



Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación -Digi-Formato 01-2019



Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Industrial

Informe final

Macrohongos como indicadores del estado de conservación y resiliencia ante el cambio climático del bosque seco de El Progreso y Zacapa

Equipo de investigación
Dra. Maura L. Quezada
Bianka Analí Hernández Ruano
María José Pérez Solares
Emily Sofía Car Calán

Guatemala, 2019

Instituto de Investigación Químicas y Biológicas -IIQB
Centro de Estudios Conservacionistas –CECON-
Centro Universitario de Zacapa –CUNZAC-

Investigación: Herbario Universidad de San Carlos de Guatemala (USCG)



Dr. Félix Alan Douglas Aguilar Carrera
Director General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas

Ing. Liuba Cabrera Ovalle

Programa Universitario de Investigación Desarrollo Industrial

Dr. Maura L. Quezada

Licda. Bianka Analí Hernández Ruano

Bach. María José Pérez Solares

Bach. Emily Sofía Car Calán

Otros colaboradores

Ing. Agr. Carlos Augusto Vargas Gálvez

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, 2019. El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada por la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la Partida Presupuestaria 4.8.63.4.41. durante el año 2019 en el Programa Universitario de Investigación de Investigación Desarrollo Industrial

Financiamiento aprobado por Digi: Q 249,634.6357 Financiamiento ejecutado: Q 249,184.6357

Índice

1.	Resumen y palabras clave:	1
2.	Abstract and Keywords	2
3.	Introducción:	3
4.	Planteamiento del problema	4
5.	Preguntas de investigación:	5
6.	Delimitación en tiempo y espacio	5
6.1	Delimitación en tiempo:	5
6.2	Delimitación espacial:	6
7.	Marco teórico:	6
7.1	Biología de los hongos	6
7.2	Macrohongos	7
7.3	Ascomycota	7
7.4	Basidiomycota	8
7.5	Órdenes de basidiomicetos reportados para ecosistemas áridos	9
7.6	Morfología	10
7.7	Bosques secos	11
7.8	Estudios de la diversidad biológica de bosques secos en Guatemala	12
8.	Estado del arte:	13
8.1	Diversidad de hongos en climas secos	13
8.2	Estudios de hongos en Guatemala	15
9.	Objetivos (generales y específicos):	16
10.	Hipótesis:	16
11.	Materiales y métodos	17
o	Enfoque y tipo de investigación: Enfoque mixto.	17
o	Indicar el tipo de la investigación: No experimental, exploratoria y descriptiva.	17
o	Método:	17
11.4	Técnicas e instrumentos:	18
12.	Resultados	20

12.4 Relación de los macrohongos con la estructura de la vegetación y microclima	25
12.5 Macrohongos indicadores	28
14. Análisis y discusión de resultados	31
8. 14.1 Diversidad y Distribución de macrohongos de bosque seco	31
15. Conclusiones	38
16. Vinculación, difusión y divulgación	39
17. Impacto Esperado	39
18. Referencias	41
19. Apéndices	46
Anexos 3. Láminas de morfoespecies de macrohongos encontradas	52
	52

Índice de figuras

Figuras	Página
Figura 1. Asca con esporas y formas de los cuerpos fructíferos de los Ascomicetos	12
Figura 2. Basidio con esporas y formas de los cuerpos fructíferos de Basidiomycetos	13
Figura 3.- Principales partes de un macrohongo	15
Figura 4, parcela que se utilizó en el estudio de la vegetación arbórea y diversidad de macrohongos en el bosque seco	21
Figura 5. Riqueza de las morfoespecies de macrohongos por familia colectadas en los sitios de colecta de los departamentos de El Progreso y Zacapa	25
Figura 6. Abundancia de las morfoespecies de macrohongos por familia colectadas en los sitios de colecta de los departamentos de El Progreso y Zacapa.	25
Figura 7. Riqueza de las morfoespecies de macrohongos por sitio de colecta de los departamentos de El Progreso y Zacapa	26
Figura 8. Riqueza de las familias de plantas en las 12 parcelas de bosque seco en Zacapa y El Progreso.	27
Figura 9. Riqueza y abundancia de especies de plantas por sitio de colecta	28
Figura 10. Relación de variables microclimáticas y Estructura y Composición de la vegetación respecto a las morfoespecies de macrohongos colectadas	30
Figura 11. Riqueza de las morfoespecies de líquenes por género colectados en los sitios de colecta de los departamentos de El Progreso y Zacapa	33
Figura 12. Abundancia de las morfoespecies de líquenes por familia colectadas en los sitios de colecta de los departamentos de El Progreso y Zacapa	34
Figura 13. Riqueza de las morfoespecies de líquenes por sitio de colecta de los departamentos de El Progreso y Zacapa	35
Figura 14. Análisis de agrupamiento y NMDS y Envfit de los líquenes por sitio de colecta de los departamentos de El Progreso y Zacapa	35

Índice de tablas

Tabla 1. Descripción de las principales estructuras macroscópicas de un macrohongo tomado de (Pompa, et al., 2011; citado en Carranza, 2006)	15
Tabla 2. Se muestra la ubicación de los sitios de colecta	23
Tabla 3. Se muestran los valores promedios de las de variables de estructura y composición medidas para la vegetación en cada sitio de muestreo en los bosques seco de Zacapa y El Progreso	29
Tabla 4. Se muestran los valores de r y R ² de las variables climáticas y estructura, composición de la vegetación de las correlaciones Envfit con las variables que están significativamente relacionadas	31

“Macrohongos como indicadores del estado de conservación y resiliencia ante el cambio climático del bosque seco de los departamentos de El Progreso y Zacapa.”

1. Resumen y palabras clave:

Los bosques secos son ecosistemas frágiles en Guatemala derivado que han perdido más del 75% de su cobertura original y actualmente se encuentran dentro de un paisaje altamente fragmentado, afectando los patrones de diversidad y composición de organismos y con ello los servicios ecosistémicos que proveen. Es por ello que evaluar su estado de conservación para establecer su resiliencia es prioritario para su manejo y asegurar supermanencia. En tal sentido, el presente estudio tuvo como objetivo determinar la diversidad y distribución las especies de macrohongos y plantas con el fin de establecer especies indicadoras del estado de conservación y resiliencia de los bosques secos. Para ello se seleccionaron cuatro localidades (C, S, M, H). En cada una de ellas se colocaron tres parcelas circulares de 500m², donde se realizaron siete muestreos durante la época de lluvias y se midieron variable micrombientales. Se registraron 106 morfoespecies de macrohongos donde las familias más diversas fueron Agaricaceae (18), Polyporaceae (17), Marasmiaceae (13) y Xylariaceae(8). En relación a las plantas, se registran 91 especies siendo Leguminosae (22), Euphorbiaceae (7), Cactaceae y Rubiaceae (5) las familias más diversas. Las parcelas HP1, CP1 y CP3 las que presentaron un mayor grado de conservación, mientras que las parcelas CP2, HP2, HP3, MP2 y MP3, manifiestan un mayor grado de perturbación. *Favolus tenuiculus* P.Beauv., y géneros como *Lepiota*, *Gerronema* y *Marasmius* son los más diversos en sitios conservados, los cuales responden a condiciones de estructura y composición de la vegetación, así como a condiciones de humedad, luz y temperatura.

Palabras clave: bosque seco, macrohongos, indicadores biológicos, estado de conservación, resiliencia.

2. Abstract and Keywords

Dry forests in Guatemala are fragile ecosystems derived that have lost more than 75% of their original coverage and are currently within a highly fragmented landscape, affecting the patterns of diversity and composition of organisms and thus the ecosystem services they provide. That is why assessing its conservation status to establish its resilience is a priority for its management and ensure supermanence. In this regard, the present study aimed to determine the diversity and distribution of the species of macro fungi and plants in order to establish species that indicate the conservation status and resilience of dry forests. For this, four locations were selected (C, S, M, H). In each of them, three 500m² circular plots were placed, where seven samples were taken during the rainy season and micrombiental variables were measured. 106 macro-fungal morpho species were recorded where the most diverse families were Agaricaceae (18), Polyporaceae (17), Marasmiaceae (13) and Xylariaceae (8). In relation to plants, 91 species are registered being Leguminosae (22), Euphorbiaceae (7), Cactaceae and Rubiaceae (5) the most diverse families. The plots HP1, CP1 and CP3 which presented a higher degree of conservation, while the plots CP2, HP2, HP3, MP2 and MP3, show a greater degree of disturbance. *Favolus tenuiculus* P.Beauv., and genera such as *Lepiota*, *Gerronema* and *Marasmius* are the most diverse in conserved sites, which respond to conditions of structure and composition of the vegetation, as well as to conditions of humidity, light and temperature.

Key words: dry forest, macro fungi, biological indicators, conservation status, resilience.

3. Introducción:

Guatemala es considerado un país megadiverso y en Mesoamérica ocupa el segundo lugar de las regiones con mayor diversidad de especies y endemismo, ya que alberga del 7-10% de la diversidad conocida en el planeta (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2012). Los bosques secos son ecosistemas que se reconocen por presentar un alto grado de endemismo, dadas las condiciones de aislamiento geográfico que presentan. A pesar de ello, corresponden a los ecosistemas menos estudiados y más degradados en el país, los cuales, a la fecha, han perdido más del 75% de su cobertura original. (Veliz, 2008; Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Asociación Zootropic, Centro de Datos para la Conservación & The Nature Conservancy, 2011).

El estado de conservación de los ecosistemas está medido por la diversidad biológica que estos poseen, es un conjunto de influencias que actúan sobre el hábitat natural del ecosistema y sobre las especies que existen en él, que pueden afectar, a largo plazo, su distribución natural, su estructura, sus funciones, así como la supervivencia de sus especies. La pérdida y degradación de los hábitats, cambio climático, contaminación, sobreexplotación entre otros; son las causas más importantes que dañan el estado de conservación de los ecosistemas y la pérdida de la biodiversidad. Ante las perturbaciones, la capacidad de resiliencia ante un disturbio o resistir presiones; los ecosistemas tienen la capacidad de recuperarse por medio de los ciclos biogeoquímicos regenerativos que realizan los componentes bióticos y abióticos en un tiempo determinado como respuesta para recuperar su estado anterior al efecto producido por el factor externo y en esa medida tender al equilibrio (Hernández, 2009). Los hongos son organismos que aportan para la conservación de un ecosistema y que tienen resiliencia ante los cambios que puedan tener.

Los hongos son un grupo de organismos muy diverso y de gran importancia ecológica. Estos organismos contribuyen al mantenimiento del ecosistema, reciclando materia orgánica o formando asociaciones simbióticas con otros organismos (Hernández, Ixcot, Chinchilla, & Marroquín, 2000) A los hongos que tienen la capacidad de formar cuerpos fructíferos de tamaño macroscópico, los cuales corresponden principalmente a los phylum Ascomycota y Basidiomycota, son llamados comúnmente macrohongos, donde una de sus principales funciones es ser recicladores de materia

vegetal (Mata, 1993; Moore, Robson & Trinci, 2011). Sin embargo, a pesar de su importancia son de los organismos menos estudiados a nivel mundial (Hawksworth, Kirk, Sutton & Pegler, 1995), por lo que en Guatemala su conocimiento también es escaso (Morales, Cáceres, Guirriarán, Flores, & Bran, 2012). Por otro lado, el conocimiento de la diversidad de macrohongos en climas áridos y secos es pobremente documentada (García & Bolaños, 2010; Raymundo, Valenzuela, Gutiérrez, Coronado & Esqueda, 2013) y más aún la función que estos realizan. En Guatemala, hasta la fecha existe poca información sobre macrohongos de bosques secos, es por ello se realizaron esfuerzos para documentar su diversidad y función en este tipo de bosque para el país.

El Valle del Motagua es uno de los bosques secos más representativos del país, se encuentra ubicado desde el norte de Chimaltenango y Guatemala pasando por los departamentos de El Progreso, Zacapa y Chiquimula. Sin embargo, está altamente amenazado porque presenta un cambio drástico de uso de suelo, originando un paisaje altamente fragmentado. Además, también presenta una alta amenaza de sequías por los efectos del cambio climático. Esta situación afecta los patrones de diversidad y composición de organismos del lugar, y con ello los servicios ecosistémicos que este ecosistema provee para los habitantes de esas regiones (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, et al, 2011). Por tanto, se realizó un análisis del estado de conservación y resiliencia ante el cambio climático por medio del análisis de macrohongos y de la vegetación, en función de las variables microclimáticas del bosque seco de los departamentos de Zacapa y El Progreso.

4. Planteamiento del problema

El alto grado de degradación y amenaza de los bosques secos y su poca importancia para las autoridades, debido a que no son prioridad de conservación y su escaso conocimiento sobre su biodiversidad, servicios ecosistémicos y su función, lo hacen uno de los ecosistemas del país que merecen mucha atención. Con la poca información que se conoce sobre los bosques secos, se han catalogado como un sistema único y de importancia por la presencia de endemismos. Se han realizado estudios sobre la vegetación, pero no se ha dado a conocer la importancia que estos tienen para las comunidades. Sobre la biodiversidad se han realizado estudios faunísticos de gran

importancia donde han reportado especies nuevas y endémicas para el país. Sobre hongos los estudios para las zonas secas son muy escasos, desconociéndose la diversidad de estos en bosque secos.

En general los bosques secos se están degradando de una forma acelerada y están siendo altamente amenazados por sequías. Realizando el presente estudio sobre los macrohongos como indicadores del estado de conservación de los bosques, se tendrá información importante para el manejo adecuado y para crear estrategias de conservación para la resiliencia ante el cambio climático. Por ello se contribuyó con conocimiento sobre la diversidad del país.

5. Preguntas de investigación:

¿Qué diversidad de macrohongos existe en los bosques secos?, ¿Diversidad de vegetación arbórea existe en el bosque seco?, ¿Cuál es el estado de conservación y resiliencia actual de los bosques secos?, ¿Qué macrohongos se pueden determinar como indicadores del estado de conservación y resiliencia del bosque seco? ¿Cuál es la importancia de los bosques secos y su diversidad?

6. Delimitación en tiempo y espacio

6.1 Delimitación en tiempo:

Se realizó la selección de los sitios de muestreos durante la época seca y se colectó la vegetación en época seca y lluviosa y los macrohongos durante la época lluviosa.

6.2 Delimitación espacial:

Los Bosques Tropicales Estacionalmente Secos se les conoce internacionalmente, por la escasez de lluvias con menos de 100 mm al mes durante al menos 5 meses al año (Miles, Newton, Defries, Ravilious, May, Blyth & Gordon, 2006). En Guatemala dichos bosques se distribuyen dentro de 16 departamentos, con un área de 4,001 km² a nivel nacional (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, et al., 2011). El presente estudio comprendió bosques secos de los departamentos de Zacapa y de El Progreso (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, et al., 2011). Resaltando que estos departamentos son los que mayor extensión territorial de bosque seco presentan en el país. Priorizando el Valle del Motagua siendo el valle de bosque seco que mayor extensión territorial posee (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, et al., 2011).

7. Marco teórico:

7.1 Biología de los hongos

Los hongos se clasifican dentro de su propio reino, Fungi (Pompa, Aguirre, Ecaldas, De Amda, Cifuentes, & Valenzuela, 2011). Se estima que en el planeta existen alrededor de 1.5 millones de especies de hongos (Hawksworth, 1995). Sin embargo, hasta el 2007 solamente se encuentran descritas cerca de 80,000 a 120,000 especies (Webster & Weber; 2007). Se caracterizan por la presencia de membrana de quitina, alimentación heterótrofa por medio de absorción y su unidad estructural se conoce como hifa, la cual en conjunto constituye el micelio. (Mata, 1993). Estos organismos tienen diferentes formas de vida las cuales pueden ser patógenos, saprobios, parásitos, simbioses, endófitos (Hernández, et al., 2000). Así mismo, poseen una alta capacidad de adaptarse a los ecosistemas, desde los ambientes acuáticos hasta los terrestres. (De Diego, 1990).

