

**UNIVERSIDAD DE SAN DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

**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, El Progreso.**



**Bianka Analí Hernández Ruano**

**BIÓLOGA**

**Guatemala, Abril 2019**

**UNIVERSIDAD DE SAN DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**



**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, El Progreso.**

**INFORME DE TESIS**

Presentado por

**Bianka Analí Hernández Ruano**

Para optar al título de

**BIÓLOGA**

**Guatemala, Abril 2019**

**Junta Directiva de la  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia**

M. A. Pablo Ernesto Oliva Soto	Decano
Licda. Miriam Roxana Marroquín Leiva	Secretaria
Dr. Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal I
Dr. Roberto Enrique Flores Arzú	Vocal II
Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera	Vocal III
Br. Byron Enrique Pérez Días	Vocal IV
Br. Pamela Carolina Ortega Jiménez	Vocal V

## DEDICATORIA

A Dios, por permitirme cumplir todos mis sueños, por la salud para lograr mis objetivos, por su amor y bondad infinita.

A mi mamá Gladys, por apoyarme, aconsejarme y motivarme a seguir. ¡Te amo mami!

A mi papá Luis, por apoyarme en todo momento, por alentarme a seguir adelante y por todo el sacrificio que ha hecho por mí.

A ti, Francisco, mi compañero de vida, mi esposo, mi amigo, por tu paciencia, por tus palabras de ánimo a seguir cuando ya no quería, por todo el apoyo y por ser parte importante del logro de mis metas profesionales. Te amo!

A mis hermanas, Juli por todo tu apoyo y cariño incondicional, por ser parte de este proceso, por aventurarnos a vivir juntas lejos de casa, a Emili por apoyarme en todos mis sueños y metas y ser mi compañera de colectas. Las Amo! Espero ser su madrina de graduación mi futura abogada y administradora.

A mis abuelitos Papá Félix que sé que desde el cielo te alegras por mí, a mamá Lipa por todo el amor y apoyo incondicional.

A mis amigas, Angelita, Majo, Gabi, Ana, Sofi, Ilenia, Andrea Paz, Andrea Pérez, a todas ustedes, por ser parte importante en este camino, por el apoyo mutuo en esta formación profesional y que hasta ahora seguimos siendo amigas.

A mis amigos y personas que han estado en algún momento presente en este camino Leonardo, Mariale, Adan, Edin, Roselin Lucía, Almita y a todos mis compañeros y amigos de promoción del colegio.

A mis amigos y familia de corazón del Herbario USCG, por apoyarme en esta etapa de mi vida, Maura, Chayito, Chatia, George, Jessi.

A mi asesora Maura Quezada, por compartir tus conocimientos y tu pasión por el maravilloso mundo de los hongos, por todo el apoyo incondicional, por adoptarme tantas veces en tu casa y por apoyarme en esta idea loca que al fin se cumplió.

A mi amiga Momo, que aunque ya no este físicamente en este mundo, confió en mí, por las noches de desvelo para estudiar ecología, por tu gran pasión por esta carrera y por tu felicidad inmensa que nos trasmitías en las clases y laboratorios y por contar con nosotras como tus amigas para guardar tus secretos.

A tio Luis, por ser un pilar fundamental durante el primer año de la U, un abrazo al cielo.

Todos aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todo el pueblo de Guatemala por becar mi educación, y permitir mi formación académica en la Gloriosa Tricentenaria Universidad de San Carlos de Guatemala.

Al Herbario USCG por brindar el espacio y equipo necesario para llevar a cabo la investigación.

A los profesores de la Escuela de Biología por la formación académica recibida durante los cinco años de carrera.

A Rox y Maura por ser mis profesoras de hongos por enseñarme y compartir sus conocimientos del mágico y sorprendente mundo de los hongos.

A mi asesora Maura Quezada, por todos sus conocimientos y aportes para diseñar y llevar a cabo la investigación.

A mis revisores de tesis Mario Cifuentes y Rosalito Barrios por sus valiosos aportes a la presente investigación.

A mi tío Luis (QEPD) por brindarme todo su apoyo y cariño durante el primer año de la universidad.

A Don César Méndez propietario del Centro Ecológico La Cureña, por permitir realizar la investigación dentro de su finca y por todo el apoyo recibido durante las colectas de campo.

A mi hna. Emily por ser mi compañera durante las colectas de campo, por aguantar el calor, hambre, lluvia y por las madrugadas que me acompañaste.

A mi papa por estar pendiente de mí y acompañarme en las colectas de campo.

A mis amigos y familia, Francisco, Juli, Chatia, George, Alcázar, Thania y Jaqueline, por la ayuda brindada en alguna ocasión en las colectas y medición de parcelas.

A todos los que estuvieron presentes durante este camino, sin ustedes este logro nunca hubiesen sido posible, agradeciendo infinitamente todo su apoyo.

## ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
	<b>3.1. Bosques tropicales estacionalmente secos</b>	<b>4</b>
	<b>3.2 Bosques secos en Guatemala</b>	<b>5</b>
	<b>3.2.1 Ubicación</b>	<b>6</b>
	<b>3.2.2 Diversidad biológica de los bosques estacionalmente secos en Guatemala</b>	<b>8</b>
	<b>3.2.2.1 Vegetación de bosque seco en Guatemala</b>	<b>8</b>
	<b>3.2.2.2 Fauna del bosque seco</b>	<b>9</b>
	<b>3.3. Generalidades del Reino Fungi</b>	<b>10</b>
	<b>3.3.1 Diversidad</b>	<b>10</b>
	<b>3.3.2 Funciones</b>	<b>10</b>
	<b>3.4 Macrohongos</b>	<b>11</b>
	<b>3.4.1 Ascomycota</b>	<b>11</b>
	<b>3.4.2 Basidiomycota</b>	<b>12</b>
	<b>3.5 Hongos en ecosistemas de bosque seco</b>	<b>13</b>
	<b>3.6 Estudios de hongos en Guatemala</b>	<b>14</b>
<b>4.</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>16</b>
<b>5.</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>18</b>
	<b>5.1 General</b>	<b>18</b>
	<b>5.2 Específicos</b>	<b>18</b>
<b>6.</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>18</b>
<b>7.</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>19</b>
<b>8.</b>	<b>MÉTODOS</b>	<b>19</b>
	<b>8.1. Área de Estudio</b>	<b>19</b>
	<b>8.2 Ubicación de sitios de colecta</b>	<b>20</b>
	<b>8.3 Datos de estructura de la Vegetación y Variables climáticas (microclima)</b>	<b>23</b>
	<b>8.4 Diseño experimental</b>	<b>23</b>
	<b>8.5 Colecta de macrohongos</b>	<b>24</b>
	<b>8.6 Colecta de Vegetación</b>	<b>25</b>
	<b>8.7 Descripción microscópica y determinación de los hongos</b>	<b>25</b>
	<b>8.8 Determinación de las especies vegetales</b>	<b>25</b>

8.9	Ingreso Colecciones de Referencia	26
8.10	Análisis estadístico	26
9.	<b>RESULTADOS</b>	29
9.1	Diversidad de Macrohongos del bosque seco del Centro Ecológico la Cureña.	29
9.2	Riqueza de macrohongos	29
9.3	Riqueza de las especies de plantas del estrato arbóreo-arbustivo del bosque estacionalmente seco en la Finca Privada La Cureña, Sanarate, El Progreso.	32
9.4	Estructura de la vegetación promedio para cada sitio de muestreo del bosque estacionalmente seco del Centro Ecológico la Cureña.	32
9.5	Relación de los macrohongos con la estructura de la vegetación y microclima	33
	<b>DISCUSIÓN</b>	36
10.1	Diversidad de Macrohongos del bosque seco del Centro Ecológico la Cureña	36
10.2	Riqueza de morfoespecies de macrohongos Ascomycota y Basidiomycota del bosque estacionalmente seco de la Finca la Cureña	36
10.3	Riqueza de especies de plantas del estrato arbóreo-arbustivo del bosque estacionalmente seco finca la Cureña	37
10.4	Estructura y composición de la vegetación para cada sitio de muestreo del bosque estacionalmente seco del Centro Ecológico la Cureña	38
10.5	Relación de los macrohongos con la estructura de la vegetación y microclima	39
12.	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	44
13.	<b>ANEXOS</b>	54

## 1. RESUMEN

Los bosques secos son considerados ecosistemas importantes a nivel mundial dado su alto valor biológico y grado de endemismo. A pesar de ello, actualmente es uno de los más amenazados e inexplorados, en donde el grupo de hongos no son la excepción, cuya diversidad es desconocida para Guatemala. Este estudio presenta un análisis de la diversidad de macrohongos en el bosque seco ubicado en San Juan, Sanarate, en relación con variables de estructura y composición de la vegetación, así como variables microclimáticas (temperatura, humedad relativa y luz). Para lo cual se establecieron nueve sitios de colecta en donde se documentó la presencia de macrohongos durante la época de lluvias de 2017. Se recolectaron 642 ejemplares de macrohongos, 48 corresponden a Ascomycota y 594 a Basidiomycota, distribuidos en 193 morfoespecies. El número efectivo de especies para el bosque seco se estima en  $\gamma = 231.28$  con una alta diversidad  $\beta = 6.14$  y un aporte por sitio de  $\alpha = 37.63$ ; la cobertura de muestreo fue de 0.51. Agaricaceae presentó la mayor riqueza de morfoespecies (53), seguida de Marasmiaceae (29) y Polyporaceae (16) mostrando un patrón similar a lo citado en bosques secos de México y Colombia. En cuanto a vegetación se recolectaron 58 especies botánicas agrupadas en 26 familias y 45 géneros; siendo Leguminosae, Malvaceae y Burseraceae, las que presentaron la mayor riqueza. El alto recambio de especies de macrohongos es explicado principalmente por la de riqueza, composición y estructura (DAP) de la vegetación.



