRADOS FUNGÍVOROS

Los invertebrados fungívoros se colectaron en diferentes especies pertenecientes principalmente a la Familia Tricholomataceae, Orden Agaricales, así como la familia Polyporaceae del Orden Polyporales.

En la siguiente tabla se encuentra la información del lugar y hongos en el cual se colectaron los diferentes invertebrados fungívoros.



**Tabla 2.** Matriz de datos que relacionan fecha, lugar, Orden y Familia de macrohongo en el cual se encontraron las morfoespecies de invertebrados fungívoros.

INFORMACION HONGOS						INFORMACION INSECTOS				
Fecha	Cod Hongo	Lugar Colect	Parcela	Orden	Familia	Morfoespecie	Codigo	Orden	Familia	Abundancia
17/06/2010	SR220	EnRios	Centro	Agaricales	Pleurotaceae	Mf4	Coleopt4	Coleoptera	staphylinidae	3
17/06/2010	SR220	EnRios	Centro	Agaricales	Tricholomatacae	Mf25	Larv1	Diptera	Sciaridae	34
17/06/2010	MQ3936	EnRios	Centro	Agaricales	Marasmiaceae	Mf25	Larv1	Diptera	Sciaridae	1
13/10/2010	3882 RL	EnRios	Centro	Polyporales	no identificado	Mf25	Larv1	Diptera	Sciaridae	3
10/11/2010	MQ4059	EnRios	Centro	Agaricales	Tricholomatacae	Mf30	Larv6	Stresiptera	pendiente	1
29/08/2010	236 SR	PieC	Centro	Agaricales	Hygrophoraceae	Mf23	Diplopo1	Spirostreptida	Spirostreptidae	1
29/08/2010	236 SR	PieC	Centro	Agaricales	Hygrophoraceae	Mf25	Larv1	Diptera	pendiente	34
16/06/2010	MQ3982	PNLL1	Centro	Agaricales	Marasmiaceae	Mf25	Larv1	Diptera	Sciaridae	4
20/07/2010	MQ4008	PNLL1	Centro	Polyporales	Polyporaceae	Mf2	Coleopt2	Coleoptera	Staphylinidae	4
20/07/2010	MQ4013	PNLL1	Centro	Agaricales	Agaricaceae	Mf3	Coleopt3	Coleoptera	Erotylidae larva	2
20/07/2010	MQ4008	PNLL1	Centro	Polyporales	Polyporaceae	Mf26	Larv2	Coleoptera	coleoptera	3
26/08/2010	GP187	PNLL1	Centro	Agaricales	Marasmiaceae	Mf3	Coleopt3	Coleoptera	Erotylidae	1
12/10/2010	4367 MQ	PNLL1	Centro	Agaricales	Mycenaceae	Mf2	Coleopt2	Coleoptera	Staphilinidae	1
12/10/2010	4371 MQ	PNLL1	Centro	Agaricales	Mycenaceae	Mf2	Coleopt2	Coleoptera	Staphilinidae	5
12/10/2010	4368 MQ	PNLL1	Centro	Agaricales	Tricholomatacae	Mf4	Coleopt4	Coleoptera	Staphilinidae	3
09/11/2010	RL39569	PNLL1	Centro	Agaricales	Marasmiaceae	Mf2	Coleopt2	Coleoptera	Staphylinidae	1
09/11/2010	RL39569	PNLL1	Centro	Agaricales	Marasmiaceae	Mf3	Coleopt3	Coleoptera	Erotylidae	1
16/06/2010	SR175	PNLL2	Centro	Polyporales	Ganodermataceae	Mf38	Araña2	Aranae	pendiente	1
16/06/2010	SR175	PNLL2	Centro	Polyporales	Ganodermataceae	Mf4	Coleopt4	Coleoptera	staphylinidae	4
16/06/2010	SR175	PNLL2	Centro	Polyporales	Ganodermataceae	Mf21	Collem1	Collembola	Collembola	3
26/08/2010	MQ4135	PNLL2	Centro	Agaricales	Marasmiaceae	Mf44	Babosa1	Gasteropoda	pendiente	1
26/08/2010	MQ4163	PNLL2	Centro	Agaricales	Entolomatacae	Mf25	Larv1	Diptera	Sciaridae	2
26/08/2010	MQ4168	PNLL2	Centro	Polyporales	Polyporaceae	Mf25	Larv1	Diptera	Sciaridae	1
18/06/2010	MQ3980	Prom	Centro	Agaricales	no identificado	Mf2	Coleopt2	Coleoptera	staphylinidae	20
22/07/2010	MQ4064	Prom	Centro	Agaricales	Tricholomatacae	Mf3	Coleopt3	Coleoptera	Erotylidae	2
22/07/2010	MQ4058	Prom	Centro	Agaricales	Tricholomatacae	Mf4	Coleopt4	Coleoptera	Staphylinidae	2
28/08/2010	GP279	Prom	Centro	Polyporales	Polyporaceae	Mf25	Larv1	Diptera	Sciaridae	1