Dentro de las principales funciones de los hongos se encuentra la descomposición de materia orgánica dentro de los ecosistemas y formación de asociaciones simbióticas con otros

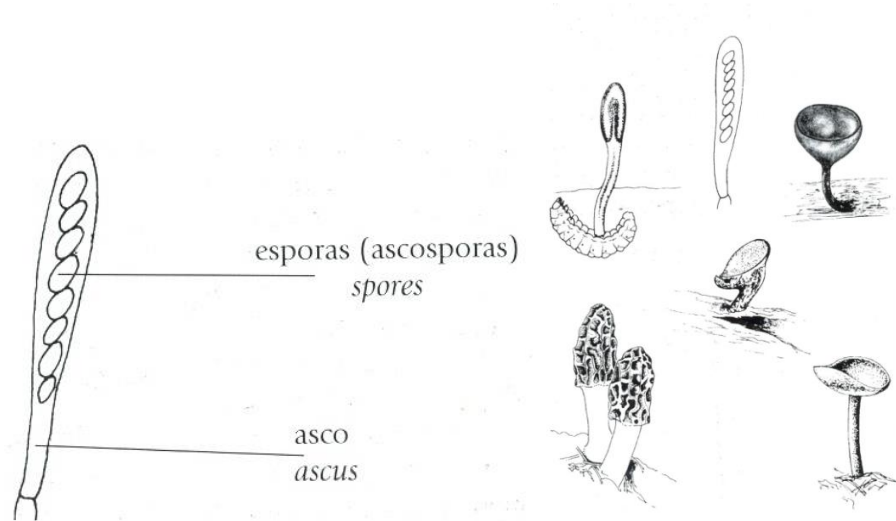
organismos como las micorrizas (Pompa, et al., 2011). Estas funciones son parte importante en los ciclos biogeoquímicos, principalmente por el reciclaje de carbono, fósforo y nitrógeno mediante la descomposición de madera, hojarasca, insectos muertos, entre otros. Esto contribuye a la formación y conservación de suelos, manteniendo el equilibrio de ecosistemas naturales, produciendo nutrientes que son esenciales para la vida de otros organismos. Estos organismos también son de interés económico, por ser los principales patógenos de cultivos. Además, existen hongos utilizados como alimento y medicina, otros se reconocen como parásitos de animales, los cuales tienen potencial de uso para control biológico (Pompa, et al., 2011).

7.2 Macrohongos

Los macrohongos es una clasificación artificial donde se agrupan a los hongos que forman cuerpos fructíferos macroscópicos (Pompa, et al., 2011) los cuales están clasificados dentro de los phylum Ascomycota y Basidiomycota (Mata, 2003.). Para macrohongos, la estimación mundial es de 50,000 especies y para Centroamérica se estima alrededor de 6,000 especies (Schmit & Mueller, 2007), de las cuales para Guatemala solo se conoce alrededor de 367 especies. Reportándose 336 especies para Basidiomycota y 31 especies para Ascomycota (Morales, et al., 2012; Flores-Arzú, Comandini, & Rinaldi, 2012). Esta diversidad se ha documentado principalmente de bosques de Pino-Encino, Bosques nubosos, Selvas Tropicales (Flores, et al., 2012; López 2009; Ponce, 2012; Quezada, 2005, 2014; Quezada, López, Morales, Ponce, Fuentes, Molina, 2009; Somerkamp 1991; Sunum 2013).

7.3 Ascomycota

Este grupo de hongos, se distingue por tener estructuras reproductoras microscópicas en forma de sacos llamadas ascas (Capello, 2006), donde se forman las ascosporas dentro de los esporocarpos. Los ascomicetos pueden tener forma de copa, lobulada, bolas, botón entre otras. (Capello, 2006) (Figura 1).

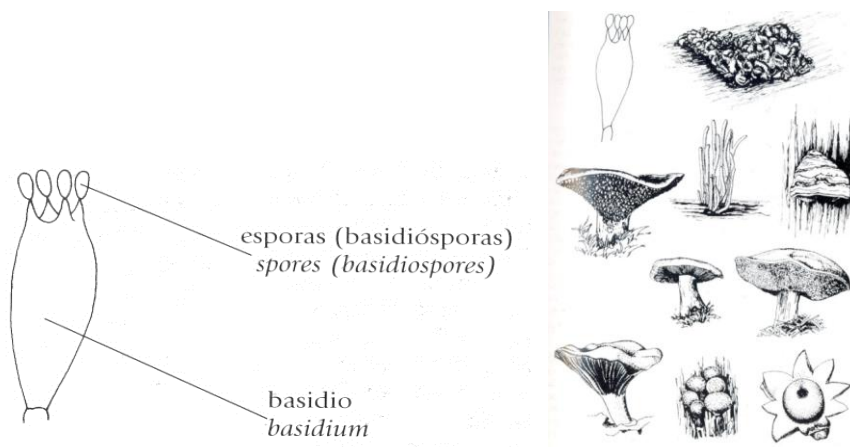


Tomado de (Mata, 1999)

Figura 1. Asca con esporas y formas de los cuerpos fructíferos de los Ascomicetos

7.4 Basidiomycota

Este grupo de hongos se distingue por tener estructuras microscópicas en forma de mazo o basto llamadas basidios, los cuales dan origen a cuatro esporas externas llamadas basidiosporas (Capello, 2006). Según Webster y Weber (2007), los cuerpos fructíferos de los Basidiomicetos pueden ser de forma carnosa, gelatinosa, de sombrilla, repisa, coral, etc. a estos se les conocen como basidiocarpos donde se forman los basidios (Figura 2).



Tomado de (Mata, 1999)

Figura 2. Basidio con esporas y formas de los cuerpos fructíferos de Basidiomicetos.

7.5 Órdenes de basidiomicetos reportados para ecosistemas áridos

AGARICALES: En el orden se encuentran la mayor parte de las setas típicas con pie, sombrero, himenóforo de láminas y carne fibrosa. Cuando recién surge, el hongo tiene el margen del píleo unido al pie por una membrana, que luego se rompe dejando un anillo persistente sobre el pie. (Carrillo, 2003). El orden agaricales tiene 413 familias, 413 géneros y 13233 spp. (Kirk, Cannon, Minter, & Stalpers, 2011).

AURICULALES: En el orden se encuentran los hongos comúnmente llamados oreja de palo, que tienen basidiomas coriáceo-gelatinosos, púrpura o pardo oscuro. La superficie externa es irregular, tiene un color más pálido y está recubierta de una vellosidad casi imperceptible. Llevan el himenio sobre la superficie interna, cóncava, lisa, opuesta al sustrato. (Carrillo, 2003). El orden agaricales tiene 1 familia, 32 géneros y 198 spp. (Kirk, et al., 2011)

HYMENOCHAETALES: En el orden se encuentran los hongos que pertenecen al orden Hymenochaetales son estipitados, pileados, himenio con forma de dientes (hidnoide) o con poros, presentan un sistema hifal monomítico o dimítico, poseen hifas generativas con septos simples, y basidiosporas generalmente lisas. Una característica importante del orden es la presencia de setas de color café. Una característica distintiva, pero no es diagnóstica es la presencia de color café dorado a anaranjado en el píleo y el himenio, la cual es una característica importante para su reconocimiento en el campo. La característica más importante que identifica al orden en la reacción química del basidiocarpo ante el KOH, el cual se tiñe de negro dando una reacción positiva. (Citado en Ponce, 2012). El orden tiene 2 familias, las cuales son Hymenochaetaceae y Schizoporaceae, y cuenta con 48 géneros y 610 especies (Kirk, et al., 2011).

POLYPORALES: En el orden se encuentran géneros y especies con características muy diferentes entre sí. “Se pueden encontrar basidiocarpos estipitados, pileados, el himenio puede ser hidnoide, poroide o con láminas. Microscópicamente puede tener un sistema monomítico hasta trimítico, las basidiosporas pueden ser lisas o con ornamentaciones. El orden tiene gran

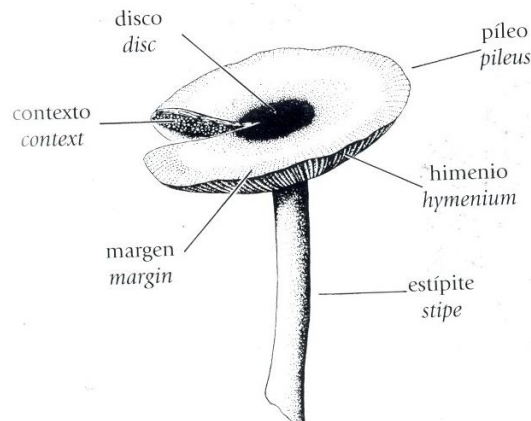
número de familias entre ellas *Albatrellaceae*, *Fomitopsidaceae*, *Gloeophyllaceae*, *Grammotheleaceae*, *Hapalopilaceae*, *Meripilaceae*, *Meruliaceae*, *Polyporaceae* y *Steccherinaceae*, y se cree que es un orden polifilético por las formas de los basidiocarpos que han evolucionado varias veces” (citado en Ponce, 2012).

7.6 Morfología

Los cuerpos fructíferos de los macrohongos pueden tener diversas formas (Figuras 1 y 2). Las características macroscópicas distintivas son importantes para facilitar la observación y posteriormente la determinación taxonómica de un organismo. Se describen las estructuras generales, sin embargo, éstas pueden variar ya que los hongos son polimorfos (Figura 3, Tabla 1).

Tabla 1. Descripción de las principales estructuras macroscópicas de un macrohongo tomado de (Pompa, et al., 2011; citado en Carranza, 2006).

Estructura	Descripción
Píleo	Parte superior ensanchada, del cuerpo del hongo, donde se encuentra la parte fértil o himenóforo
Estípite	Equivalente al tronco de un árbol en función, pie que sostiene eleva, nutre y da soporte al píleo
Himenio	Parte más importante del cuerpo fructífero, situado en la parte inferior del píleo, en este se forman las esporas
Cutícula	Piel o membrana fina que recubre toda la porción superior del sombrero, responsable del color que se observa en el píleo, puede o no presentar estructuras sobre ella o puede ser lisa.
Velo Universal	Membrana que envuelve el hongo al inicio de su desarrollo y que se rompe al crecer esta, quedando restos en el sombrero y pie. Los restos de velo que recubren la parte inferior del pie constituye la volva.



Tomado de (Mata, 1999)

Figura 3.- Principales partes de un macrohongo.

7.7 Bosques secos

Las regiones áridas, semiáridas y bosques secos son regiones muy calurosas, con poca lluvia. Estas características hacen que estos ecosistemas poseen características particulares que suponen condiciones de aislamiento que favorecen la formación y distribución de especies. Se clasifican como regiones semiáridas a las regiones que tienen una precipitación de 400 a 600 milímetros anuales (Conap, et al., 2011) Se define un bosque seco por varias características, entre ellas tener un bosque deciduo o semideciduos, pero no xerófiticos, el dosel es menor de 8m de porte, tiene alta fragmentación y relictos en el paisaje (Veliz & Méndez, 2008). También se clasifica como una región donde hay escasez de agua, en donde la época seca se caracteriza por tener durante seis meses una precipitación menor de 100 mm al mes durante al menos cinco meses al año (Conap, et al., 2011).

Los bosques secos en Guatemala presentan dos tipos de vegetación: las selvas bajas caducifolias y las selvas bajas caducifolias con xerófilos. Las selvas bajas caducifolias según Véliz y Méndez (2008), se distribuyen en las regiones secas desde los 400-1100 msnm, el clima es cálido y por lo general la vegetación no supera los 15 m de alto y a la vez es caducifolio. Las áreas de este tipo de vegetación en general presentan un paisaje muy fragmentado, y son empleadas como potreros y cultivos. Los géneros frecuentes para estas áreas son: *Bursera* (Burseraceae), *Euphorbia* y *Acalypha* (Euphorbiaceae); *Acacia*, *Leucaena* y *Lysiloma* (Mimosaceae); *Byrsonima* (Malpighiaceae) *Lonchocarpus* y *Tephrosia* (Fabaceae) *Plumeria* y

Thevetia (Apocynaceae) y *Ficus* (Moraceae). Y las especies reportadas en el estudio de Méndez y Véliz (2008) de cactáceas son: *Acanthocereus chiapensis*, *Mammillaria albilanata*, *M. eichlamii*, *Myrtillocactus schenckii*, *Nopalea dejecta*, *N. guatemalensis*, *Opuntia decumbens*, *O. pubescens*, *Pilosocereus leucocephalus*, *Stenocereus pruinosus*, *S. eichlamii*, *Selenicereus grandiflorus* y *S. chontalensis*.

Las selvas bajas con xerófilos corresponden a las zonas más secas del país, donde la vegetación se caracteriza por no superar los 6 metros de altura y se presentan precipitaciones menores a los 600 mm/ año, y la altitud oscila entre los 100-500 msnm. La vegetación se encuentra dominada por 15 especies de cactáceas: *Acanthocereus tetragonus*, *Hylocereus guatemalensis*, *Mammillaria karwinskiana ssp collinsii*, *Myrtillocactus eichlamii*, *Nopalea guatemalensis*, *Nopalea lutea*, *Opuntia deamii*, *O. decumbens*, *O. pubescens*, *Pereskia lychnidiflora*, *Melocactus curviespinis*, *Pachycereus lepidanthus*, *Peniocereus hirschtianus*, *Stenocereus pruinosus* y *S. eichlamii* (Véliz & Méndez, 2008).

Los bosques secos en Guatemala ocupan 4.49% del total del área el país, equivalente a 4,892 km² (Veliz, Cobar, Ramírez, & García-Vetorazzi, 2003). Estos se localizan en los departamentos de Baja Verapaz, Chimaltenango, Chiquimula, El Progreso, Escuintla, Guatemala, Huehuetenango, Izabal, Jalapa, Jutiapa, Quiché, Retalhuleu, San Marcos, Santa Rosa, Suchitepéquez y Zacapa. Los bosques secos están siendo afectados por la ampliación de la frontera agrícola, formación de potreros y extracción de madera para leña (Conap, et al., 2011; Valdez, 2012). La zona semiárida del Valle del Motagua es la más conocida y a su vez la más extensa de Guatemala, se ubica a lo largo del río Motagua, desde el norte de Chimaltenango y Guatemala pasando por los departamentos de El Progreso, Zacapa y Chiquimula (Conap, et al., 2011).

7.8 Estudios de la diversidad biológica de bosques secos en Guatemala

En las regiones secas de los departamentos la investigación es muy escasa, a pesar de ser uno de los lugares con mayor endemismo en Guatemala por su particular disposición del suelo. Se han realizado algunos estudios de varias ramas de biología entre las cuales están los estudios

zoológicos, botánicos y de ecosistemas. Para la región se han identificado 1,031 especies de plantas pertenecientes a 135 familias. La familia más predominante es de las leguminosas. Así mismo se han realizado estudios de floración y fructificación, lo que ha mostrado que los árboles florecen al inicio de la época lluviosa. También se ha mostrado la importancia de los cactus columnares (*Pilosocereus leucocephalus*, *Stenocereus pruinosus*) en los ecosistemas, ya que se evidenció que son esenciales para el mantenimiento de la diversidad de las regiones secas al estudiar la ecología de polinización. Por otra parte, la región presenta una diversidad de especies arbóreas y arbustivas importantes para los habitantes del área, por lo cual los árboles han sido explotados y utilizados para leña, madera, medicina, entre otros. El uso de madera y constante tala ha repercutido en cuanto a la diversidad y composición de plantas teniendo así varias especies altamente amenazadas entre las que se pueden mencionar *Selenicereus chontalensis*, *Myrtillocactus eichlamii*, *Escontria lepidantha* y *Tillandsia xerographica* entre otras. (Martínez, 1998; Hernández, et al., 2000; Arias & Veliz, 2006; Coti & Ariano, 2008; Veliz, 2008). Valdez (2012), realizó un análisis de la diversidad florística del bosque seco de la Finca San Miguel Municipio de Sanarate, El Progreso, Guatemala. Determinó una riqueza de 290 especies comprendidas en 83 familias. Las familias con mayor riqueza fueron: Asteraceae, Bromeliaceae, Mimosaceae, Fabaceae, Rubiaceae y Malpighiaceae, a la vez pudo determinar que existen picos de floración y fructificación para algunos estratos de vegetación siendo el mes de julio el que presenta mayor floración los estratos arbóreos y herbáceos.