## 2. INTRODUCCIÓN

Los bosques secos son considerados ecosistemas importantes a nivel mundial dado el alto grado de endemismo debido al aislamiento geográfico que poseen, que da como resultado una diversidad única, la cual se limita y refleja una historia evolutiva confinada a este tipo de bosque (The Latin American Seasonally Dry Tropical Forest Floristic Network [DRYFLOR], et al., 2016). A pesar de su importancia, estos ecosistemas son considerados de los más vulnerables dado que se encuentran amenazados por el cambio de uso de suelo, pérdida de hábitat y cambio climático (Miles et al., 2006; Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa, 2009; CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC, 2011). En la mayoría de países latinoamericanos actualmente los bosques secos poseen menos del 10% de su cobertura original (DRYFLOR, et al., 2016). Para Guatemala actualmente se reporta un área de 4001km<sup>2</sup> de bosque seco, el cual ha perdido hasta un 75% de su cobertura original (CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC, 2011; Veliz-Pérez, 2008). Pese a su valor biológico e importancia, estos ecosistemas son los más vulnerables, amenazados y menos estudiados a nivel mundial, y en Guatemala no son la excepción (Blackie et al., 2014; DRYFLOR et al., 2016; Veliz-Pérez, 2008; Miles et al., 2006).

Los bosques secos se caracterizan por una estacionalidad muy marcada; seis meses o más de época seca, y el resto del año época lluviosa. Durante la época seca los árboles pierden el follaje, recuperándolo durante la época lluviosa; por tanto, la vegetación está adaptada a climas cálidos con lluvias escasas (DRYFLOR et al., 2016; CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC, 2011; Veliz-Pérez, 2008). Dentro de las familias más abundantes del bosque seco se encuentran las Leguminosas, Bignoniáceas, Rubiáceas, Sapindáceas y Moráceas, como las más frecuentes. Se caracteriza, también, por tener dispersión anemófila, hojas compuestas, pérdida temporal de las hojas (especies caducifolias) para reducir la pérdida de agua (Cortés-S, 2003). La pérdida de hojas favorece la acumulación de materia orgánica, la cual promueve que haya una alta oferta de material orgánico disponible para la colonización de organismos como los hongos, que son uno de los grupos encargados del reciclaje de nutrientes en los ecosistemas (García y Bolaños, 2010).

Se conoce que los hongos juegan un papel fundamental en todos los ecosistemas, se estima que el 80% de plantas vasculares están asociadas a hongos formando micorrizas, además contribuyen en la formación de suelos, reciclaje de nutrientes y son parásitos de insectos y plantas, entre otras funciones que ayudan a la dinámica y equilibrio de los ecosistemas (Alcántara, 2010; Pompa, Aguirre, Encaladas, De Amda, Cifuentes y Valenzuela, 2011). En los bosques secos los hongos limitan su actividad metabólica durante la época seca, inhibiéndose procesos ecológicos importantes como la descomposición y reciclaje de nutrientes (Powers et al., 2009; Schilling, Waring, Schilling & Powers, 2016). Estos procesos se reactivan en la época lluviosa, donde los macrohongos tienen su mayor actividad, siendo vitales en dichos procesos (Powers et al., 2009; Schilling et al., 2016).

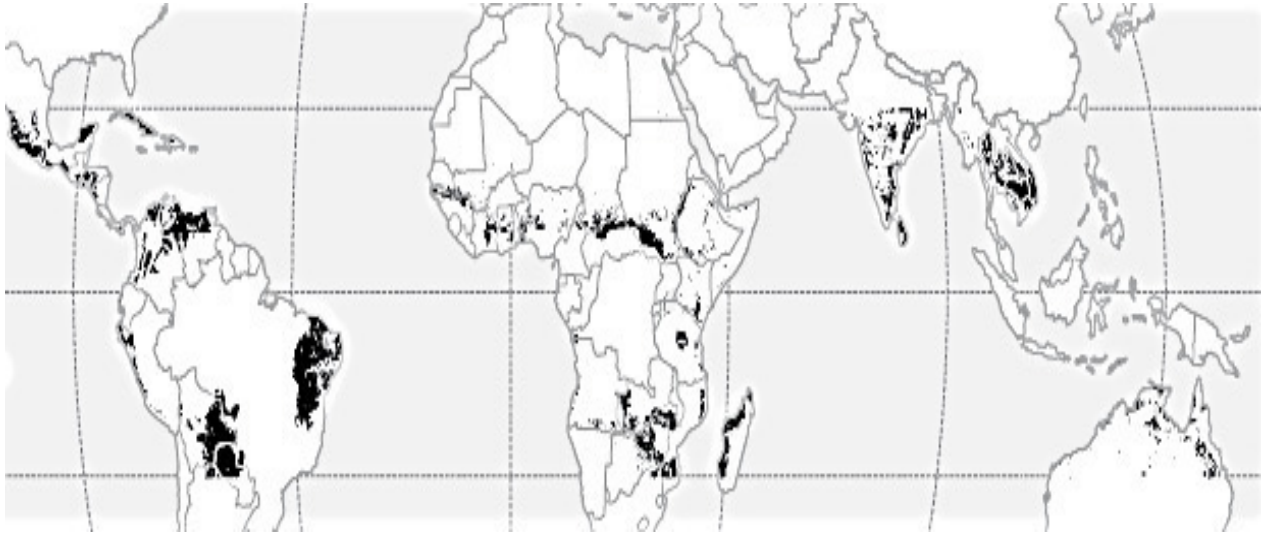
En Guatemala, los estudios de bosque seco se limitan a estudios de flora y fauna endémica, sin embargo, los hongos son de los organismos menos estudiados en todo el país y para este tipo de bosque en especial, han sido pobremente documentados (CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC, 2011; Hernández & Pérez, 2014). Hasta la fecha existe escasa información sobre la diversidad de macrohongos de bosques secos, es por ello la necesidad de realizar esfuerzos para documentar su diversidad y función en este tipo de bosque para el país. En el contexto anterior el presente estudio es de gran importancia ya que es el primer estudio de diversidad de macrohongos, así como la relación de los mismos con las especies arbóreas y microclima generado por variables de temperatura, humedad y densidad de luz, del bosque seco del Centro Ecológico la Cureña, San Juan, Sanarate. El cual contribuye con información base para futuros planes de manejo, conservación y restauración de un ecosistema altamente amenazado y de gran importancia nacional como los son los bosques secos.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1. Bosques tropicales estacionalmente secos