Continua... Tabla 2 INFORMACION HONGOS

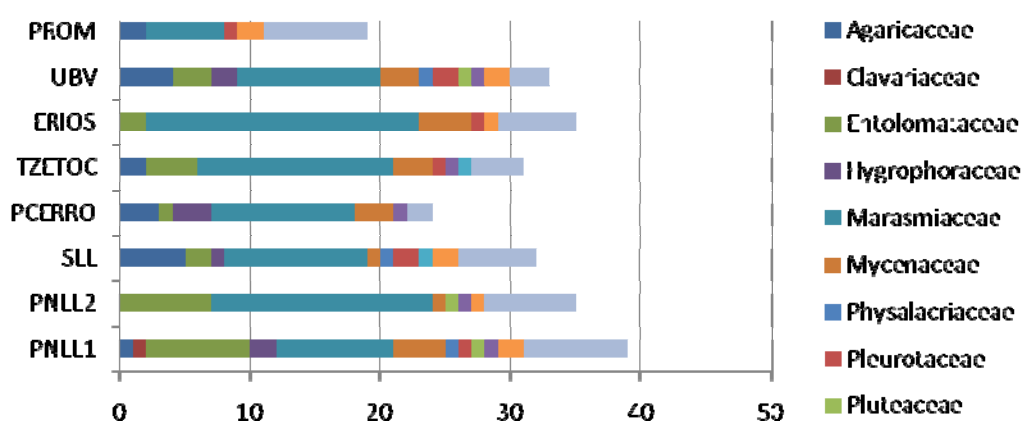
INFORMACION INSECTOS

Fecha	Cod Hongo	Lugar Colect	Parcela	Orden	Familia	Morfoespecie	Codigo	Orden	Familia	Abundancia
14/10/2010	3907 RL	Prom	Centro	Agaricales	Tricholomatacae	Mf2	Coleopt2	Coleoptera	Staphilinidae	34
14/10/2010	3907 RL	Prom	Centro	Agaricales	Tricholomatacae	Mf11	Dipt1	Diptera	Sciaridae	2
14/10/2010	3907 RL	Prom	Centro	Agaricales	Tricholomatacae	Mf25	Larv1	Diptera	Sciaridae	2
14/10/2010	3907 RL	Prom	Centro	Agaricales	Tricholomatacae	Mf30	Larv6	Diptera	Sciaridae	1
18/06/2010	MQ3977	Prom	Centro	Polyporales	Polyporaceae	Mf4	Coleopt4	Coleoptera	staphylinidae	1
23/07/2010	GP152	SLL	Centro	Agaricales	Agaricaceae	Mf4	Coleopt4	Coleoptera	Larv blanca	1
10/11/2010	MQ4017	SLL	Centro	Agaricales	pendiente	Mf41	Acaro1	Acari	pendiente	1
19/06/2010	MQ3989	SLL	Centro	Agaricales	Cortinariaceae	Mf25	Larv1	Diptera	Sciaridae	9
17/06/2010	MQ3937	Tzetoc	Centro	Agaricales	Mycenaceae	Mf1	Coleopt1	Coleoptera	Ciidae	1
17/06/2010	MQ3937	Tzetoc	Centro	Agaricales	Mycenaceae	Mf4	Coleopt4	Coleoptera	staphylinidae	1
17/06/2010	MQ3939	Tzetoc	Centro	Agaricales	Tricholomatacae	Mf4	Coleopt4	Coleoptera	staphylinidae	1
17/06/2010	3943 MQ	Tzetoc	Centro	Gomphales	no identificado	Mf11	Dipt1	Diptera	Sciaridae	1
17/06/2010	MQ3938	Tzetoc	Centro	Gomphales	Gomphaceae	Mf34	Emb1	Embiidina	pendiente	1
17/06/2010	3943 MQ	Tzetoc	Centro	Gomphales	no identificado	Mf35	Hymept1	hymenoptera	Formicidae	1
17/06/2010	MQ3928	Tzetoc	Centro	identificado	no identificado	Mf25	Larv1	Diptera	Sciaridae	1
17/06/2010	MQ3928	Tzetoc	Centro	identificado	no identificado	Mf25	Larv1	Diptera	Sciaridae	1
17/06/2010	MQ3937	Tzetoc	Centro	Agaricales	Mycenaceae	Mf25	Larv1	Diptera	Sciaridae	1
17/06/2010	MQ3937	Tzetoc	Centro	Agaricales	Mycenaceae	Mf25	Larv1	Diptera	Sciaridae	7
21/07/2010	MQ4031	Tzetoc	Centro	Agaricales	Tricholomatacae	Mf2	Coleopt2	Coleoptera	Staphylinidae	3
21/07/2010	SR348	Tzetoc	Centro	Agaricales	Marasmiaceae	Mf4	Coleopt4	Coleoptera	staphylinidae	1
21/07/2010	MQ4039	Tzetoc	Centro	Polyporales	Polyporaceae	Mf4	Coleopt4	Coleoptera	Staphylinidae	11
21/07/2010	MQ4039	Tzetoc	Centro	Polyporales	Polyporaceae	Mf12	Dipt2	Diptera	pendiente	1
13/10/2010	4411 MQ	Tzetoc	Centro	Agaricales	Marasmiaceae	Mf2	Coleopt2	Coleoptera	Staphylinidae	46
13/10/2010	4411 MQ	Tzetoc	Centro	Agaricales	Marasmiaceae	Mf35	Hymept1	Hymenoptera	Formicidae	1
10/11/2010	MQ4590	Tzetoc	Centro	Agaricales	Entolomatacae	Mf2	Coleopt2	Coleoptera	Staphylinidae	1
10/11/2010	MQ4583	Tzetoc	Centro	Agaricales	Tricholomatacae	Mf4	Coleopt4	Coleoptera	Staphylinidae	1
10/11/2010	MQ4588	Tzetoc	Centro	Agaricales	Bolbitiaceae	Mf4	Coleopt4	Coleoptera	Staphylinidae	11
18/06/2010	243SR	UBV	Centro	Agaricales	Coprinaceae	Mf3	Coleopt3	Coleoptera	Erotylidae	1
18/06/2010	SR232SR	UBV	Centro	Agaricales	Agaricaceae	Mf25	Larv1	Diptera	pendiente	49
Fecha	Cod Hongo	Lugar Colect	Parcela	Orden	Familia	Morfoespecie	Codigo	Orden	Familia	Abundancia
18/06/2010	243SR	UBV	Centro	Agaricales	Coprinaceae	Mf25	Larv1	Diptera	pendiente	19