A pesar de que se han realizados varios estudios en el bosque seco, se tienen escasas investigaciones de hongos y el estado de conservación de estos en el departamento del Progreso.

8. Estado del arte:

8.1 Diversidad de hongos en climas secos

Dadas las condiciones climáticas de los bosques secos, no todos los grupos de macrohongos son capaces de crecer en estas duras condiciones. Las especies distribuidas en estas zonas presentan

adaptaciones que les permite desarrollarse en estos ambientes y llevar a cabo las funciones que ellos proveen dentro del mismo. El tiempo, la cantidad y la distribución de la precipitación juegan un papel importante en el fructificación de macrohongos (Gómez, 2009).

La presencia y reporte de macrohongos en ambientes secos, evidencia que estos juegan una vez más un papel importante en los ecosistemas. En Arabia, Qatar, que corresponde a tierras bajas de desiertos cuando es época lluviosa los macrohongos son abundantes en las regiones. En el estudio se reportaron 14 géneros de macrohongos, pertenecientes a 11 familias y 7 órdenes de los cuales tres variedades de trufas pertenecen al desierto de Qatar (*Phaeangium lefebvrei*, *Terfezia claveryi* y *Tirmania nívea*;) (Roda, 2010). Mientras que, en África, los géneros más comunes de trufas son: *Terfezia*, *Delastreopsis*, *Balstonia*, *Delastra*, *Leucangium*, *Mattiolomyces*, *Phaeangium Picoa*, *Tirmania* y *Tuber* (Enshasy, Elsayed, Aziz & Wadaan, 2013).

En Latinoamérica los estudios que se han realizado con macrohongos también son muy escasos. En Colombia García y Bolaños (2010), realizaron en una región del departamento del Valle del Cauca, se encontraron que los grupos de hongos eran los más abundantes, siendo el género *Amauroderma* (*Apophyllophorales*) el más abundante. Así mismo se determinaron las características físicas como la composición vegetal, condiciones microclimáticas del bosque seco permitieron la presencia de macrohongos basidiomicetos, a la vez la presencia de troncos caídos y hojarasca permitieron que se encontraran hongos del género *Marasmius* como el segundo género más abundante (García & Bolaños, 2010).

En México también se cita un estudio *Agaricomycetes* xilófagos de la planicie central del desierto sonoreño, donde determinaron 27 especies de *Agaricomycetes* xilófagos. Con respecto a las familias reportadas, la *Hymenochaetaceae* fue la mejor representada con 11 taxones (40.7%), posiblemente debido a que sea la mejor adaptada a las condiciones de este ecosistema, señalaron que la mayoría de las especies presentaron esporas pigmentadas y basidiomas de consistencia leñosa, y luego la familia *Polyporaceae* (14.8%) y *Ganodermataceae* (11.5%). Finalmente, los géneros mejor representados fueron *Fuscoporia*, *Phellinus* y *Ganoderma* con 3 especies cada uno según el estudio de Raymundo (2013).

8.2 Estudios de hongos en Guatemala

Los estudios ecológicos de hongos en Guatemala han sido escasos, aún se tiene muy poca información documentada y queda aún mucho por investigar en este campo. Quezada (2005), realizó un análisis de la distribución de macrohongos, relacionándolo con los paisajes antropogénicos de los alrededores del Parque Nacional Laguna Lachuá, donde se evidencio que las zonas con mayor perturbación como los potreros y cultivos poseen una menor diversidad de morfoespecies de macrohongos con respecto a las zonas de bosque que presentaron la mayor diversidad. También logró evidenciar que para la zona de influencia del PNLL, los factores físicos que determinan la diversidad y la distribución de macrohongos son la cantidad de hojarasca y la cobertura vegetal (Quezada, 2005).

Otro estudio es el de Sunum (2013) en el cual observó los efectos de los factores climáticos en la producción de cuerpos fructíferos de *Marasmius* Fr (Marasmiaceae; Agaricales) en ocho remanentes de bosque en la Ecorregión Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, en donde una la variable que tiene una relación significativa con la producción de cuerpos fructíferos corresponde a la temporalidad, donde la mayor riqueza y abundancia acumulada de cuerpos fructíferos se registraron para el mes de junio y agosto, siendo estos meses los de mayor precipitación. (Sunum, 2013).

Hernández y Pérez, (2014) para hongos de bosque seco reportan 44 morfoespecies de macrohongos de los phylum Basidiomycota y Ascomycota, en donde el orden Agaricales y Polyporales (Basidiomycota) fueron los que presentaron la mayor riqueza de familias y morfoespecies (Hernández & Pérez, 2014, Documento inédito).

9. Objetivos (generales y específicos):

Objetivo General

Establecer el estado de conservación y resiliencia ante el cambio climático del bosque seco por medio del análisis de macrohongos y la vegetación arbórea.

Objetivos específicos

- Determinar la diversidad y distribución de macrohongos en remanentes de bosque seco en los departamentos de El Progreso y Zacapa.
- Determinar la diversidad de la vegetación arbórea en remanentes de bosque seco en los departamentos de El Progreso y Zacapa.
- Determinar la relación entre la riqueza de macrohongos y condiciones microclimáticas (luz, temperatura y humedad relativa) en el bosque seco
- Evaluar si existe relación entre la riqueza de macrohongos y la estructura de la vegetación del bosque seco.
- Evaluar el estado de conservación y resiliencia actual de los remanentes de bosque seco de El Progreso y Zacapa.
- Realizar talleres informativos a las comunidades acerca de la importancia del bosque seco y los diferentes componentes que posee.

10. Hipótesis:

Dado que es una exploración del estado de conservación de los bosques secos, por medio de macrohongos y vegetación, la hipótesis no aplica.

11. Materiales y métodos

- Enfoque y tipo de investigación: Enfoque mixto.
- Indicar el tipo de la investigación: No experimental, exploratoria y descriptiva.
- Método:

Recolección de información:

Se evaluó la riqueza específica y estructura de la comunidad vegetal y fúngica en remanentes de bosque. Para esto se emplearon parcelas circulares de 500 m², en las que se registró la presencia de especies vegetales y especies de macrohongos.

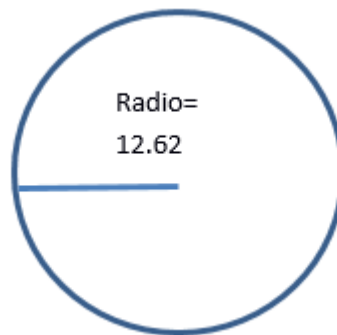


Figura 4, parcela que se utilizó en el estudio de la vegetación arbórea y diversidad de macrohongos en el bosque seco.

Las parcelas de 500 m² circulares se seleccionaron por permitir la mejor representación del ecosistema, disminuyendo el área de cada unidad muestral (parcela) para poder aumentar el número de estas. Al aumentar el número y dispersión de las unidades muestrales se logra abarcar más zonas (Kessler, 2001; Williams-Linera, Palacios-Ríos, & Hernández-Gómez, 2005). También al utilizar mayor número de parcelas, se logra visitar más áreas y localizar mayor diversidad de plantas al moverse entre un punto y otro, lo que contribuye a completar la lista de plantas en un ecosistema.

11.4 Técnicas e instrumentos:

Dentro del área de distribución de los bosques secos para Guatemala, se establecieron los remanentes boscosos más importantes dentro de los departamentos de Zacapa y El Progreso. Se buscaron los contactos necesarios (municipalidades, áreas protegidas, líderes comunitarios, INAB, entre otros) para obtener las facilidades de colecta. En cada remanente de bosque seleccionado se midió una parcela de 500 m²; las recolectas se realizaron dentro de la misma. Las colectas de macrohongos se realizaron durante la época lluviosa, mientras las colectas de vegetación se realizaron durante la época seca, por la floración de la misma. Se realizó una boleta para evaluar el estado de los bosques secos según parámetros de perturbación, disturbios, uso, edad de los árboles, entre otros. Los ejemplares de macrohongos y plantas se procesaron en el Herbario USCG del CECON. Los ejemplares de macrohongos fueron determinados a la categoría más específica posible, utilizando claves taxonómicas; Largent (1986), Desjardin y Ovrebo (2006), guías de campo de Mata (1999). Mientras que para vegetación se utilizaron como base la Flora de Guatemala. Los datos se procesaron en hojas de cálculo y se realizaron análisis cualitativos y cuantitativos. Asimismo, se realizaron análisis exploratorios de ordenación y agrupamiento, que permitieron conocer las similitudes y diferencias de los distintos bosques secos de Guatemala estudiados. Luego se realizaron correlaciones Envfit en el paquete estadístico R, para observar la incidencia de las variables microclimáticas y de estructura y composición de la vegetación. De la misma manera se determinaron los índices de diversidad alfa, beta y gamma, así como la cobertura de muestreo para ambos taxa. (Chao & Jost, 2012). Se completó la información con análisis de perfiles de vegetación y boleta del estado de conservación para estimar la vulnerabilidad los bosques secos en Guatemala, la cual se complementa con los mapas actuales de cobertura en las áreas estudiadas.

11.5 Sitios de colecta en los departamentos del Progreso y Zacapa

Se ubicaron 12 parcelas circulares en ecosistema de bosque seco dentro de los departamentos de El Progreso y Zacapa, 3 parcelas por sitio de estudio. Para el departamento de El Progreso se ubicaron tres parcelas en la aldea El Subinal en Guastatoya, tres parcelas en el EcoCentro La Cureña en Sanarate y tres parcelas en el Caserío Las Mesas, San Cristóbal Acasaguastlán. Para el

departamento de Zacapa se ubicaron tres parcelas en la Reserva Natural Privada El Heloderma en el municipio de Cabañas.

Tabla 2. Se muestra la ubicación de los sitios de colecta

Lugar	Código de parcela	Tipo de bosque	Latitud	Longitud	Altitud
Aldea El Subinal, Guastatoya, El Progreso	SP1	Bosque seco natural manejado	14.6618	-90.70027	513
	SP2	Bosque seco en regeneración	14.86125	-90.15442	520
	SP3	Bosque seco en regeneración	14.8619	-90.15465	542
Ecocentro La Cureña, Sanarate, El Progreso	CP1	Bosque seco natural	14.76719	-90.1673	779
	CP2	Bosque seco natural	14.76809	-90.16827	765
	CP3	Bosque seco natural	14.76703	-90.1699	732
Caserío Las Mesas, San Cristóbal Acasaguastlán, El Progreso	MP1	Bosque seco en regeneración	14.96045	-89.91617	609
	MP2	Bosque seco en regeneración	14.95928	-89.91671	651
	MP3	Bosque seco en regeneración	14.96081	-89.91482	581
Reserva El Heloderma, Cabañas, Zacapa	HP1	Bosque seco natural	14.86377	-89.78938	666
	HP2	Bosque seco en regeneración	14.86206	-89.78689	566
	HP3	Bosque seco natural	14.86498	-89.78951	696

12. Resultados

12.1 Diversidad y Distribución de macrohongos de bosque seco

Se recolectaron un total de 303 ejemplares de hongos distribuidos en 25 familias, 59 géneros y 106 morfoespecies. La riqueza de especies por familia de hongos se puede observar que la familia mayor riqueza fue Agaricaceae (18), seguida de Polyporaceae (17), Marasmiaceae (13) y Xylariaceae (8), mientras que el resto de familias presentan una riqueza de especies menor a 8 (Figura 5). En cuanto la abundancia de especies, la familia que presentó mayor abundancia de especies fue la familia Polyporaceae (86), seguida de Hymenochaetaceae (47), Agaricaceae (36), Marasmiaceae (35), Xylariaceae (27) y Pleurotaceae (10). El resto de familias presentes presentan una abundancia menor a 10 (Figura 6).

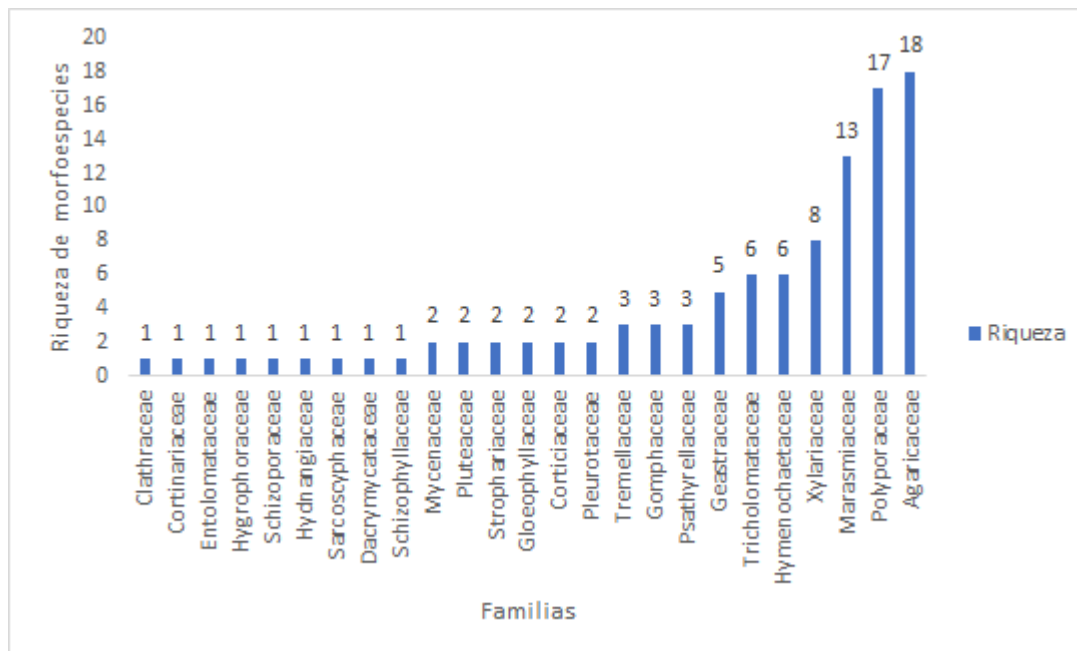


Figura 5. Riqueza de las morfoespecies de macrohongos por familia colectadas en los sitios de colecta de los departamentos de El Progreso y Zacapa.