Los bosques tropicales estacionalmente secos son un tipo de ecosistema que se caracterizan principalmente por tener una estación de sequía o sin precipitación de cuatro hasta ocho meses durante el año (Hayden & Greene, 2009). Poseen una precipitación anual que oscila entre 500 a 1500 milímetros por año (Blackie et al., 2014). Una precipitación menor a 100 mm por mes (DRYFLOR et al., 2016). Una temperatura anual que oscila entre 17°C hasta 25°C (Alvarado-Solano y Otero-Ospina, 2015). Un rango altitudinal entre 0 a 1200 metros sobre el nivel del mar (Alvarado-Solano y Otero-Ospina, 2015). A la vez poseen una vegetación arbórea caducifolia resultado de la adaptación a la estación seca (Miles *et al.* 2006).

A nivel global se encuentran ubicados en los trópicos y subtropicos de América, Asia y África principalmente. Se estima aproximadamente 1, 048,700 km<sup>2</sup> de bosque seco tropical, donde la extensión más grande se encuentra en Suramérica, áreas sustanciales en la India y el sudeste de Asia, Australia, Caribe y Centroamérica, y dos cinturones paralelos en África (Miles et al., 2006; Hayden & Greene, 2009). Más de la mitad del área de este ecosistema se localiza principalmente en Suramérica con un 54.2%, y la mitad restante se encuentra dividida casi en partes iguales entre Norte y América Central con un 12,5%, África un 13,1% y Eurasia con 16,4%, con una proporción relativamente pequeña en Australasia y en la parte insular del Sudeste de Asia de 3,8% para cada uno (Ceccon, 2010; Miles et al., 2006) (Figura 1).



**Figura 1.** Distribución global para el año 2000 de los bosques estacionalmente secos según Miles, et al, 2006.

En América Latina el bosque seco neotropical es un bioma amplio y altamente fragmentado se encuentra desde México hasta Argentina y el Caribe (DRYFLOR, et al., 2016 Linares-Palomino, García-Naranjo, Cortez, De Rutte, Monzón-Ramos, y Pinedo-Alonso, 2012). Los bosques proporcionan una amplia gama de servicios ecosistémicos, desempeñando así un papel importante y complejo apoyando así a las poblaciones que de ellos se benefician (Blackie et al, 2014). A la vez es importante por la diversidad que alberga ya que es endémica, debido al aislamiento geográfico que poseen, dando como resultado una diversidad única, la cual se limita y refleja una historia evolutiva confinada a este tipo de bosque (DRYFLOR et al., 2016). A pesar de su importancia, los bosques secos son los más amenazados y menos estudiados del mundo, con menos del 10% de su extensión original en muchos países (DRYFLOR et al., 2016; Blackie et al, 2014).