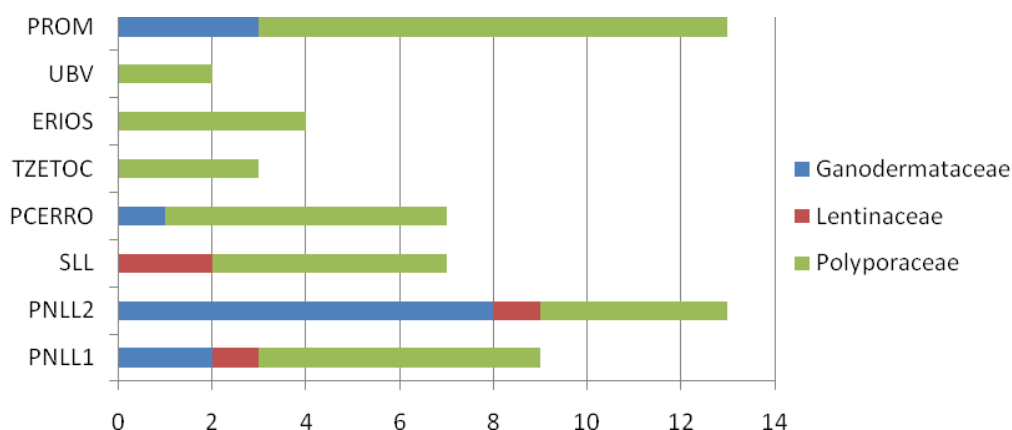
22/07/2010	RL3817	UBV	Centro	Agaricales	Marasmiaceae	Mf2	Coleopt2	Coleoptera	staphylinidae	1
22/07/2010	RL3821	UBV	Centro	Gomphales	Gomphaceae	Mf20	Hemipt5	Aranae	pendiente	1
22/07/2010	RL3821	UBV	Centro	Gomphales	Gomphaceae	Mf40	Pseudo1	Pseudoescorpion	pendiente	1
28/08/2010	MQ4279	UBV	Centro	Gomphales	Gomphaceae	Mf44	Babosa1	Gasteropoda	pendiente	1
14/10/2010	4453 MQ	UBV	Centro	Agaricales	Marasmiaceae	Mf44	Babosa1	Gasteropoda	pendiente	1

## DIVERSIDAD DE HOSPEDEROS (MACROHONGOS) EN REMANENTES DE BOSQUE

Se colectaron 369 ejemplares de macrohongos pertenecientes a 236 morfoespecies ubicadas en dos Ordenes; Agaricales y Polyporales, distribuidos en 17 familias diferentes. Los remanentes de bosque que presentaron mayor diversidad fueron los ubicados dentro del Parque Nacional Laguna Lachuá, con 48 morfoespecies respectivamente, y los sitios Pie de Cerro y Promesas presentaron la menor riqueza con 31 y 32 respectivamente (Gráfico 3 y 4)



**Figura 12** Riqueza de morfoespecies de las distintas familias del Orden Agaricales, colectadas en los distintos remanentes de bosque en la Ecorregión Lachuá.



**Figura 13.** Riqueza de morfoespecies de las distintas familias del Orden Polyporales, colectadas en los distintos remanentes de bosque en la Ecorregión Lachuá.