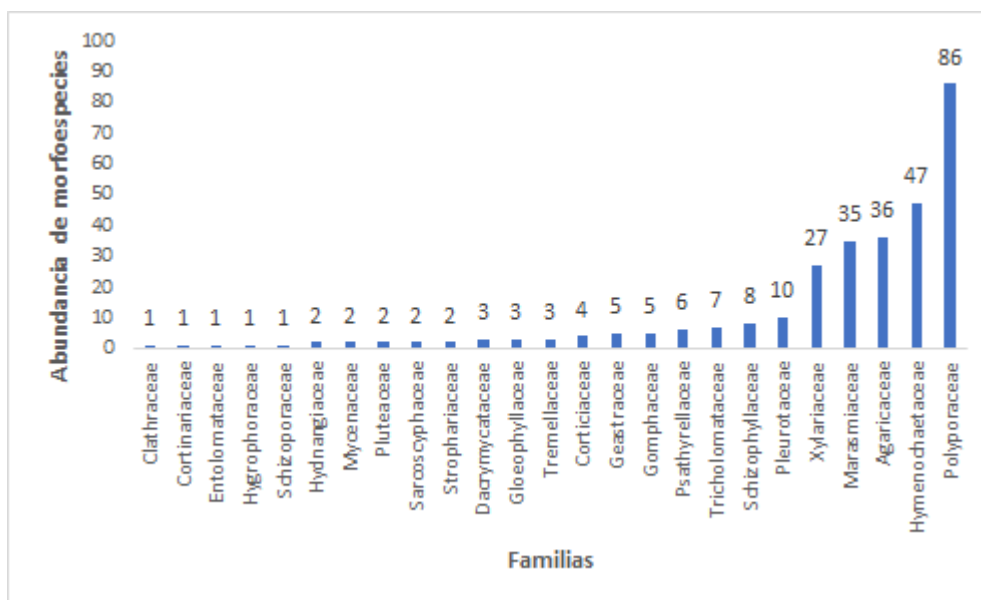


Figura 6. Abundancia de las morfoespecies de macrohongos por familia colectadas en los sitios de colecta de los departamentos de El Progreso y Zacapa.

En cuanto a la riqueza de morfoespecies de macrohongos por sitio de colecta, el sitio que presentó mayor riqueza es la parcela de la Cureña 3 (CP3) con 32 morfoespecies, seguida Cureña parcela 2 (CP2) con 22 morfoespecies, las parcelas de la Reserva el Heloderma (HP3 y HP2) presentaron una riqueza de 20 morfoespecies, seguida de la HP1 con 19 morfoespecies y la cureña parcela 2 (CP2) presentó una riqueza de 17 morfoespecies. Los sitios que se establecieron en las Mesas de San Cristóbal Acasaguastlán y El Subinal de Guastatoya el Progreso son los que presentaron una menor riqueza de especies (Figura 7).

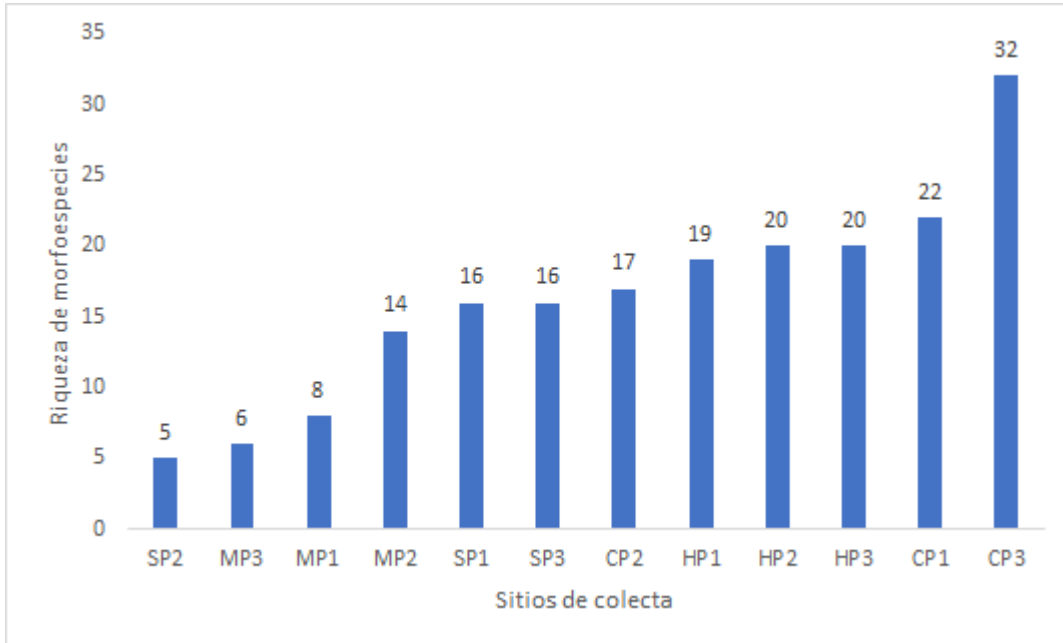


Figura 7. Riqueza de las morfoespecies de macrohongos por sitio de colecta de los departamentos de El Progreso y Zacapa.

12.2 Diversidad de la vegetación en parcelas de remanentes de bosque seco

Se reportan 91 especies de plantas agrupadas en 74 géneros y 35 familias. La familia más diversa en las parcelas de colecta de bosque seco es Leguminosae (22), seguida de Euphorbiaceae (7), Cactaceae y Rubiaceae (5), mientras que el resto de familias posee de 1-4 especies (Figura 8).

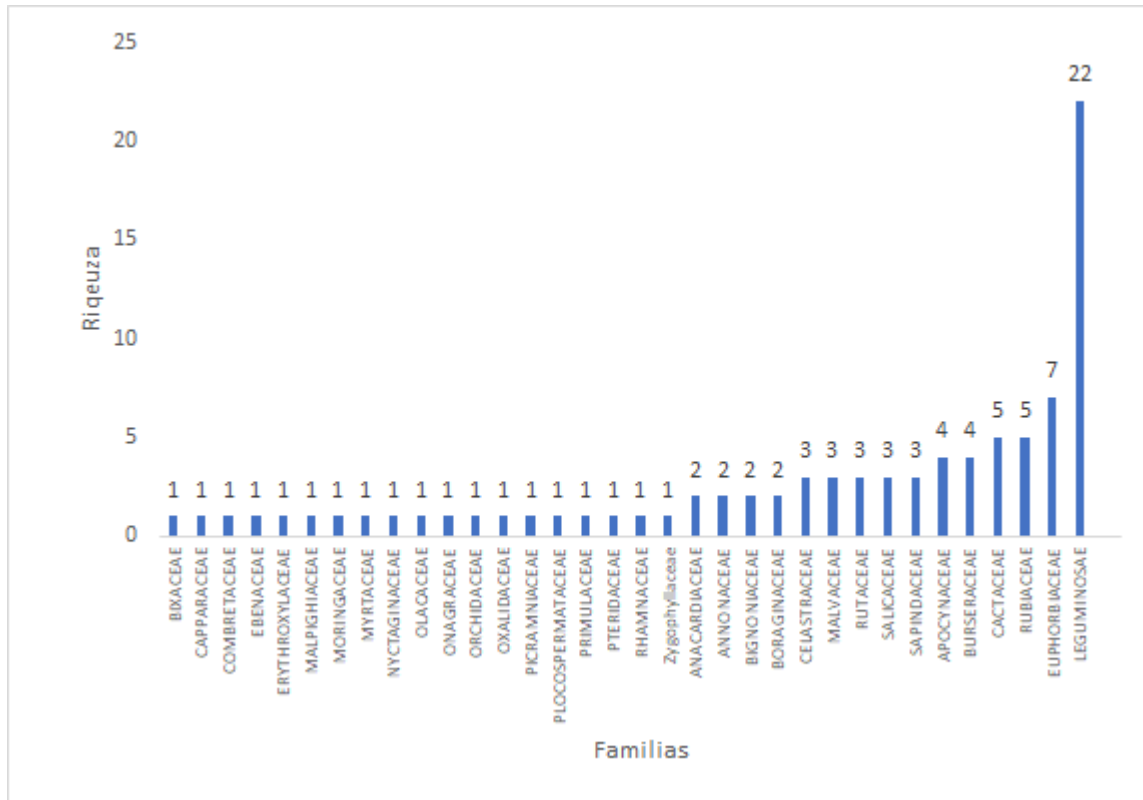


Figura 8. Riqueza de las familias de plantas en las 12 parcelas de bosque seco en Zacapa y El Progreso.

Los sitios de colecta que presentan una mayor abundancia de especies son MP3 (97), seguida de MP1 (88) y SP1 (84). En cuanto a los sitios de presentan una mayor riqueza de especies son las parcelas CP3 (24) especies, seguida de HP3 (23) y MP2 (17). Los sitios que presentan una menor abundancia de especies son los sitios HP1 (38), seguida de CP2 (34) y HP2 (17). En cuanto a los sitios que presentan una menor riqueza de especies de plantas son CP1 (9), seguida HP1 (8) y HP2 (6) especies (Figura 9).

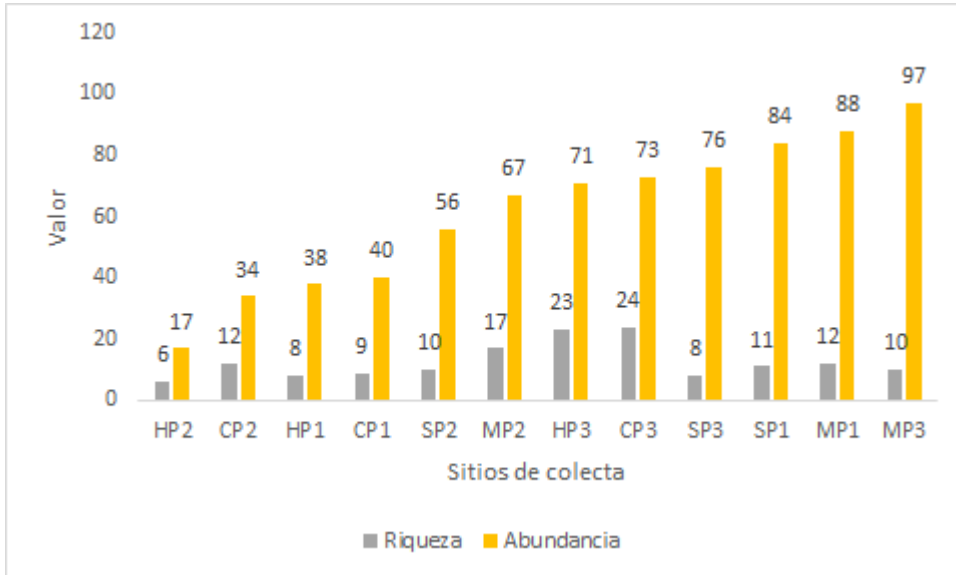


Figura 9. Riqueza y abundancia de especies de plantas por sitio de colecta.

12.3 Estructura y Composición promedio de la vegetación para cada sitio de muestreo

La estructura y composición de la vegetación en las parcelas presenta una alta heterogeneidad, en donde la parcela CP3 muestra una riqueza de 24 especies, seguida de parcela HP3 con 23 y parcela MP2 con 17 especies. En cuanto a la abundancia de especies para cada parcela la Parcela MP3 muestra 97 árboles o arbustos, seguida de la parcela MP1 (88) y Parcela SP1 (84) (Figura 9). El valor de diámetro a la altura de pecho promedio se obtuvo que las parcela HP1 (18.92) y parcela HP3 (16.15) y la parcela CP1 (15.69) muestran los valores más altos de DAP. En cuanto a la altura promedio de la vegetación, la parcela CP2 (16.29), seguida de CP1 (14.75) y HP3 (14.43), son las parcelas que presentan mayor valor de altura promedio (Tabla 3).

Tabla 3. Se muestran los valores promedios de las de variables de estructura y composición medidas para la vegetación en cada sitio de muestreo en los bosques seco de Zacapa y El Progreso.

Parcelas	Altura	DAP	Riqueza	Abundancia
SP1	6.20	8.54	11	84
SP2	4.70	9.89	10	56
SP3	4.55	9.24	8	76
HP1	11.21	18.92	8	38
HP2	11.53	15.32	6	17
HP3	14.43	16.15	23	71
CP1	14.75	15.69	9	40
CP2	16.29	13.51	12	34
CP3	9.32	11.62	24	73
MP1	3.99	12.42	12	88
MP2	4.92	13.23	17	67
MP3	5.51	10.25	10	97

12.4 Relación de los macrohongos con la estructura de la vegetación y microclima

El análisis de ordenación NMDS y correlaciones Envfit basado en la frecuencia absoluta de las especies de plantas ($stress= 0.1131488$, R^2 no métrico= 0.973, R^2 lineal=0.816) con relación a los datos de las variables de estructura, composición de la vegetación y variables microclimáticas evidencian la formación de grupos. El grupo 1 formado por las parcelas CP3, MP2, MP1, MP3. El grupo 2 lo conforman las parcelas SP2 y SP3. El grupo 3 conformado por HP1 y HP2 y el grupo 4 formado por CP1, CP2, HP2 y SP1. (Figura 10, a y b). Al comparar los resultados con los obtenidos para los hongos, se observa que en el análisis de ordenación NMDS y correlaciones Envfit basado en la frecuencia absoluta de las especies de plantas ($stress= 0.1131488$, R^2 no métrico= 0.987, R^2

lineal=0.922) y el análisis de agrupamiento (Índice de Morisita Horn, método de distancia mínima de Ward) la formación de tres principales grupos. El primer grupo formado por MP1, SP2, SP1, SP3. El segundo grupo formado por HP1, CP1 y CP3. El tercer grupo lo conforman MP3, HP3, MP2, CP2, HP2 (Figura 10, c y d). Al comparar lo obtenido por plantas y hongos se puede observar que los hongos se ordenan de manera distinta a las plantas debido a que son más sensibles a las variables que se evaluaron respecto a las plantas.

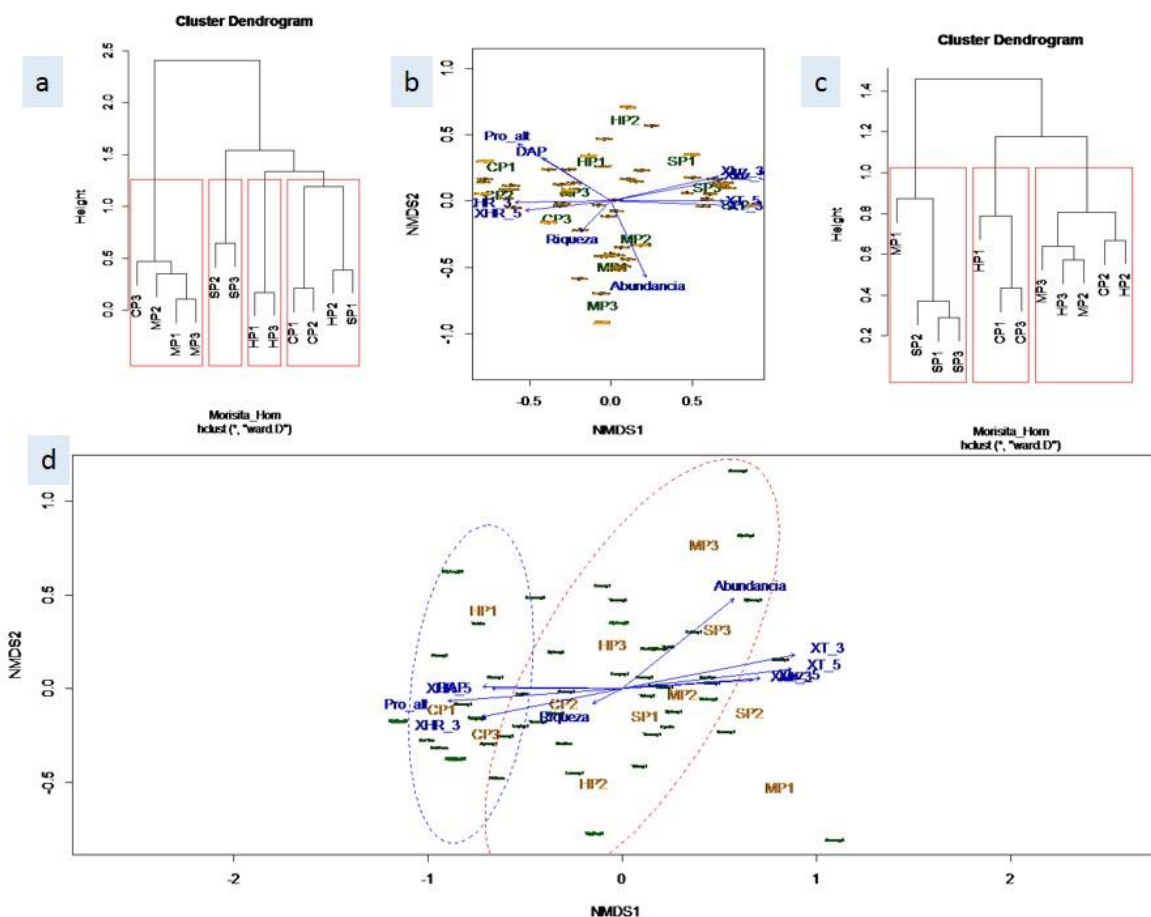


Figura 10. Relación de variables microclimáticas y Estructura y Composición de la vegetación respecto a las morfoespecies de macrohongos colectadas. a.) Análisis de agrupamiento jerárquico de los sitios de colecta respecto a las especies de plantas encontradas. b.) Análisis de ordenación NMDS de las especies de plantas por sitio de colecta y su relación con las variables evaluadas. c.) Análisis de agrupamiento respecto a las morfoespecies de hongos colectadas. d.) Análisis de ordenación NMDS de las morfoespecies de hongos colectadas y su relación con las variables evaluadas.