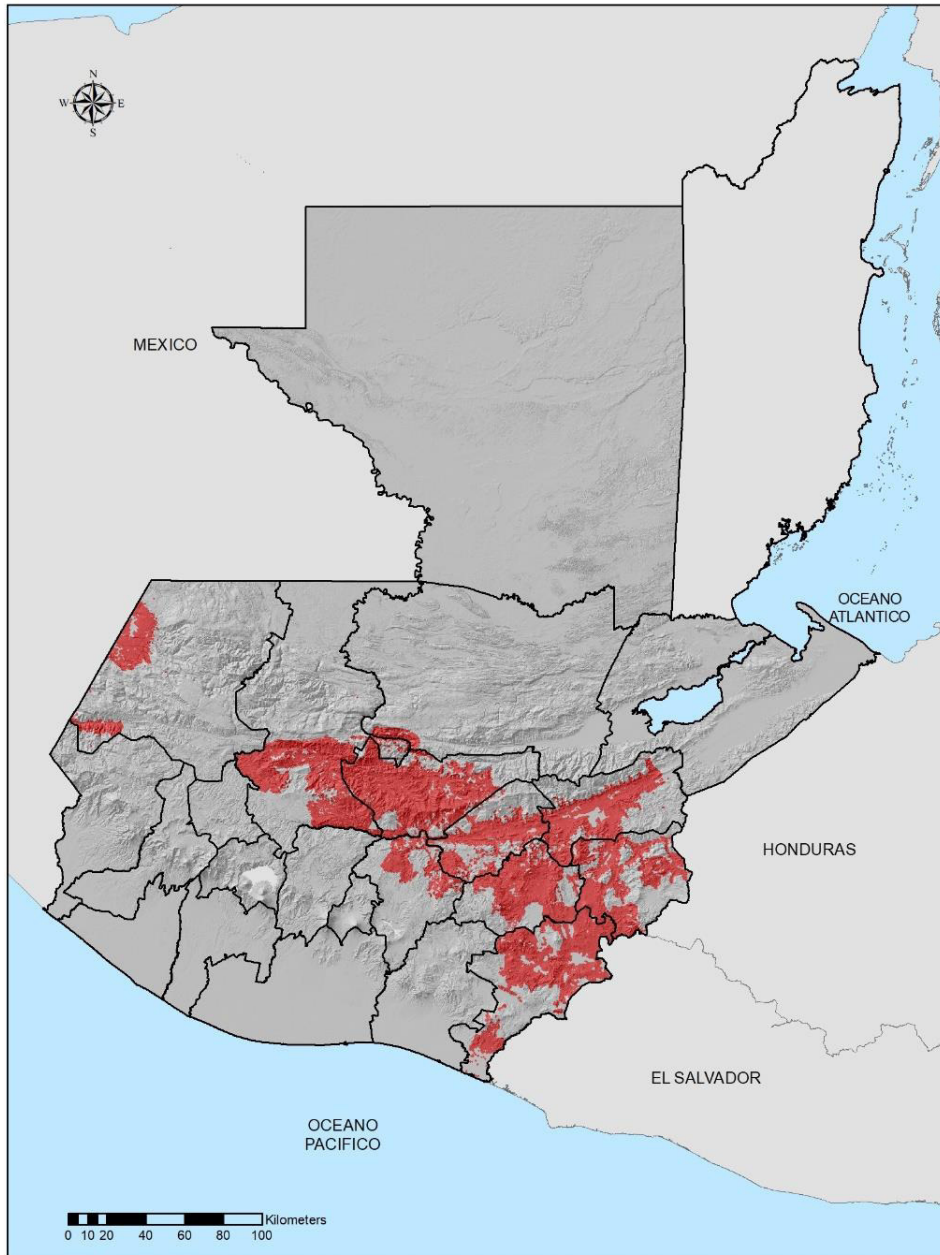
### **3.2 Bosques secos en Guatemala**

En Guatemala los bosques secos se caracterizan por ser regiones muy calurosas con poca lluvia. Poseen una época seca muy prolongada y una escasa época lluviosa de mayo a septiembre (Asociación Regional Campesina Ch'ortí' y The Nature Conservancy, 2009). La precipitación anual no supera los 1600 milímetros de lluvia, y presentan de 5 a 6 meses con una precipitación menor a 100 milímetros de lluvia (CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC,

2011). Humedad relativa promedio oscila entre 60 y 72% y una temperatura promedio de 22 a 28°C (Asociación Regional Campesina Ch'ortí' y The Nature Conservancy, 2009). La evapotranspiración potencial presenta valores entre 600 y 800 mm anuales, lo que explica el déficit de agua en la región (Asociación Regional Campesina Ch'ortí' y The Nature Conservancy, 2009).

### **3.2.1 Ubicación**

En la actualidad los bosques secos en Guatemala presentan una extensión de 4,000 km<sup>2</sup> lo que representa al 3.67 % de área del país (CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC, 2011). Se encuentran en los departamentos de Huehuetenango en los municipios de Nentón, Jacaltenango, Santa Ana Huista y Cuilco, en el valle del río Negro o Chixoy en los departamentos de Quiché, Baja Verapaz, y Alta Verapaz (CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC, 2011). A lo largo del Río Motagua en los departamentos de Guatemala, Chimaltenango, Zacapa y El Progreso (CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC, 2011). Otra parte de bosque seco se encuentra en Monjas y San Luis Jilotepeque en Jalapa, pasando por Jutiapa hasta llegar a la frontera con el Salvador (CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC, 2011) (Figura 2).



**Figura 2.** Ubicación de los bosques secos en Guatemala para el año 2011. Recuperado del Plan de Conservación de las Regiones secas de Guatemala; (Ariano et al., 2011).