### RELACION ENTRE LOS GRUPOS DE INVERTEBRADOS FUNGIVOROS Y LAS FAMILIAS DE MACROHONGOS

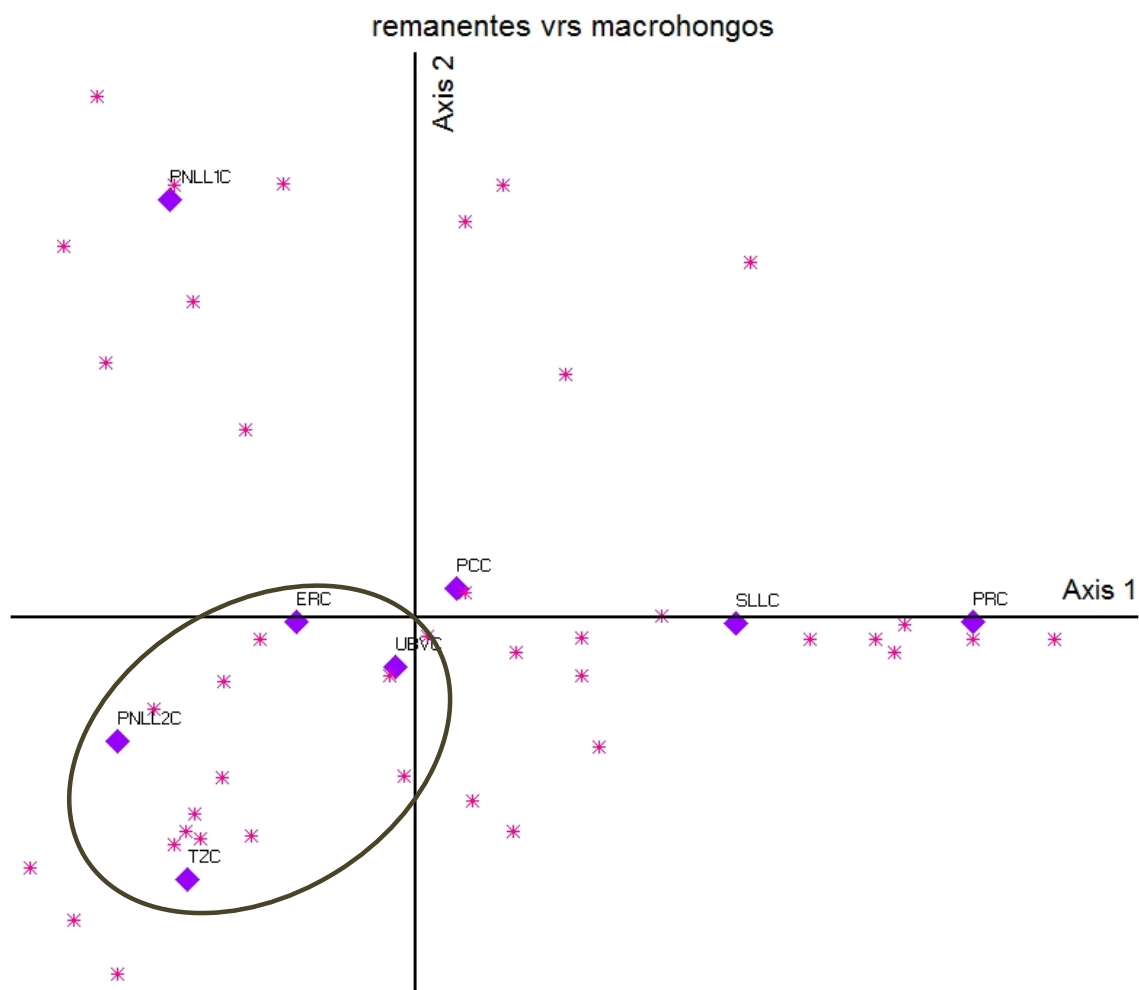
La familia que más diversidad de fungívoros presento fue la familia Maramiaceae, con 4 grupos de invertebrados fungívoros, seguido de la familia Tricholomataceae con 3 grupos. Ambos del Orden Agaricales.

**Tabla 3.** Relación entre los grupos de invertebrados fungívoros y las familias de macrohongos. Los espacios de color gris indican la presencia o ausencia del grupo de fungívoros en las familias de macrohongos.