Los valores de las correlaciones obtenidas a partir de los análisis envfit, se puede observar la incidencia de cada una de las variables evaluadas en la diversidad de macrohongos, plantas y Líquenes, a la vez se muestra las variables que tienen una relación significativa. Para los hongos estas se agrupan según la incidencia de los variables de temperatura, altura y incidencia baja según la humedad relativa y la abundancia (Cuadro 4). En Cuanto a las plantas se agrupan por la incidencia mayor de la temperatura, Luz y la altura, DAP, Humedad relativa y abundancia. En cuanto a la diversidad de líquenes todas las variables evaluadas están relacionadas significativamente unas en menor grado que otras, sin embargo, todas muestran una significancia (los valores resaltados son las variables que tienen una incidencia significativa en la composición tanto de hongos, plantas y líquenes).

Tabla 4. Se muestran los valores de r y R² de las variables climáticas y estructura, composición de la vegetación de las correlaciones Envfit con las variables que están significativamente relacionadas.

	Hongos		Plantas		Líquenes	
	R ²	r	R ²	r	R ²	r
XT_3	0.6074	0.012 *	0.8581	0.001 ***	0.8579	0.001 ***
XHR_3	0.4079	0.078 .	0.5952	0.026 *	0.5954	0.018 *
Xluz_3	0.336	0.154	0.8153	0.001 ***	0.8154	0.002**
XT_5	0.5705	0.018 *	0.816	0.002 **	0.816	0.001 ***
XHR_5	0.3327	0.157	0.4838	0.057.	0.484	0.050 *
Xluz_5	0.3748	0.122	0.8289	0.001 ***	0.8289	0.002**
Pro_alt	0.6014	0.016 *	0.8755	0.001 ***	0.8759	0.001 ***
DAP	0.3829	0.108	0.4826	0.043 *	0.4825	0.052 .
Riqueza	0.0213	0.908	0.155	0.485	0.1547	0.474
Abundancia	0.4137	0.087 .	0.6437	0.012 *	0.6438	0.007*

12.5 Macrohongos indicadores

En las parcelas que presentaron una menor perturbación y mejor estado de conservación correspondientes a las parcelas se encontraron 13 especies de macrohongos, dichas especies se proponen como especies indicadoras de lugares conservados para el bosque seco. La especie más abundantes en estos sitios fueron *Favolus tenuiculus* P.Beauv., *Gerronema* sp. 1, *Gerronema* sp. 2, *Lepiota* sp. 1, *Marasmius* sp. 1, *Pleurotus* sp. 1, *Pleurotus* sp. 2. Mientras que en las parcelas que presentaron una mayor perturbación correspondientes a MP1, SP1, SP2 y SP3 se encontraron 10 especies de macrohongos, dichas especies se proponen como especies indicadoras de lugares perturbados y con la resistencia ante condiciones climáticas extremas para el bosque seco. *Cyathus striatus* (Huds.) Willd. *Dacryopinax spathularia* (Schwein.) G.W. Martin *Hexagonia hydnoidea* (Sw.) M, *Porodaedalea* sp. 1, *Porodaedalea* sp. 2, *Trametes* sp. 1, , *Xylaria* sp. 3. y *Trametes villosa* Mont Por último, en los lugares con perturbación media correspondientes a las parcelas CP2, HP2, HP3, MP2 y MP3 se encontraron 6 especies de macrohongos, dichas especies se proponen como indicadoras de lugares con perturbación media. *Lepiota* sp. 2, *Phellinus* sp 1 *Polyporus tricholoma* Mont., *Trametes* sp. 5 y *Xylaria* sp. 1

13. Otros resultados Obtenidos

13.1 Diversidad y Distribución de líquenes de bosque seco

Se recolectaron un total de 60 ejemplares de líquenes distribuidos en 6 familias, 12 géneros y 32 morfoespecies. Se puede observar que el género con más riqueza fue *Parmotrema* (6), seguida de *Physcia* (5) y *Graphys*(5), mientras que los otros géneros presentaron una riqueza de morfoespecies menor a 3 (Figura 11). Para la abundancia de especies, el género que presentó mayor abundancia de morfoespecies fue la *Parmotrema*(15), seguida de *Graphys*(9), *Dirinaria*(8), *Physcia*(7) y *Lecanora*(6). El resto de géneros presentan una abundancia menor a cinco (Figura 12).

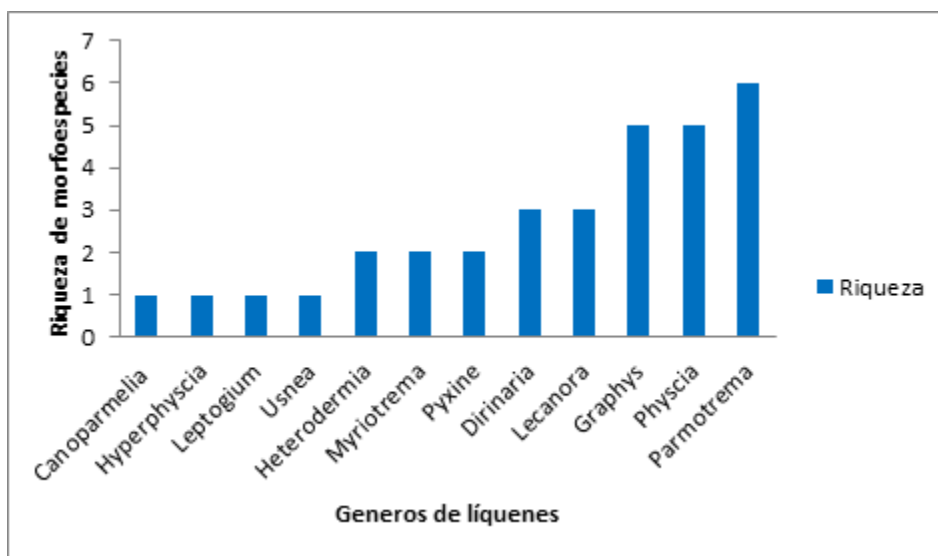


Figura 11. Riqueza de las morfoespecies de líquenes por género colectados en los sitios de colecta de los departamentos de El Progreso y Zacapa.

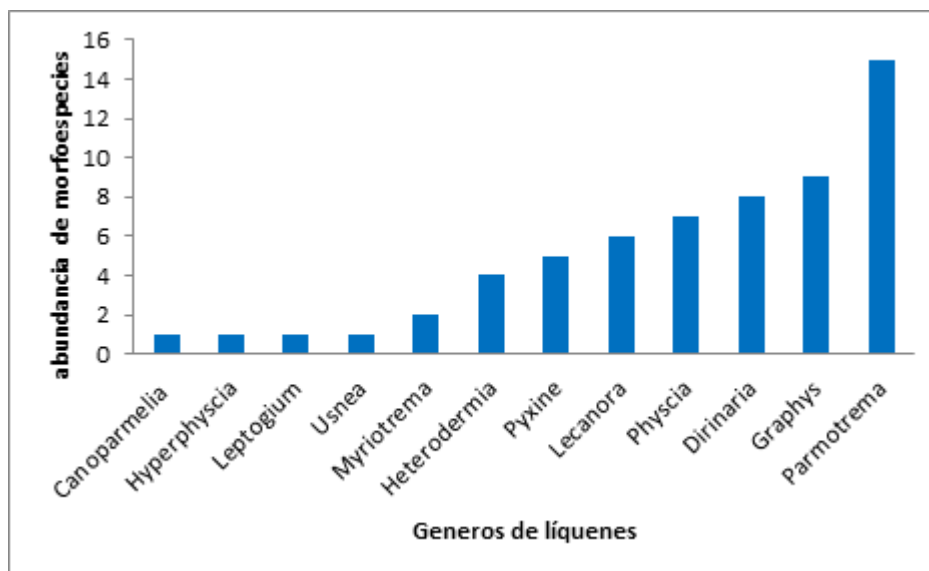


Figura 12. Abundancia de las morfoespecies de líquenes por familia colectadas en los sitios de colecta de los departamentos de El Progreso y Zacapa.

Para la riqueza de morfoespecies de líquenes por sitio de colecta, el sitio que presentó mayor riqueza fue la parcela Heloderma 3 (HP3) con 10 morfoespecies seguida de parcela las Mesas 1 (MP1) con 8 morfoespecies. Las parcelas las Mesas 2 (6), parcela Heloderma 1 (6) y parcela Cureña 1 (6), presentaron la misma riqueza de morfoespecies. Las parcelas (CP2 CP3, MP3 y SP2), presentaron riqueza igual o menor a 5. Las parcelas SP1, SP3 y HP2; no presentaron morfoespecies de líquenes (Figura 13)

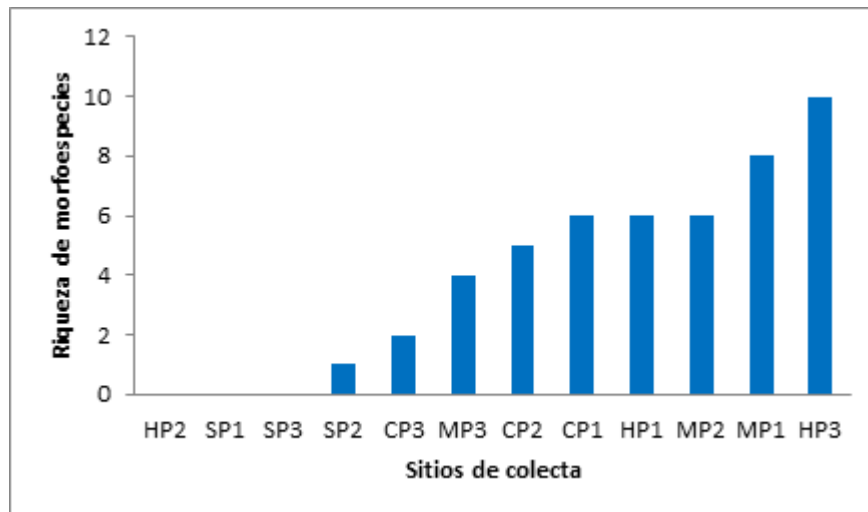


Figura 13. Riqueza de las morfoespecies de líquenes por sitio de colecta de los departamentos de El Progreso y Zacapa.

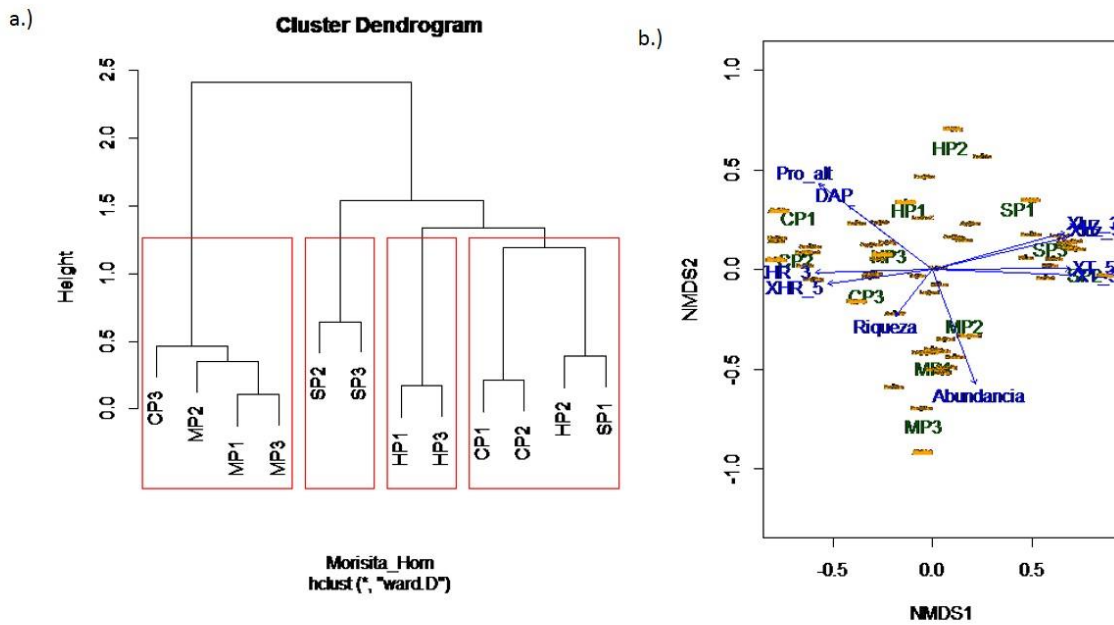


Figura 14. Análisis de agrupamiento y NMDS y Envfit de los líquenes por sitio de colecta de los departamentos de El Progreso y Zacapa.

14. Análisis y discusión de resultados

8. 14.1 Diversidad y Distribución de macrohongos de bosque seco

Se recolectaron un total de 303 ejemplares de macrohongos distribuidos en 25 familias, 59 géneros y 106 morfoespecies. La familia Agaricaceae fue la familia que presentó una mayor diversidad de especies, seguida de Polyporaceae, Marasmiaceae y Xylariaceae lo cual coincide con lo reportado por Hernández (2019) para el bosque seco del Centro Ecológico la Cureña en Sanarate, El Progreso. Donde las familias que presentaron mayor riqueza fueron Agaricaceae, Marasmiaceae, Polyporaceae y Tricholomataceae y para Ascomycota la familia que presentó una mayor riqueza fue Xylariaceae según Hernández (2019) siendo similares a las familias que presentaron una mayor riqueza del presente estudio. Otro estudio para Guatemala realizado en el 2014 en bosques secos

también muestra un patrón similar al obtenido. Donde Hernández y Pérez (2014) reportaron para bosque seco de Sanarate a la familia Agaricaceae, Hymenochaetaceae, Polyporaceae, Tricholomataceae y Marasmiaceae como las familias que mayor riqueza presentaron del filo Basidiomycota, para Ascomycota las familias Xylariaceae y Cordycipitaceae como las familias con mayor riqueza coincidiendo con las familias con mayor riqueza en este estudio (Figura 5, 6).