### 3.2.2 Diversidad biológica de los bosques estacionalmente secos en Guatemala

#### 3.2.2.1 Vegetación de bosque seco en Guatemala

Los bosques secos se caracterizan por el tipo de vegetación caducifolio, resultado de la adaptación a la estacionalidad que los caracteriza, al inicio de la estación seca sus hojas se caen y brotan de nuevo al inicio de la estación lluviosa (Asociación Regional Campesina Ch'ortí' y The Nature Conservancy, 2009) el dosel es menor de 8m de porte, tiene alta fragmentación y relictos en el paisaje (Veliz-Pérez, 2008). Para Guatemala, los bosques secos poseen dos tipos de vegetación; las selvas bajas caducifolias y las selvas bajas caducifolias con xerófitos. Las selvas bajas caducifolias según Méndez y Véliz (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* (Fabaceae); *Byrsonima* (Malpighiaceae) *Lonchocarpus* y *Tephrosia* (Fabaceae) *Plumeria* y *Thevetia* (Apocynaceae) y *Ficus* (Moraceae). Méndez y Véliz (2008) reportan las siguientes cactáceas: *Acanthocereus chiapensis* Bravo, *Mammillaria albilanata* Backeb., *M. eichlamii* Quehl, *Myrtillocactus schenckii* (J.A. Purpus) Britton & Rose, *Nopalea dejecta* Salm-Dyck Salm-Dyck, *N. guatemalensis* Roze, *Opuntia decumbens* Salm-Dyck, *O. pubescens* H.L.Wendl. ex Pfeiff., *Pilosocereus leucocephalus* (Poselger) Byles & G.D. Rowley, *Stenocereus pruinosus* (Otto ex Pfeiff.) Buxb., *S. eichlamii* (Britton & Rose) Buxb. ex Bravo *Selenicereus grandiflorus* (L.) Britton & Rose .

Las selvas bajas con xerófitos 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 m s.n.m. La vegetación se encuentra dominada por 15 especies de cactáceas: *Acanthocereus tetragonus* (L.) Hummelinck, *Hylocereus guatemalensis* (Eichlam) Britton & Rose, *Mammillaria karwinskiana* subsp. *beiselii* (Diers) D.R. Hunt, *Myrtillocactus eichlamii* Britton & Rose, *Nopalea guatemalensis* Roze,, *Nopalea lutea* Roze, *Opuntia deamii* Roze, *O. decumbens*

Salm-Dyck, *O. pubescens* H.L.Wendl. ex Pfeiff., *Pereskia lychnidiflora* DC., *Melocactus curvispinus* Pfeiff., *Pachycereus lepidanthus* (Eichlam) Britton & Rose, *Peniocereus hirschtianus* (K.Schum.) D.R.Hunt, *Stenocereus pruinosus* (Otto ex Pfeiff.) Buxb. y *S. eichlamii* (Britton & Rose) Buxb. ex Bravo (Méndez y Véliz, 2008).

Para el municipio de Sanarate, Váldez-Porón (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 se fueron: Asteraceae, Bromeliaceae, 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. La vegetación arbórea de los bosques secos en el municipio de Sanarate según Váldez-Pérez (2012), consiste en 74 especies distribuidas en 40 familias; este estrato presenta una mayor floración y fructificación durante el mes de julio, con 23 especies en floración los cuales son caracteres importantes en la determinación. Algunas de las especies de árboles más comunes son: *Thevetia ovata* (Cav.) A.DC., *Notoptera scabridula* S.F.Blake, *Tournefortia bicolor* Sw., *Bursera schlechtendalii* Engl., *Pilosocereus leucocephalus* (Poselger) Byles & G.D. Rowley, *Haematoxylon brasiletto* H.Karst., *Licania arborea* Seem., *Bunchosia guatemalensis* Nied., *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth y *Psidium guajava* L. (Váldez-Póron, 2012).

### 3.2.2.2 Fauna del bosque seco

En cuanto a la biodiversidad faunística en los bosques secos se han realizado estudios de arácnidos e insectos, reportándose hasta la fecha siete especies de tarántulas correspondientes a cuatro géneros (Ortiz, 2008; Víquez y Armas, 2006). Asimismo, se han hecho estudios sobre nuevas especies de alacranes en el Valle del Motagua. Para insectos, se han reportado 15 órdenes y 146 familias de las cuales sobresalen mariposas *Aeria eurimedia* Cramer, *Baronia brevicornis* Salvin y *Kricogonia licyde* Godart, (Cano, 2004; Guevara, Marroquín, López y Bor 2002; Guevara, 2008; Marroquín, 2002). Dentro de los vertebrados reportados para el bosque seco, la herpetofauna se citan 23 especies de anfibios, entre las cuales resaltan las especies endémicas *Craugastor inachus* Campbell & Savage y *Oedipina taylori* Stuart . En caso de reptiles se han reportado 73 especies, de las cuales 57 especies están restringidas



para hábitats secos, donde destacan las especies endémicas: lagarto escorpión *Heloderma horridum charlesbogerti* Campbell y Vannini, el escorpión negro *Heloderma horridum alvarezii* Bogert & Martin del Campo, la iguana de tunos *Ctenosaura palearis* Stejneger (Acevedo, 2004, 2006, 2008; Ariano, 2007; Campbell y Vannini, 1989; Coti, 2008; Stuart, 1954). En cuanto a estudios ornitológicos se han encontrado 126 especies siendo el grupo más diverso de vertebrados en estos ecosistemas, entre las especies endémicas resalta el torobojo cabeza café *Momotus mexicanus* Swainson (Alvarado, 2005; Corado, 2004; Hall & Corado, 2009; Nájera, 2004; Neuweiler, 1999; Palma, 1999). En cuanto a mamíferos se han encontrado 45 especies entre coyotes, zorros, mapaches y murciélagos reportando 27 especies, resaltando el murciélago agavero *Leptonycteris curasoae* Miller, que se encuentra amenazado por la destrucción de este ecosistema (Cajas, 2008; Ortiz, 2008; Valle, 2004, 2008; Viquez y Armas, 2006).