INFORMACION DE LOS HONGOS		INFORMACION DE LOS ORDENES ARTRÓPODOS									
ORDEN	FAMILIA	Coleoptera	Diptera	Strepsiptera	Spirostreptida	Aranae	Collembola	Gasteropoda	Embiidina	Hymenoptera	Pseudoscorpion
Agaricales	Agaricaceae										
Agaricales	Entolomataceae										
Agaricales	Hygrophoraceae										
Agaricales	Marasmiaceae										
Agaricales	Mycenaceae										
Agaricales	Psathyrellaceae										
Agaricales	Strophariaceae										
Agaricales	Tricholomataceae										
Gomphales	Gomphaceae										
Polyporales	Ganodermataceae										
Polyporales	Polyporaceae										

## ANÁLISIS DE MACROHONGOS E INVERTEBRADOS FUNGÍVOS COMO INDICADORES BIOLÓGICOS

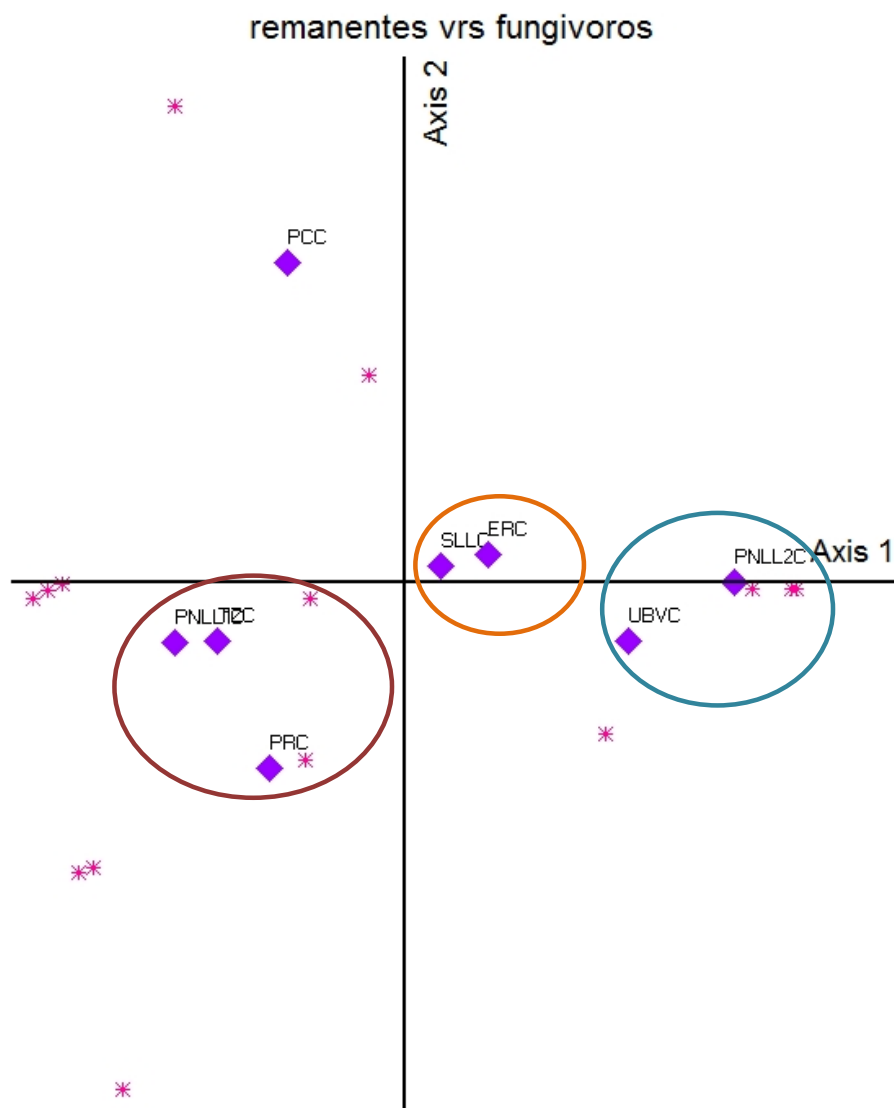
Se realizó un análisis de ordenamiento canónico rectificado, para observar si existiera un patrón en alguno de éstos dos taxones. Dentro de análisis (gráfico 5) se puede observar un grupo evidente, conformado por el remanente de Entre Ríos, Unión Buena Vista, PNLL2, Tzetoc .



**Figura 14.** Análisis DCA, para evaluar si la composición de macrohongos se modifica según el remanente de bosque, dentro de la Ecorregión Lachuá. Inercia 4.78.

Asimismo se realizó el mismo análisis entre fungívoros y los remanentes de bosque. En este análisis se vio un comportamiento levemente diferente al

presentado por los hongos. En este dendograma se visualizan tres grupos, el primero de ellos constituido por PNLL1, Tzetoc, y Promesas; el segundo por PNLL2 y UBV; el tercer grupo esta constituido por SLL y Ente Ríos. Quedándose aislado el remanente Pie de Cerro.



**Figura 15.** Análisis DCA, para evaluar si la composición de invertebrados fungívoros según el remanente de bosque, dentro de la Ecorregión Lachuá. Inercia 2.71.

## IX.DISCUSIÓN

La Ecorregión Lachuá, en los últimos años ha presentado una avanzada tasa de cambio de uso de suelo, durante el presente estudio se hizo muy difícil poder encontrar remanentes de bosque accesibles y cercanos, y muchos remanentes de bosque han perdido considerablemente en su área o han desaparecido.