Si se compara los resultados con estudios de hongos de bosque secos en otros países se muestra un patrón similar al encontrado. Para Colombia según García y Bolaños (2010) y Palacio y colaboradores (2014) para un bosque seco colombiano, se reportaron a las familias Tricholomataceae, Polyporaceae y Ganodermataceae como las familias con mayor riqueza, coincidiendo con la familia Polyporaceae que para estos bosques secos en Guatemala fue la segunda familia con mayor riqueza de especies. Asimismo, en México se han realizado estudios sobre la diversidad de macrohongos en ecosistemas secos, como el desierto Sonorense donde reportan a la familia Agaricaceae, Hymenochaetaceae y Polyporaceae como las familias más diversas, coincidiendo con lo encontrado para bosque seco en el presente estudio, donde Agaricaceae y Polyporaceae son las dos familias con mayor riqueza de especies (Raymundo et al., 2013) (Figura 5, 6). Para otros ecosistemas como las selvas lluviosas, se reportan a Agaricaceae y Polyporaceae como familias con mayor riqueza y abundantes (López, 2009; Quezada, 2005, 2014) (Figura 5, 6, 7).

En cuanto a la riqueza obtenida por sitio de colecta se obtuvo que los sitios con mayor riqueza de especies son los sitios del Centro Ecológico la Cureña y Reserva Privada el Heloderma en el orden respectivo siguiente: CP3, CP1, HP3, HP2, HP1 y CP2. Los cuales corresponden a bosques secos naturales sin ninguna intervención a excepción de la parcela 2 del Heloderma (HP2) que es un bosque seco en regeneración que antes fue talado para siembra de milpa. El resto de parcelas estudiadas corresponden a bosque seco en regeneración. Al presentar los sitios de bosque natural una mayor riqueza o diversidad de macrohongos se puede vincular con un bosque saludable (Moreno, 1996). Esto se asocia con las funciones ecológicas que los hongos realizan como reciclaje, formación de suelo, entre otras que mejoran la capacidad de recuperación en los ecosistemas (García, 2015).

14.2 Diversidad de la vegetación en parcelas de remanentes de bosque seco

En el estudio se reportan 91 especies de plantas distribuidas en 74 géneros y 35 familias. Donde la familia que presentó mayor riqueza fue Leguminosae, Euphorbiaceae, Cactaceae y Rubiaceae. Hernández (2019) para el bosque seco del Centro Ecológico la Cureña donde la Familia Leguminosae fue la más diversa, seguida de Malvaceae y Burseraceae, siendo similar lo encontrado en el presente estudio. En el bosque seco de la Finca San Miguel, Sanarate, El Progreso Váldez-Porón (2012), reporta a la familia Leguminosae como la más diversa para el estrato arbóreo. Para el estrato arbustivo las familias más diversas son Rubiaceae, Malpighiaceae y Leguminosae. Lo cual coincide con lo encontrado en el presente estudio donde Leguminosae es la familia más diversa y la familia Rubiaceae también es una de las familias más diversas (Figura 8, 9).

Otros estudios en las zonas semiáridas de los departamentos de Huehuetenango, Quiché y Baja Verapaz y Monte espinoso de los departamentos de El Progreso y Zacapa reportan a la familia Leguminosae como las más diversas (Véliz-Pérez, 2008; Véliz-Pérez et al., 2003). Álvarez y Secaira (2017), reportan para bosques estacionalmente secos del país a las familias Leguminosae, Malvaceae, Anacardiaceae y Burseraceae como las familias con mayor diversidad de especies siendo similar a lo obtenido. En estudios de otros países para bosques secos se citan a Boraginaceae, Leguminosae, Malvaceae, Capparaceae, Rubiaceae y Cactaceae con mayor riqueza de especies (Linares-Palomino et al., 2012; Marcelo-Peña, Reynel-Rodríguez, Zeballos-Pollito, Bulnes-Soriano y Pérez-Ojeda, 2007. En una selva estacional seca en la zona Arqueológica Maya de Uxmal en Yucatán México, se reporta a las familias más ricas Leguminosae, Rubiaceae, Malvaceae, Polygonaceae y Euphorbiaceae coincidiendo con lo encontrado en el presente estudio donde Leguminosae, Euphorbiaceae y Rubiaceae se encuentran entre las familias que presentan una mayor riqueza (Figura 8, 9) (Ancona, Ruenes-Morales, Huchim-Herrera, Montañez-Escalante, González-Iturbe, 2019).

14.3 Estructura y Composición promedio de la vegetación para cada sitio de muestreo

La estructura y composición de la vegetación en las parcelas presenta una alta heterogeneidad (figura 9, tabla 3). Las parcelas que presentan una mayor riqueza fueron la parcela CP3 muestra

una riqueza de 24 especies, seguida de parcela HP3 con 23 y parcela MP2 con 17 especies. En cuanto a la abundancia de especies para cada parcela la Parcela MP3 muestra 97 árboles o arbustos, seguida de la parcela MP1 (88) y Parcela SP1 (84) (Figura 9). El valor de diámetro a la altura de pecho promedio se obtuvo que las parcela HP1 (18.92) y parcela HP3 (16.15) y la parcela CP1 (15.69) muestran los valores más altos de DAP. En cuanto a la altura promedio de la vegetación, la parcela CP2 (16.29), seguida de CP1 (14.75) y HP3 (14.43), son las parcelas que presentan mayor valor de altura promedio (Tabla 3). La Riqueza, el DAP y la altura promedio tienden a un patrón compartiendo los valores más altos parcelas que son de bosque seco natural. Los valores de DAP los más altos varían entre 13 a 18 de DAP, mientras que para altura los valores más altos varían de 11 a 16 metros. Para bosques secos de México, según Gallardo –Cruz, Meave y Pérez-García (2005) para una selva baja caducifolia de Oaxaca, reportan valores para el estrato arbóreo de 9-10 metros de altura y para arbustos de 2.5 a 10 (Gallardo –Cruz, Meave y Pérez-García; 2005). El mismo patrón observa Silva, Castro-Ramírez y Castillo-Campos (2018), para especies leñosas de un bosque estacionalmente seco de 2.5 a 10 de DAP. El efecto contrario se observa en la abundancia de especies ya que parcelas de bosque seco en regeneración presentan una mayor abundancia, esto debido que presentan un gran número de especies pioneras como el árbol de brasil.

14.4 Relación de los macrohongos con la estructura de la vegetación y microclima

Respecto a la composición de macrohongos se puede observar la formación de tres grupos principalmente (Figura 10, Tabla 4). El grupo formado por las parcelas HP1, CP1 y CP3. Esta agrupación está influenciada principalmente por la altura, DAP y Humedad Relativa, las cuales presentan un bosque seco natural, sin embargo, la relación sólo fue significativa para la altura (Cuadro 4). Dichas parcelas presentan una mayor riqueza de especies de macrohongos (Figura 5). Esto coincide con lo obtenido en Papa (2015) donde reporta que los puntos con mayor riqueza de macrohongos ectomicorrícicos para el bosque nuboso del Biotopo del Quetzal, está relacionada con las variables de estructura de la vegetación (diámetro de copa de los árboles, frecuencia de especies arbóreas y DAP). Otro estudio de Gabel & Gabel (2007) obtuvieron que la diversidad de hongos y plantas vasculares durante seis años consecutivos en el sur del estado de Dakota, Estados Unidos, y encontraron una fuerte relación entre el número de especies de hongos y la diversidad de especies vegetales. Esta agrupación evidencia un bosque maduro que aún se encuentra en buen

estado de conservación. Esto se puede comprobar dadas sus características de la composición y la estructura de la vegetación registrada, que a su vez genera una alta cantidad de sustratos para el desarrollo de macrohongos como; hojarasca, troncos muertos o vivos y diversidad de hospederos para hongos micorrízicos, favoreciendo así una riqueza alta de macrohongos en los sitios de muestreo (Carranza-V, Di Stéfano-G, Walter-Marín, y Mata-H, 2018; EUROPARC-España, 2017).

El otro grupo formado por MP3, HP3, MP2, CP2 y HP2 se caracteriza por estar influenciado por las variables de riqueza y abundancia de especies de plantas, habiendo parcelas tanto de bosque natural como de bosque seco en regeneración (Figura 10, Tabla 4). Estas parcelas presentaron una menor riqueza de morfoespecies de macrohongos.

El último grupo formado por MP1, SP2, SP1 y SP3. Esta agrupación las variables que más están incidiendo son la luz y la temperatura coincidiendo con los sitios más degradados de bosque seco en regeneración, los cuales son sitios abiertos con alta incidencia de luz lo cual dará una mayor temperatura, dichas condiciones son poco favorables para la fructificación de macrohongos. Siendo significativas las variables de luz (promedio de 3 y 5 días), lo que indica que el bajo número de especies de vegetación provocan que haya más intensidad de luz, lo cual incide negativamente en la riqueza de las especies de macrohongos, lo cual se debe también al grado de perturbación que dichos sitios de colecta presenta (Figura 10, Tabla 4).

En cuanto a las variables microclimáticas no están relacionadas significativamente con la riqueza de macrohongos del bosque seco, sin embargo, éstas están condicionadas con la vegetación. La vegetación regula el microclima al interceptar la radiación solar, dirigir el movimiento del aire y afecta la temperatura con la sombra y absorción/liberación de humedad, acceso a la luz solar y diurna modificando así las variables climáticas estudiadas (Dimoudi & Nikolopoulou, 2003; Georgi & Zafiriadis, 2006; Pramova, Locatelli, Djoudi & Somorin, 2012). Por lo cual, se explica que la distribución de hongos responda a la estructura de la vegetación, que a su vez es la responsable de favorecer las condiciones microclimáticas (Figura 10, Tabla 4).

14.5 Diversidad y Distribución de líquenes de bosque seco

Se recolectaron un total de 60 ejemplares de macrohongos distribuidos en 6 familias, 12 géneros y 32 morfoespecies. En cuanto a los grupos morfológicos 68% pertenece a líquenes foliosos el 29% a líquenes costrosos y el 3% es de líquenes fruticosos y gelatinosos. El género que presentó más riqueza fue Parmotrema (6), seguido de Physcia (5) y Graphys (5). En Guatemala se han realizado pocos estudios de estos organismos (Cifuentes Gil, M, 1994; Cohn Berger, 2014) sin embargo los resultados concuerdan con Cohn Berger (2014) y Barreto Guzmán (2018) quienes reportan a los géneros entre los más abundantes. (Figura 12)

Los líquenes tienen patrones de distribución acordes a las latitudes de los lugares, en el estudio de Pérez Quinteros, A. Y Watteijne Cerón B. (2009), tienen una distribución entre 2000 y 2500 msnm, en donde los líquenes foliosos tienen mejores condiciones a más altura. Así mismo se indica que los cambios morfológicos de los líquenes están asociados a la altura, en el estudio se habla del género Sticta y el cambio de la densidad de cífelas que cumplen una función de retención de agua e intercambio gaseoso, sin embargo, en el presente estudio estas variaciones se pudieron observar en su mayoría con el género Parmotrema, ya que el rango de distribución de los líquenes altitudinalmente fue de 520 a 779 msnm y este en un líquen folioso. Los líquenes foliosos se han reportado como los más sensibles a los factores atmosféricos (Hawskworth y Rose, 1970). Aun en las condiciones altitudinales y climáticas en las que están sometidos los organismos en estas áreas, el género Parmotrema presentó mayor riqueza de morfoespecies (6) y mayor abundancia (15). El segundo género con más abundancia fue Graphys (9), seguido de Dirinaria (8) y Physcia (7). (Figura 12 y 13)

El género Graphys es uno de los géneros que morfológicamente se clasifican como costrosos, este tipo de líquenes son menos vulnerables a las alteraciones de la calidad del aire (Hawskworth y Rose, 1970)

En cuanto a la riqueza obtenida por sitio de colecta se obtuvo que los sitios con mayor riqueza de especies fueron los sitios Reserva Privada el Heloderma, siendo la parcela 3 con más riqueza de morfoespecies (10), aunque este sitio fue el de mayor riqueza de especies, la parcela 2 no presentó presencia de líquenes. El segundo sitio con más riqueza fue las Mesas, siendo la parcela 1 con más

riqueza (8) y Centro Ecológico la Cureña. El sitio Subinal no hubo presencia de líquenes, solo una morfoespecie en la parcela 2. Los sitios de colecta perteneces a lugares naturales de bosque seco. Al presentar los sitios de bosque natural una mayor riqueza o diversidad de líquenes se puede vincular con un bosque saludable (Moreno, 1996). Esto se asocia con las funciones ecológicas que los líquenes realizan para ser bioindicadores de perturbación y contaminación atmosférica. (Hawksworth, D., Iturriaga, T y Crespo, A. 2005).

15. Conclusiones

- Se recolectaron un total de 303 ejemplares de macrohongos 25 familias, 59 géneros y 106 morfoespecies.
- La familia Agaricaceae fue la familia que presentó una mayor diversidad de especies, seguida de Polyporaceae, Marasmiaceae y Xylariaceae.
- Se recolectaron 91 especies de plantas distribuidas en 74 géneros y 35 familias. Donde la familia que presentó mayor riqueza fue Leguminosae, seguida de Euphorbiaceae, Cactaceae y Rubiaceae.
- Las parcelas que presentan una mayor riqueza de especies de plantas, un mayor DAP y mayor altura corresponden a las parcelas de bosque seco natural lo cual indica que son lugares conservados.
- Los sitios que presentaron una mayor riqueza, DAP, y altura son los sitios más conservados los cuales también presentaron una mayor riqueza de macrohongos.
- Los sitios que presentaron una mayor abundancia de especies son los sitios en regeneración de bosque seco.
- Los macrohongos son buenos indicadores de estado de conservación de los bosques ya que a mayor conservación mayor riqueza de macrohongos, entre más perturbados los sitios de colecta menos macrohongos hay presentes
- En cuanto a las variables microclimáticas las variables de temperatura (3 y 5 días promedio) están relacionadas significativamente con la poca presencia de macrohongos en los sitios de bosque en regeneración.
- La humedad relativa (promedio de 3 días) es la única variable microclimática relacionada significativamente con la composición de macrohongos en sitios de bosque seco natural.
- En cuanto a líquenes se colectaron 60 ejemplares distribuidos en 6 familias, 12 géneros y 32 morfoespecies. Se puede observar que el género con más riqueza fue Parmotrema (6), seguida de Physcia (5) y Graphys (5), mientras que los otros géneros presentaron una riqueza de morfoespecies menor a 3.

16. Vinculación, difusión y divulgación

El proyecto se realizó en el herbario USCG del Centro de Estudios Conservacionistas de la Universidad de San Carlos de Guatemala con el apoyo del Centro Universitario de Zacapa –CUNZAC- y se contactó al Centro Universitario de El Progreso –CUNPRO-, Instituto Nacional de Bosques –INAB-, municipalidades y personas individuales para los permisos de colecta dentro de remanentes de bosque seco.

La difusión y divulgación de la información se realizó por medio de:

- Cuatrifoliar informativo de la importancia del bosque seco y su diversidad fúngica y arbórea.
- Calcomanías de la diversidad de macrohongos de bosque seco
- Taller informativo de la importancia de los bosques secos y su diversidad arbórea y fúngica con estudiantes de la carrera de agronomía del Centro Universitario del Cun Progreso.
- Artículo científico del proyecto en revistas indexadas.

17. Impacto Esperado

Los **bosques secos tropicales son de gran importancia** porque también **proveen de servicios a las comunidades** que viven en dichas zonas, además **son altamente diversos y poseen alto grado de endemismo**, pese a esto están **altamente amenazados** y destruidos por las actividades humanas y el cambio climático y **han recibido poca atención para gestionar su conservación** (Ruíz & Fandiño, 2009). El ecosistema de bosque seco y la biodiversidad que en ellos habita, provee servicios como alimentos, agua, madera, purificación del aire, formación de suelo, polinización de plantas, cultivos, mitigación de sequías e inundaciones, entre muchos otros servicios los cuales son de gran importancia para la humanidad (Unión Europea, 2010).