### **3.3. Generalidades del Reino Fungi**

#### **3.3.1 Diversidad**

El reino Fungi es uno de los más diversos en la actualidad y aún es poco estudiado. Para los años 90' se estimaba 1.5 millones de especies de hongos, sin embargo, Blackwell (2011), en su estudio hace referencia a las recientes descripciones de nuevas especies donde expone que según esos nuevos descubrimientos se estiman para la actualidad 5.1 millones de especies de hongos, donde se han descrito 99,000 especies en total (Blackwell, 2011; Moore, Robson & Trinci, 2011). La relación de hongos y plantas se estima actualmente 10-6 hongos por 1 planta (Blackwell, 2011).

#### **3.3.2 Funciones**

- Dentro de las principales funciones de los hongos está la descomposición y reciclaje de materia orgánica como hojarasca o madera, y principales formadores de suelo dentro de los cuales se encuentran los hongos saprofitos (Blackwell, 2011).
- Muchas especies de hongos pueden formar micorrizas las cuales son asociaciones simbióticas con plantas, donde estas dependen de los hongos porque absorben agua, nitrógeno, fósforo y otros nutrientes del suelo y los transfieren a las raíces de las plantas (Blackwell, 2011). Actualmente se conoce que el 90% de familias de plantas

forman micorrizas, 80 % de las familias de plantas tienen micorrízicos arbusculares y 10% de familias de plantas forman ectomicorrícicos (Blackwell, 2011).

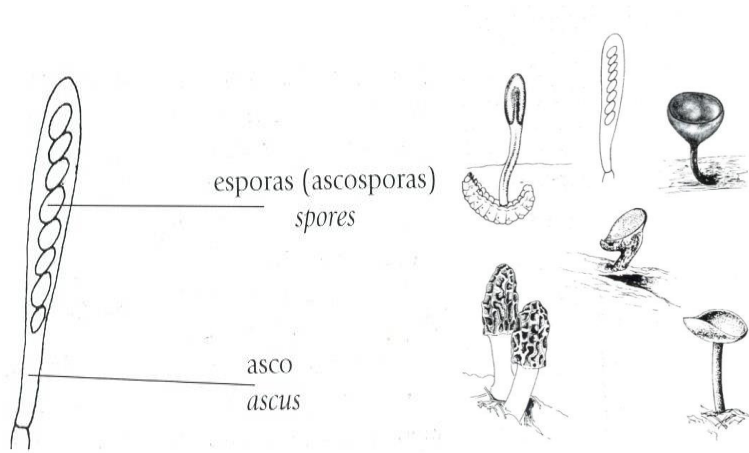
- Los hongos endófitos se encuentran entre las células, generalmente de las partes de la planta sobre el suelo, y representan una amplia gama de grupos taxonómicos los cuales le ayudan a las plantas a generar alcaloides como toxinas efectivas contra insectos, otros animales invertebrados y vertebrados (Blackwell, 2011).
- Parasitar es otra de las funciones que los hongos realizan, existen hongos parásitos de plantas, animales e insectos, los cuales ayudan al mantenimiento de interacciones importantes dentro de un ecosistema (Blackwell, 2011)

### **3.4 Macrohongos**

Los hongos artificialmente pueden clasificarse como hongos microscópicos o microhongos y hongos macroscópicos o macrohongos (Pompa et al., 2011). Los macrohongos es un término que agrupa hongos que forman cuerpos fructíferos macroscópicos (Pompa et al., 2011), los cuales están clasificados dentro de los phylum Ascomycota y Basidiomycota (Mata, 1999). Para macrohongos, la estimación mundial es de 50,000 especies y para Centroamérica se estima alrededor de 6,000 especies (Mueller, Bills, & Foster, 2004; Moore, Robson & Trinci, 2011), de las cuales para Guatemala solo se conoce alrededor de 367 especies. Reportándose 336 especies para Basidiomycota y 31 especies para Ascomycota (Flores Arzú, Comandini & Rinaldi, 2012; Morales, Cáceres, Guirriarán, Flores, R., y Bran, 2012). Esta diversidad se ha documentado principalmente en bosques de Pino-Encino, Bosques nubosos, Selvas Tropicales (Flores Arzú et al., 2012; López 2009; Ponce, 2012; Quezada, López, Morales, Ponce, Fuentes, y Molina, 2009; Quezada, 2005, 2014; Sunum, 2013).