Los remanentes de bosque estudiados estuvieron condicionados al permiso de las comunidades y parcelarios dueños de los remanentes boscosos. Según el análisis efectuado, por medio del factor largo/ancho (López, 2009), cinco de los seis remanentes estudiados presentaron una geometría rectangular. Aunque el área que presentan es mayor a una hectárea; según datos reportados por López, 2009, los macrohongos tienden a disminuir en riqueza en geometrías rectangulares, esto debido al incremento del efecto de borde hacia dentro del remanentes. Debido a estas variaciones en el clima la fructificación de hongos disminuye, y por lo tanto, disminuye la disponibilidad de alimento para los invertebrados fungívoros que dependen de ello.

### Diversidad de Invertebrados Fungívoros

Los invertebrados son el grupo más diverso del mundo vivo, por lo que se ha de esperar que así sea el número de interacciones con otros seres vivos. Los hongos son después de los insectos el taxón más diverso (Hawsworth, 1990), y por lo cual ha de esperarse que exista un fuerte vínculo entre estos dos grupos. Los hongos por su biología, forman parte importante del suelo y la formación del mismo, esperándose una relación estrecha con los invertebrados que viven en el suelo.

La fungivoría es una interacción poco conocida y aún no se conoce el efecto de ésta interacción en los diferentes taxones involucrados (Guevara, 1999; Anduaga, 2000). Se considera que ésta interacción es antagónica a la herbivoría, por lo que el presente estudio contribuye al inicio de la documentación de los invertebrados que tienen alguna relación con los basidiomas de selvas tropicales, como las encontradas en la Ecorregión Lachuá.

El orden mejor representado fué Coleóptera, con tres familias; siendo la familia Staphylinidae, la más abundante. La familia Erotylidae presentó una alta diversidad principalmente en Polyporales. Esto coincide con otros estudios de fungivoría (Guevara, 1999; Amat, 2004). Aunque la mayoría de grupos colectados no son fungívoros estrictos (Amat, 2004). La presencia de grupos como *Aranae*, reflejan la importancia de los hongos en la cadena alimenticia. Ya que la presencia de dicho grupo, estaría condicionada debido a la presencia de otros organismos en del hongo.



El orden *Coleóptera* presentó individuos en distintos de estados de desarrollo, por lo que evidencia su marcada relación con los hongos. Mientras que el orden *Díptera*, solamente se presentó en estado larvario, sin embargo éste estado evidencia la importancia de los hongos para el ciclo de vida de estas especies.

Los remanentes que presentaron una mayor abundancia de invertebrados fueron Tzetoc y Unión Buena Vista, y los remanentes con mayor riqueza fueron el PNLL2 y Unión Buena Vista. Estos sitios coinciden en que ambos mantienen una buena conservación de hábitat, a pesar que presentan incidencia antrópica.

### **Diversidad de hospederos (macrohongos) en los remanentes de bosque.**

Los ocho sitios de colecta presentaron una riqueza similar en cuanto a familias de hongos (31 a 48); sin embargo, se reportan 236 morfoespecies, por lo que la composición es diferente en cada uno de ellos. Por lo que la diversidad de los hongos dentro de la Ecorregión es muy heterogénea.

Las proporciones de las familias aún se mantienen dentro de los remanentes, por lo cual se podría considerar que los remanentes aún conservan características que permiten el desenvolvimiento de los macrohongos. El grupo más diverso y que presentó mayor número de fungívoros, fue el Orden *Agaricales* distribuidos en las Familias *Marasmiaceae* y *Tricholomataceae*. Por lo tanto, éstas son las familias más utilizadas por los invertebrados fungívoros y mientras estas se encuentren dentro de los remanentes podrán ser utilizadas por los invertebrados fungívoros.

### **Análisis de invertebrados fungívoros y hospederos como indicadores biológicos**

Según los análisis de agrupamiento realizados entre la diversidad encontrada de hongos y fungívoros (Figura 14 y 15) ambos taxones presentan patrones diferentes.

Los hongos presentan composiciones muy diferentes entre los diferentes remanentes, sin embargo se logra definir un grupo establecido por los remanentes Tzetoc, PNLL2, Entre Ríos, UBV. Estos remanentes tiene la característica que son de similar tamaño y forma. Asimismo, el uso que los rodea son usos que no intensivos, y permiten que estos remanentes se mantengan condiciones similares. El otro grupo que se

forma es el de los remanentes de SLL, Pie de Cerro y Promesas, estos remanentes se caracterizan porque se encuentran aislados, teniendo usos intensivos como cultivos, potreros y tierras en descanso a su alrededor, por lo cual podrían estar incidiendo en el efecto de borde hacia los remanentes, disminuyendo la riqueza de familias en dichos remanentes.

El dato curioso, es la diversidad encontrada en el PNLL1, la cual demuestra un alto número de especies raras, y muy poca similitud hacia los otros sitios de colecta, lo que demuestra que la diversidad de hongos en lugares muy poco alterados es diferente, y que para conservar la diversidad de hongos de la Ecorregión es tan importante el Parque Nacional Laguna Lachuá, como los remanentes a sus alrededores.