Pese a la importancia de mantener estos ecosistemas; las actividades humanas han propiciado un cambio en ellos, reduciéndose la cobertura de bosque seco en Guatemala, considerándose hoy en día uno de los más amenazados y poco estudiados. Dentro de la diversidad biológica se encuentran **los macrohongos**; son de vital importancia debido a las funciones que estos realizan

en los ecosistemas, como el reciclaje de nutrientes, formación del suelo y regulación del clima, contribuyendo a los servicios que los bosques secos proveen a las comunidades y garantizan la estabilidad de los ecosistemas. Por tanto, el presente estudio evaluó y determinó el **estado de conservación y resiliencia ante el cambio climático de los bosques secos del país por medio del análisis de la vegetación y macrohongos**. Se aportó información **para crear estrategias y planes de manejo de conservación y restauración de los bosques secos del país**.

El estudio es de gran importancia ya que **entra dentro del cumplimiento temático de Diversidad biológica en la adaptación al cambio climático de la Política Nacional de Diversidad Biológica** (Acuerdo Gubernativo 220-2011), y el cumplimiento de los objetivos propuestos en el **Convenio de Diversidad Biológica**, ratificado por Guatemala mediante el Decreto 5-95, emitido por el Congreso de la República. A la vez brindó información de importancia para el cumplimiento de la Ley Probosques (Decreto 2-2015) emitido por el Congreso de la República para el establecimiento, **recuperación, restauración, manejo**, producción y **protección** de bosques en Guatemala, ya que en el mismo se declara de **urgencia nacional y de interés social la reforestación del país** y la conservación de los bosques por lo tanto establece como obligación del Estado, adoptar las medidas que sean necesarias para la conservación, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales en forma efectiva, siendo los bosques de bienestar para los humanos y pobladores cercanos, manteniendo el equilibrio ecológico y la biodiversidad.

La información del bosque seco, se les proporcionó a las autoridades municipales y a las comunidades para que se puedan **realizar planes de manejo sustentable de los hongos y del bosque seco**. Beneficiando a las comunidades **para conservar** sus bosques secos y darles un **manejo adecuado y sustentable** a los bosques secos, además de fortalecer y documentar la importancia de estos, la relación y asociación con las plantas, para seguir recibiendo los servicios y beneficios ecosistémicos que este les provee a las comunidades y reducción de la vulnerabilidad al cambio climático.

18. Referencias

- Ancona, J., Ruenes-Morales, R., Huchim-Herrera, J., Montañez-Escalabte & González-Iturbe, J. (2019). Woody species structure, diversity and floristic affinities in seasonally dry forest in the Uxmal Archaeological zone. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22, 755-767.
- Arias, S. y M. Véliz. (2006). *Diversidad y distribución de las Cactaceae en Guatemala*. En E. Cano (Ed), *Biodiversidad de Guatemala*. (Volumen I, pp. 229-238). Guatemala: Universidad del Valle.
- Álvarez, M. R., & Secaira, S. (2017). Flora. En J. Yoshimoto, D. Ariano (Eds.), *El Bosque Estacionalmente seco de Guatemala; Flora, Fauna y Cultura* (pp. 26- 37). Guatemala: Editorial Servi Prensa.
- Capello, S. (2006). *Hongos del Yumka, guía ilustrada*. México. Villa Hermosa, Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Carranza, Z. (2006). *Selección e identificación de especies de hongos ectomicorrizogenos del estado de hidalgo más competentes en medio de cultivo sólido* (Tesis de Licenciatura). Universidad autónoma del estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias, México.
- Carranza-V, J., DiStéfano-G, J.F., Walter-Marín, M., & Mata-H. M. (2018). Estudio comparativo de los macrohongos presentes en troncos de roble en dos bosques montanos neotropicales de Costa Rica. *Polibotánica*, 45, 35-56. doi: 10.18387/polibotanica.45.4
- Carrillo, L. (2003). *Microbiología agrícola*. Salta: Universidad Nacional de Salata.
- Chao, A. & Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93(12), 2533-2537.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Asociación Zootropic, Centro de Datos para la Conservación & The Nature Conservancy (2011). *Plan de Conservación de las Regiones Secas de Guatemala*. En D. Ariano, B. García, M. Flores, & E. Secaria (Eds.). (Documento técnico). Guatemala.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas (2012). *Estrategia Nacional de Diversidad Biológica y plan de acción 2012-2022*. Guatemala: Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
- Coti, P. y D. Ariano. (2008). Ecology and traditional use of the Guatemalan black iguana (*Ctenosaura palearis*) in the dry forests of the Motagua Valley, Guatemala. *Iguana* 15 (3), 142-149.

- Dimoudi, A. & Nikolopoulou, M. (2003). Vegetation in the urban environment: microclimate analysis and benefits. *Energy And Buildings*, 35 (1), 69-76. Doi: 10.1016/S0378-7788(02)00081-6
- EUROPARC-España (2017). *El papel de los bosques maduros en la conservación de la biodiversidad.*, Madrid: Ed. Fundación Fernando González Bernaldez
- Flores-Arzú, R., Comandini, O., & Rinaldi, AC. (2012). A preliminary checklist of Macrofungi of Guatemala, with notes on edibility and tradicional knowledge. *Mycosphere*, 3(1), 1-21. Doi: 10.5943/mycosphere/3/1/1/
- Gabel, A. & Gabel, M. (2007). Comparison of Diversity of Macrofungi and Vascular Plants at Seven Sites in the Black Hills of South Dakota. *American Midland Naturalist*, 157(2), 258-296.
- Gallardo-Cruz, J. A., Meave, J. A., y Pérez-García, E. A. (2005). Estructura, composición y diversidad de la Selva Baja Caducifolia del Cerro Verde, Nizanda, (Oxaca), México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 76, 19-35.
- García, A., & Bolaños, A., (2010). Macrohongos presentes en el bosque seco tropical de la Región del Valle del Cauca, Colombia. *Revista de Ciencias* 14, 45-54.
- García, D., (2015). La importancia de los hongos en los ecosistemas forestales. *Biodiversidad-Consultoría Agroforestal*. Recuperado el 11 de febrero de 2017 de <https://ideasmedioambientales.com/la-importancia-de-los-hongos-en-los-ecosistemas-forestales/>
- Georgi, N. J., & Zafiriadis, K. (2006). The impact of park trees on microclimate in urban areas. *Urban Ecosystems*, 9 (3), 195-209. Doi: 10.1007/s11252-006-8590-9
- Gómez, M. (2009). *Diversidad de Macromicetes en relación a estructura, especies arbóreas y microclima del Bosque Mesófilo de Montaña en el centro de Veracruz, México.* (tesis de maestría). Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz.
- De Diego, F. (1990). *Setas (Hongos), guía ilustrada.* (2da. ed.). España. Ed. Mundi-Prensa.
- Desjardin, D. & Ovrebo, C. (2006). *New species and new records of Marasmius from Panama.* *Fungal Diversity*, 21, 19-39.
- Hawksworth, D. L., Kirk, P. M., Sutton, B. C. & Pegler, D. N. (1995). *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi.* 8th ed. Wallingford: CAB International
- Hernández J., Ixcot, L., Chinchilla, C. y R. Marroquín. (2000). Comparación de la dinámica regenerativa en los bosques de dos zonas con diferentes características biogeográficas de Guatemala (Santa María de Jesús, Quetzaltenango y San Cristóbal Acasaguastlán, *El Progreso*)

- (Proyecto FODECYT 31-99). Guatemala: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Hernández, M. (2009). La resiliencia de los ecosistemas, clave del desarrollo sostenible. *Éxito empresarial*. 99, 1-3.
- Hernández, B., Pérez, M. (2014). Análisis de composición de macrohongos (*Ascomycota* y *Basidiomycota*) en la época lluviosa, en tres distintos usos de suelo en el bosque seco de Agua Salóbriga, Sanarate, El Progreso. (Documento inédito). Guatemala.
- Hernández, B. (2019). Diversidad de macrohongos (*Ascomycota* y *Basidiomycota*) con relación a las variables de estructura de la vegetación y microclimas del bosque seco del Centro Ecológico La Cureña, Aldea San Juan, Sanarate. (Tesis licenciatura). Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ciencias Químicas y Farmacia.
- Enshasy, H., Elsayed, E. A., Aziz, R., & Wadaan, M. A. (2013). Mushrooms and Truffles: Historical Biofactories for Complementary Medicine in Africa and in the Middle East. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, 1-10. Doi. 10.1155/2013/620451
- Kessler, M. (2001) Maximum plant-community endemism at intermediate intensities of anthropogenic disturbance in Bolivian montane forests. *Conservation Biology* 15: 634–641.
- Kirk, P. M., Cannon, P. F., Minter, D. W., & Stalpers, J. A. (2011). Dictionary of the Fungi. 10. Ed. United Kingdom: CAB International.
- Largent, D. (1986). *How to identify mushrooms to genus I: Macroscopic Features*. Estados Unidos: Modern River Press.
- Linares-Palomino, R., García-Naranjo, E., Cortez, E., De Rutte, J., Monzón-Ramos, M. y Pinedo-Alonso, G. (2012). Estructura y Florística en cuatro tipos de bosque estacionalmente seco de Tumbes, Perú. *Arnaldoa* 19(1), 47-56.
- López, R., (2009). Distribución de Macrohongos (*Agaricomycetes*) en remanentes de bosque de la zona de Influencia del Parque Nacional Laguna Lachúa, Cobán, Alta Verapaz. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Guatemala.
- Marcelo-Peña, J. L., Reynel-Rodríguez, C., Zeballos-Pollito, P., Bulnes-Soriano, F. y Pérez-Geda, A. (2007). Diversidad, composición florística y endemismos en los bosques estacionalmente secos alterados del distrito de Jaén, Perú. *Ecología Aplicada*, 6(1,2), 9-22.
- Martínez, D. (1998). *Red de cuatro estaciones de observación botánica y un sendero interpretativo en el trayecto ascendente de Gualán a la Unión, Zacapa* (Tesis de Licenciatura). Universidad del Valle de Guatemala, Departamento de Ecoturismo. Guatemala.

- Mata, M. (1999). *Macrohongos de Costa Rica*. Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad.
- Mata, M. Halling, R. Mueller, G. (2003). *Macrohongos de Costa Rica*. (vol. 2). Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad/Banco Mundial, Ministerio de ambiente y energía (MINAE).
- Miles, L., Newton, A. C., Defries, R. S., Ravilious, C., May, I, Blyth, S...Gordon, J. E. (2006). A Global Overview of the conservation status of tropical dry forest. *Journal of Biogeography*, 33(3), 491-505. doi 10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x
- Moore, D., Robson, G., & Trinci, A. (2011). *21st century guidebook to fungi*. New York: Cambridge University press.
- Morales, O., Cáceres, R., Guirriarán, N., Flores, R., & Bran, M. (2012). *Especies de macrohongos reportadas para Guatemala*. En Cano, E & Schuster, J. (Eds.) (pp.45-61). Biodiversidad de Guatemala. (Vol. 2). Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- Moreno, G. (1996). Setas Micorrizógenas, parásitas y saprófitas; una forma de valorar el impacto ambiental en nuestros bosques. Comunicación en Congreso Micológico. Laredo.
- Mueller, G.M., Schmit, P. J. (2007). An estimate of the lower limit of global fungal diversity. *Biodiversity and Conservation*, 16(1), 9-11.
- Palacio, M., Gutierrez, Y., Franco-Molano, A., y Callejas –Posada, R. (2014). Nuevos registros de macrohongos (Basidiomycota) para Colombia procedentes de un bosque seco tropical. *Actualidades Biológicas*, 37 (102), 319-339.
- Papa, M. (2015). *Relación de la frecuencia de hongos ectomicorrícicos con la estructura y composición de especies arbóreas en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal “Mario Dary Rivera*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Biología, Guatemala.
- Ponce, G. (2012). *Contribución a la Taxonomía de las Colecciones de Ganodermatales, Hymenochaetales y Polyporales (BASIDIOMYCOTA: Holobasidiomycetidae) ingresadas en la Sección de Hongos del Herbario BIGU, Escuela de Biología*, Universidad de San Carlos de Guatemala. (Tesis licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Guatemala.
- Pompa, A., Aguirre, E., Encaladas, O., De Amda, A., Cifuentes, J. Valenzuela, R. (2011). *Los macromicetos del Jardín Botánico de ECOSUR. “Dr. Alfredo Barrera Marín”*. Puerto Morelos, Quintana Roo. México: Comisión Nacional para el conocimiento y usos de la Biodiversidad.

- Pramova, E., Locatelli, B., Djoudi, H. & Somorin, O. (2012). Forests and trees for social adaptation to climate variability and change. *WIREs Climate Change*, 3, 581-596. doi: 10.1002/wcc.195.
- Quezada, M. (2005). *Análisis de la diversidad y distribución de macrohongos (Ordenes Agaricales y Aphylloporales) en relación con los paisajes antropogénicos en la zona de influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Guatemala.
- Quezada, M., López, R., Morales, O., Ponce, G., Fuentes, A., Molina, V. (2009). *Análisis de la Diversidad de Macrohongos en diferentes estratos altitudinales de los Bosques Nubosos de Guatemala; Su conocimiento y Uso Tradicional: Reserva de la Biosfera La Fraternidad*. (Proyecto AGROCYT No. 019-2005). Guatemala: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Quezada, M., (2014). *Efecto de la pérdida de hábitat y cambio de uso de suelo en la diversidad de macromicetos (Marasmiaceae y Polyporaceae) y coleópteros asociados en la selva lluviosa de la región de Lachuá, A.V. Guatemala*. (Tesis de doctorado). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ecología, México.
- Raymundo, T., Valenzuela, R., Gutiérrez, A., Coronado, M., Esqueda, M. (2013). Agaricomycetes xilófagos de la planicie central del desierto sonorenses. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 84, 417-424. doi: 10.7550/rmb.30828
- Roda, F. (2010). Survey of macrofungi (including truffles) in Qatar. Arabia. *KBM Journal of Biology*, 1(2), 26-29. Doi: 10.5147/kbmjb.2010.0009
- Silva, M., Castro-Ramírez, A., y Castillo-Campos (2018). Estructura y composición de leñosas en dos bosques de las regiones Mixteca y Valles Centrales de Oaxaca, México. *Madera y Bosques*, 24 (1), 1-31.
- Sommerkamp, Y. (1990). *Hongos comestibles en los mercados de Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Dirección General de Investigación. Guatemala.
- Sunum, R. (2013). *Efectos de los factores climáticos en la producción de cuerpos fructíferos de Marasmius Fr. (Marasmiaceae: Agaricales) en ocho remanentes de bosque en la Ecorregión Lachuá, Cobán, Alta Verapaz*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Guatemala.
- Váldez-Póron J. (2012). *Análisis De La Riqueza Florística Del Bosque Seco De La Finca San Miguel, Municipio De Sanarate, El Progreso, Guatemala*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.

Véliz, M. E., Cobar, A. J., Ramírez, F. J., & García Vettorazzi, M. J. (2003). La diversidad florística del monte espinoso de Guatemala. Guatemala (Inf-2003-029). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación y Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Veliz, M., & Méndez, C. (2008). Análisis comparativo de la diversidad florística y endemismo de las zonas semiáridas de Guatemala (Proyecto FODECYT No. 27-2006). Guatemala: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Webster, J. & Weber, R. (2011). *Introduction to Fungi*. (3ra. ed.). Cambridge. Ed. Cambridge University Press.

Williams-Linera, G., Palacios-Ríos, M., & Hernández-Gómez, R. (2005). Fern richness, tree species surrogacy and fragment complementarity in a Mexican tropical cloud forest. *Biodiversity and Conservation* 14:119–133.