En relación a los invertebrados fungívoros, presentan tres grupos evidentes, el primer grupo formado por los remanentes PNLL1, Promesas y Tzetoc, presentan una riqueza similar en cuanto a grupos de fungívoros. Aunque la composición de morfoespecies en estos lugares es diferente (Figura 14), la presencia de familias importantes para los fungívoros, Marasmiaceae y Tricholomataceae mantienen alta riqueza en estos grupos.

El segundo grupo formado por SLL y Entre Ríos, pueden estar asociados, ya que presentan poca riqueza y comparten la mayoría entre ellos. Y el último grupo PNLL2 y UBV comparten al igual que los grupos anteriores la riqueza de fungívoros. La presencia de los invertebrados fungívoros estaría determinada por la presencia de las familias de macrohongos en los cuales ellos lleven a cabo su ciclo de vida.

Por lo tanto, la calidad de un remanente de bosque podría estar determinado la fructificación de macrohongos, y a su vez éstos determinando la presencia de invertebrados fungívoros. Mientras los remanentes de bosque mantengan las características climáticas que permitan mantener las proporciones de las familias de macrohongos se podría esperar que la riqueza de fungívoros se mantuviera constante.

## X. CONCLUSIONES

Cinco de los seis remanentes de bosque del presente estudio poseen una geometría rectangular, por lo que tienen un mayor efecto de borde, vulnerando las condiciones del centro del remanente, y con tendencias a disminuir la riqueza de hongos presentes en dichos remanentes.

Se colectaron un total de 37 lotes de invertebrados fungívoros, donde los órdenes Coleóptera y Díptera son los más abundantes con 167 o 147 respectivamente.

La familia que presentó una mayor riqueza de invertebrados fungívoros fue Staphylinidae, Orden Coleóptera, seguida por la familia Erotylidae, Orden Coleóptera.

Los individuos colectados del orden Coleóptera se encuentran distribuidos en distintos estadios de desarrollo, por lo que se evidencia la importancia de los macrohongos en su desarrollo.

Todos los individuos del orden Díptera se colectó en estado larvario, por lo que es en este periodo de desarrollo donde utilizan el recurso hongo.

La presencia del orden Aranae evidencia la importancia de los macrohongos en las cadenas tróficas, debido a que este orden es depredador.

Se colectaron 236 morfoespecies de macrohongos, distribuidos en dos órdenes, y 11 familias. Siendo las familias Marasmiaceae y Tricholomataceae las que presentan una mayor riqueza.

Los invertebrados fungívoros fueron colectados principalmente en las familias Marasmiaceae y Tricholomataceae (orden Agaricales).

Los fragmentos no presentaron diferencia en cuanto a riqueza de familia, sin embargo la composición de morfoespecies fue distinta en cada uno de los remanentes.

Los remanentes más similares en composición son PNLL2, Tzetoc, Entre Ríos y Unión Buena Vista. Ellos comparten similitudes en cuanto a los usos que lo rodean.

Los invertebrados fungívoros no presentaron un patrón de distribución evidente, sin embargo éstos están condicionados a la riqueza de morfoespecies de las familias Marasmiaceae y Tricholomataceae.

Los remanentes de bosque como el Parque Nacional Laguna Lachuá, presentan una alta heterogeneidad de riqueza, por lo que la conservación de la diversidad debe estar enfocada no solamente al PNLL, sino a todo el paisaje en su conjunto,

## **XI. RECOMENDACIONES**

Determinar a especie los ejemplares de invertebrados fungívoros como de macrohongos para poder establecer relaciones más estrechas entre los distintos organismos involucrados.

Fomentar estudios como éste, el cual permite documentar diversidad no estudiada como los invertebrados que tienen relación estrecha con los organismos.

Fortalecer la investigación a largo plazo, para poder entender de una mejor manera los procesos que se desarrollan en los ecosistemas.