19. Apéndices

Anexo 1. Listado de especies de plantas

Familia	Especie
ANACARDIACEAE	<i>Amphipterygium adstringens</i>
	<i>Spondias purpurea</i>
ANNONACEAE	<i>Sapranthus violaceus</i>
APOCYNACEAE	<i>Plumeria rubra</i>
	<i>Cascabela ovata</i>
	<i>Marsdenia gualanensis</i>
	<i>Polystemma viridiflora</i>
ASTERACEAE	<i>Porophyllum ruderale</i>
BIGNONIACEAE	<i>Tecoma stans</i>
	<i>Crescentia alata</i>
BIXACEAE	<i>Cochlospermum vitifolium</i>
BORAGINACEAE	<i>Cordia truncatifolia</i>
	<i>Cordia curassavica</i>
BURSERACEAE	<i>Bursera Schlechtendalii</i>
	<i>Bursera excelsa</i>
	<i>Bursera simaruba</i>
	<i>Bursera bipinnata</i>
CACTACEAE	<i>Opuntia pubescens</i>
	<i>Pilosocereus leucocephalus</i>

	<i>Opuntia decumbens</i>
	<i>Stenocereus</i> sp.
	<i>Opuntia</i> sp.
CAPPARACEAE	<i>Quadrella incana</i>
CELASTRACEAE	<i>Maytenus segoviarum</i>
	<i>Semialarium mexicanum</i>
	<i>Wimmeria bartlettii</i>
COMBRETACEAE	<i>Bucida macrostachya</i>
EBENACEAE	<i>Diospyros salicifolia</i>
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum rotundifolium</i>
EUPHORBIACEAE	<i>Croton</i> sp.
	<i>Cnidoscolus tubulosus</i>
	<i>Bernardia nicaraguensis</i>
	<i>Acalypha chordantha</i>
	<i>Annona reticulata</i>
	<i>Euphorbia oerstediana</i>
	<i>Euphorbia schlechtendalii</i>
	<i>Euphorbia tithymaloides</i>
LEGUMINOSAE	<i>Acacia</i> sp.
	<i>Apoplanesia paniculata</i>
	<i>Caesalpinia exostemma</i>
	<i>Caesalpinia velutina</i>
	<i>Dalbergia congestiflora</i>
	<i>Entadopsis polystachya</i>
	<i>Haematoxylum brasiletto</i>
	<i>Hauya elegans</i>
	<i>Hauya elegans</i> subsp. <i>Cornuta</i>
	<i>Leucaena</i> sp.
	<i>Leucaena collinsii</i> subsp. <i>Zacapana</i>
	<i>Leucaena collinsii</i>
	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>
	<i>Lysiloma divaricatum</i>
	<i>Mimosa platycarpa</i>
	<i>Mimosa</i> sp.
	<i>Mimosa zacapana</i>
	<i>Platymiscium parviflorum</i>
<i>Senegalia polyphylla</i>	

	<i>Senna obtusifolia</i>
	<i>Senna atomaria</i>
	<i>Senna Skinneri</i>
MALPIGHIACEAE	<i>Malpighia spathulifolia</i>
MALVACEAE	<i>Heliocarpus mexicanus</i>
	<i>Ceiba aesculifolia</i>
	<i>Heliocarpus mexicanus</i>
MORINGACEAE	<i>Moringa oleifera</i>
MYRTACEAE	<i>Psidium sartorianum</i>
NYCTAGINACEAE	<i>Mirabilis jalapa</i>
OLACACEAE	<i>Ximenia americana</i>
ONAGRACEAE	<i>Hauya elegans</i>
ORCHIDACEAE	<i>Oeceoclades maculata</i>
OXALIDACEAE	<i>Oxalis frutescens</i>
PICRAMNIACEAE	<i>Alvaradoa amorphoides</i>
PLOCOSPERMATACEAE	<i>Plocosperma buxifolium</i>
PRIMULACEAE	<i>Bonellia nervosa</i>
PTERIDACEAE	<i>Cheilanthes brachypus</i>
RHAMNACEAE	<i>Karwinskia calderonii</i>
RUBIACEAE	<i>Hintonia standleyana</i>
	<i>Donnellyanthus deamii</i>
	<i>Hintonia latiflora</i>
	<i>Psychotria erythrocarpa</i>
	<i>Randia thurberi</i>
RUTACEAE	<i>Amyris elemifera</i>
	<i>Zanthoxylum culantrillo</i>
	<i>Esenbeckia echinoidea</i>
SALICACEAE	<i>Casearia corymbosa</i>
	<i>Xylosma chlorantha</i>
	<i>Xylosma velutina</i>
SAPINDACEAE	<i>Allophylus racemosus</i>
	<i>Cardiospermum halicacabum</i>
	<i>Serjania lobulata</i>
ZYGOPHYLLACEAE	<i>Guaiacum sanctum</i>

Anexo 2. Listado de especies de macrohongos

Familia	especie
AGARICACEAE	<i>Agaricus sp. 1</i>

	<i>Agaricus sp. 2</i>
	<i>Arachnion sp. 1</i>
	<i>Chlorophyllum sp. 1</i>
	<i>Cyathus striatus</i>
	<i>Lepiota sp. 1</i>
	<i>Lepiota sp. 2</i>
	<i>Lepiota sp. 3</i>
	<i>Lepiota sp. 4</i>
	<i>Lepiota sp. 5</i>
	<i>Lepiota sp. 6</i>
	<i>Lepiota sp. 7</i>
	<i>Leucoagaricus sp. 1</i>
	<i>Lycoperdon sp. 1</i>
	<i>Lycoperdon sp. 2</i>
	<i>Podaxis sp. 1</i>
	<i>Tulostoma sp.1</i>
CLATHRACEAE	<i>Clathrus sp. 1</i>
CORTICIACEAE	<i>Corticium sp. 1</i>
	<i>Corticium sp. 2</i>
CORTINARIACEAE	<i>Gymnompilus sp. 1</i>
DACRYMYCATAACEAE	<i>Dacryopinax spathularia</i>
ENTOLOMATACEAE	<i>Entoloma sp. 1</i>
GEASTRACEAE	<i>Geastrum sp. 1</i>
	<i>Geastrum sp. 2</i>
	<i>Geastrum sp. 3</i>
	<i>Geastrum sp. 4</i>
	<i>Geastrum sp. 5</i>
GLOEOPHYLLACEAE	<i>Gloeophyllum sp. 1</i>
	<i>Gloeophyllum sp. 2</i>
GOMPHACEAE	<i>Ramaria sp. 1</i>
	<i>Ramaria sp. 2</i>
	<i>Ramaria sp. 3</i>
HYDNANGIACEAE	<i>Laccaria sp. 1</i>
HYGROPHORACEAE	<i>Hygrophoraceae sp. 1</i>
HYMENOCHAETACEAE	<i>Phellinus sp. 1</i>
	<i>Phellinus sp. 2</i>
	<i>Porodaedalea sp. 1</i>

	<i>Porodaedalea sp. 2</i>
	<i>Porodaedalea sp. 3</i>
	<i>Porodaedalea sp. 4</i>
INOCYBACEAE	<i>Crepidotus sp. 1</i>
MARASMIACEAE	<i>Crinipellis sp. 1</i>
	<i>Gerronema sp. 1</i>
	<i>Gerronema sp. 2</i>
	<i>aff Marasmiellus sp. 2</i>
	<i>Marasmiellus sp. 1</i>
	<i>Marasmius haematocephalus</i>
	<i>Marasmius sp. 1</i>
	<i>Marasmius sp. 2</i>
	<i>Marasmius sp. 3</i>
	<i>Marasmius sp. 4</i>
	<i>Marasmius sp. 5</i>
	<i>Resupinatus sp. 1</i>
	<i>Trogia sp. 1</i>
MYCENACEAE	<i>Mycena sp. 1</i>
	<i>Panellus aff serotinus</i>
PLEUROTACEAE	<i>Pleurotus sp. 1</i>
	<i>Pleurotus sp. 2</i>
PLUTEACEAE	<i>Pluteus sp. 1</i>
	<i>Pluteus sp. 2</i>
POLYPORACEAE	<i>Datronia aff caperata</i>
	<i>Datronia caperata</i>
	<i>Favolus tenuiculus</i>
	<i>Hexagonia hydnoides</i>
	<i>Irpex sp. 1</i>
	<i>Lentinus crinitus</i>
	<i>Polyporus tricholoma</i>
	<i>Polyporus aff tenuiculus</i>
	<i>Pycnoporus sanguineus</i>
	<i>Trametes sp. 1</i>
	<i>Trametes sp. 2</i>
	<i>Trametes sp. 3</i>
	<i>Trametes sp. 4</i>
	<i>Trametes sp. 5</i>

	<i>Trametes versicolor</i>
	<i>aff Trametes villosa</i>
	<i>Trametes villosa</i>
	<i>Trichaptum sp. 1</i>
	<i>Trichaptum sp. 2</i>
PSATHYRELLACEAE	<i>Passarola sp. 1</i>
	<i>Passarola sp. 2</i>
	<i>Psathyrella sp. 1</i>
SARCOSCYPHACEAE	<i>Phillipsia domingensis</i>
SCHIZOPHYLLACEAE	<i>Schizophyllum comune</i>
SCHIZOPORACEAE	<i>Oxyporus sp. 1</i>
STROPHARIACEAE	<i>Galerina sp. 1</i>
	<i>Galerina sp. 2</i>
TREMELLACEAE	<i>Tremella sp.1</i>
	<i>Tremella mesenterica</i>
	<i>Sebacina sp. 1</i>
TRICHOLOMATACEAE	<i>Clitocybe sp. 1</i>
	<i>Collybia sp. 1</i>
	<i>Haasiella sp. 1</i>
	<i>Phyllotopsis sp. 1</i>
	<i>Tricholoma sp. 2</i>
	<i>Tricholomataceae sp. 1</i>
	<i>Tricholomataceae sp. 2</i>
XYLARIACEAE	<i>Xylaria cubensis</i>
	<i>Xylaria sp. 1</i>
	<i>Xylaria sp. 2</i>
	<i>Xylaria sp. 3</i>
	<i>Xylaria sp. 4</i>
	<i>Xylaria sp. 5</i>
	<i>Xylaria sp. 6</i>
	<i>Xylaria sp. 7</i>

Anexos 3. Láminas de morfoespecies de macrohongos encontradas

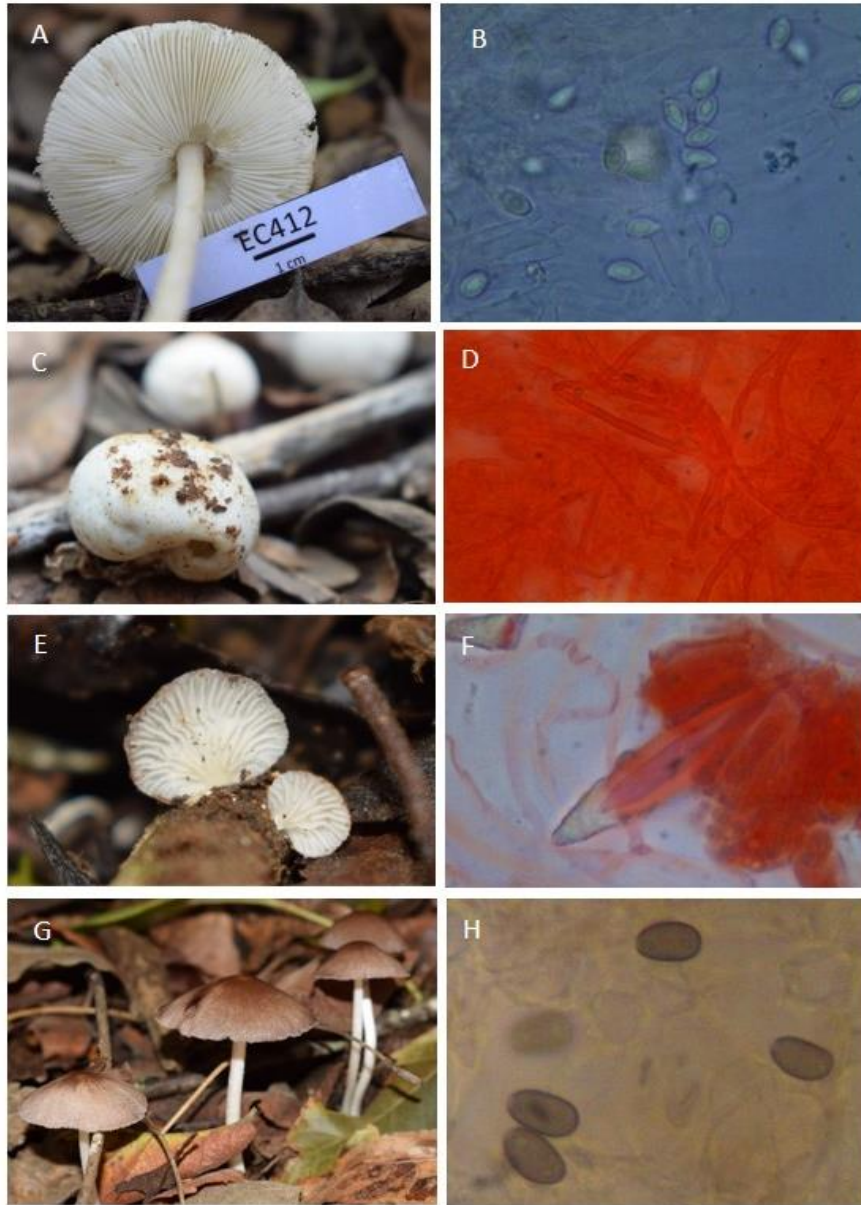


Figura 1. Láminas de macrohongos colectados. A-B *Lepiota* sp. 2 (EC412). (A) Himenio. (B) Esporas en KOH 5%. C-D *Arachnion* sp. 1. (BH1118). (C) Macroscopia. (D) Capillicio. E-F *Crepidotus* sp. 1 (EC353). (E) Himenio. (F) Cistidios en Rojo Congo. G-H. *Psathyrella* sp. 1 (EC370). (G) Pileo. (H) Esporas en Melzer.



Figura 2. Especímenes de macrohongos. (A) *Marasmius* sp. 4 (BH1180). (B) *Gerronema* sp. 1 (EC377). (C) *Marasmiellus* sp. 1 (EC294). (D) *Pleurotus* sp. 1 (EC349). (E) *Geastrum* sp. 2 (BH1033). (F) *Trametes villosa* (BH1034). (G) *Ramaria* sp. 1 (MQ5521).



Figura 3. Especímenes de macrohongos. (A) *Phellinus* sp. 1 (MQ5520). (B) *Tremella* sp.1 (MQ5528). (C) *Cyathus striatus* (EC363). (D) *Tulostoma* sp.1 (BH1042). (E) *Xylaria* sp. 5 (MQ5527). (F) *Datronia caperata* (BH1038). (G) *Schizophyllum commune* (EC292). (H) *Trametes* sp. 5 (MQ5617).

Listado de los integrantes del equipo de investigación (en una sola hoja)

Contratados por contraparte y colaboradores

Nombre	Firma
Ing. Agr. Carlos Augusto Vargas Gálvez-CUNZAC-	

Contratados por la Dirección General de Investigación

Nombre	Categoría	Registro de Personal	Pago		Firma
			SI	NO	
Maura Liseth Quezada Aguilar	Coordinadora	20020158	X		
Bianka Analí Hernández Ruano	Investigadora	20170873	X		
María José Pérez Solares	Auxiliar de investigación II	20180309	X		
Emily Sofia Car Calán	Auxiliar de investigación I	20191060	X		

Guatemala 28 de noviembre 2019

Dra. Maura Quezada Aguilar

Nombre coordinador del Proyecto de investigación

firma

Inga. Liuba María Cabrera Ovalle de Villagrán

Vo.Bo. Nombre coordinador del Programa Universitario

firma

Ing. Agr. Rufino Salazar

Vo. Bo. Nombre coordinador General de Programas

firma