## XII. BIBLIOGRAFÍA

### Referencias y bibliografía

- Amat-García, E.; G. Amat-García y L. Henao-M. 2004.** Diversidad taxonómica y ecológica de la entomofauna micófaga en un bosque altoandino de la cordillera oriental de Colombia. *Cienc.* 28 (107):223-231. 2004. ISSN 0370-3908.
- Anduaga, S. 2000.** Escarabajos coprófagos (Coleóptera: Scarabaeoidea) asociados a hongos en la Sierra Madre Occidental, Durango, México: con una compilación de las especies micetofagas. *Acta Zool. Mex.* (n.s) 80 (2000)
- Bran, M, R, Flores, O. Morales, R. Cáceres. 2003.** Hongos Comestibles de Guatemala: Diversidad, Cultivo y Nomenclatura Vernácula. (Fase II) Guatemala: Dirección General de Investigación. USAC.
- Calonge, F. 1998.** Gasteromycetes, I. Lycoperdales, Nidulariales, Páyales, Sclerodermatales, Tulostomatales. *Flora Mycologica Iberica.* Vol. 3. Ed. Real Jardín Botánico. 270pp.
- 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.
- Dallas, J. 1998.** Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. Primera edición. Universidad de Kansas. Internacional Thomson Editores. México. 566pp.
- Daniel, W. 1999.** Bioestadística, base para el análisis de las ciencias de la salud. 4ta. Edición. Editorial Limusa. México. 878pp.
- DIGEBOS, UICN, PAFG. 1995.** Proyecto Conservación del PNLL y Desarrollo Sostenible de su Zona de Influencia. Documento de Proyecto Guatemala. 49:7-13
- Domínguez, R. 1994.** Taxonomía, Claves y Diagnósis. Vol. 1, 2 y 3. Universidad autónoma Chapingo. Departamento de parasitología. México.
- Gilberston R, L y Ryvarde L. 1986.** North American Polypores. Volume 1 & 2. Fungiflora. Oslo, Norway. 1-433pp.
- Guevara R y Dirzo R. 1999.** Consumption of macro-fungi by invertebrates in a Mexican tropical cloud forest: do fruit body characteristics matter? *Journal of Tropic Ecology* (1999) 15: 603 617. With 2 figures Copyright 1999 Cambridge University press.
- Hanski, I. 1989.** Fungivory: Insects and Ecology. Pags 25-68 in Wilding, N., Collins, N, M. Hammond. P.M., y Webber, J. F. (eds). *Insects-fungus interactions.* Academic Press. London.
- Hawksworth, D L. 1991.** The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. *Mycological Research* 95:641-655
- Largent D, S. Hadley, D. Stuz. 1986.** How to Identify Mushrooms to Genus I. Macroscopic Features. Mad River Press. USA. 165 pp
- Largent D. y H. Thiers. 1977.** How to Identify Mushrooms to Genus II. Field identification of Genera. Mad River Press. USA.

- Largent D, D. Johnson y R. Watling. 1980.** How to Identify Mushrooms to Genus III. Microscopic Features. Mad River Press. USA.
- Largent y T. Baroni, 1988** How to Identify Mushrooms to Genus VI. Modern Genera. Mad River Press. USA.
- Mata M, 1999** Macromicetos de Costa Rica. Vol. 1. Instituto Nacional de Biodiversidad. Costa Rica.
- Mata M, Halling R. y Mueller G, 2003.** Macromicetos de Costa Rica. Vol. 2. Instituto Nacional de Biodiversidad. Costa Rica.
- McCune, B. J. Grace. 2002.** Analysis of ecological communities. MjM Software Desing.USA. 300pp.
- Miranda, F. 1978.** Vegetación de la Península Yucateca. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 270pp.
- Mueller G., Bills G. y Foster M. 2004.** Biodiversity of Fungy : Inventory and Monitoring Methods. USA:Elsevier. 777pp.
- Mueller G., J. Schmit 2007 (a).** An estimate of the lower limit of fungal diversity Biodiversity Conservation. DOI. 10.1007/s10531-006-91293.
- Mueller G. J. Schmit, P. Leacock, B. Buyck, J. Cifuentes, D. Desjardin, R. Halling, K. Hjortstam, T. Iturriaga, K. Larsoon, D. Lodge, T. May, D. Minter, M. Rajchenberg, S. Redhead, L. Ryvardeen, J. Trappe, R. Watling, Q. Wu. 2007 (b).** Global diversity and distribution of macrofungi. Biodiversity Conservation 16: 37-48
- Moizo, M. 2004.** La percepción remota y la tecnología SIG: una aplicación en Ecología del Paisaje. Geofocus (artículos) No. 4. pag. 1-24. ISBN 1578-5157.
- Quezada M, R. López, G. Ponce. 2006.** Análisis de la Distribución y Composición de la Subclase Himenomicetes (Macromicetos) dentro de la Clases Vegetales propuestas para la Zona de Influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz. Informe Final Proyecto AGROCYT-16-2004, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Quezada, M, R. López, V. Molina, A. Fuentes, R. Barrios. 2008.** “Fortalecimiento en el conocimiento taxonómico de macromicetos tropicales de Guatemala” Proyecto DIGI 2.83. Dirección General de Investigación y Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala
- Quezada M, R. López, O. Morales, G. Ponce. 2009.** Análisis de la Diversidad de Macromicetos en diferentes estratos altitudinales de los Bosques Nubosos de Guatemala; su conocimiento y uso tradicional: Reserva de la Biosfera La Fraternidad. Informe Final Proyecto AGROCYT-19-2005, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Ryvarden, L. 2004.** Neotropical Polypores. Part 1. Introduction, Ganodermataceae & Hymenochaetaceae. Sinopsis Fungorum 19. Fungiflora.. Norway. 229pp.
- Triplehorn, C. Johnson N. 2005.** Borror and DeLong`s Introduction to the study of insects. 7ma. Edition. Thomson Brooks/Cole. Printed United Status of America. 864pp.