#### **3.4.1 Ascomycota**

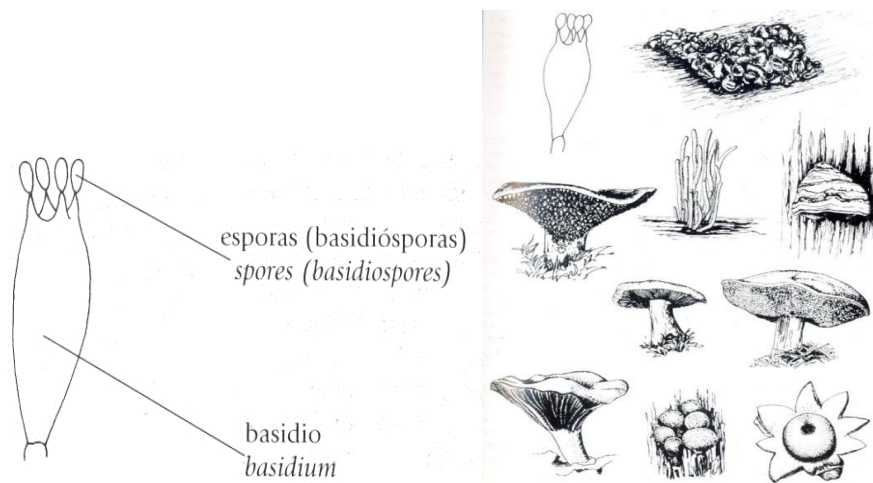
Este grupo de hongos, se distingue por tener estructuras reproductoras microscópicas en forma de sacos llamadas asci (Capello, 2006), donde se forman las ascosporas dentro de los esporocarpos. Los ascomicetos pueden tener forma de copa, lobulada, bolas, botón entre otras. (Capello, 2006; Figura 1)



**Figura 3.** Asca con esporas y formas de los cuerpos fructíferos de los Ascomicetos, Tomado de Mata, 1999.

### 3.4.2 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 (2009), 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).



**Figura 4.** Basidio con esporas y formas de los cuerpos fructíferos de Basidiomicetos. Tomado de Mata, 1999.

### 3.5 Hongos en ecosistemas de bosque seco

En los desiertos de Arabia, Qatar realizaron un estudio de la diversidad de macrohongos (Roda, 2010). Reportan 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 nivea*) (Roda, 2010). Mientras que, en África, los géneros más comunes de trufas son: *Terfezia*, *Delastreopsis*, *Balstonia*, *Delastra*, *Leucangium*, *Mattiolomyces*, *Phaeangium Picoa*, *Tirmania* y *Tuber*. (Roda, 2010).

Para América latina en bosques estacionalmente secos los estudios sobre la diversidad de hongos son escasos. Para Colombia, García y Bolaños (2010) para bosques estacionalmente secos del departamento del Valle del Cauca, encontraron que los grupos de hongos eran abundantes durante la época de lluvia, siendo el género *Amauroderma* (Aphylllophorales) el más abundante. Así mismo, se determinó que la composición vegetal y condiciones microclimáticas del bosque seco permitieron la presencia de macrohongos basidiomicetos, como troncos caídos y hojarasca, permitieron que se encontraran hongos del género *Marasmius* como el segundo género más abundante (García y Bolaños, 2010). Palacio y colaboradores muestran un patrón similar al encontrado por García y Bolaños (2010), en el bosque seco del Santuario de Vida Silvestre Los Besotes en Colombia con 47.6% perteneciente al orden Agaricales, lo cual puede ser resultado de que este orden conforma el clado más diverso de los hongos formadores de setas (Palacio, Gutiérrez, Franco-Molano y Callejas-Posada, 2014).

En México, también se cita un estudio Agaricomycetes descomponedores de madera de la planicie central del desierto Sonorense, donde determinaron 27 especies de Agaricomycetes. Con respecto a las familias reportadas, la Hymenochaetaceae fue la mejor representada con 11 géneros (40.7%), posiblemente debido a que sea la mejor adaptada a las condiciones de este ecosistema. 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 y colaboradores (2013).

### 3.6 Estudios de hongos en Guatemala

Los estudios sobre la diversidad de hongos en Guatemala han sido escasos, aún se tiene escasa información documentada. Quezada (2005), evidenció que para las selvas de Lachuá, la familia con mayor riqueza fue Tricholomataceae seguida de Entolomataceae, Lepiotaceae, Coprinaceae, Hygrophoraceae, Bolbitiaceae, Strophoriaceae, Pluteaceae, Cortinariaceae y Agaricaceae. Realizó un análisis de la distribución de macrohongos, relacionándolo con los paisajes antropogénicos de los alrededores del Parque Nacional Laguna Lachuá, donde se evidenció 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 (Quezada, 2005) y logró evidenciar que para la zona de influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá, 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* (Marasmiaceae; Agaricales) en ocho remanentes de bosque en la Ecorregión Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, en donde 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).

Quezada (2014) realizó un estudio del 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. A la vez evidenció que los sitios que presentaban mayor cobertura vegetal de selva presentaron mayor diversidad de hongos, siendo Marasmiaceae la familia más abundante. Los géneros *Marasmius* y *Polyporus* los más diversos para las áreas con mayor cobertura vegetal (Quezada, 2014).

Hernández y Pérez (2014) realizaron un estudio preliminar para documentar la diversidad de macrohongos del bosque seco en el municipio de Sanarate, El Progreso. Donde recolectaron 44 morfoespecies correspondientes Ascomycota y Basidiomycota, donde la familia

Agaricaceae fue la más abundante, seguida de la Hymenochaetaceae (Hymenochaetales) y Polyporaceae (Polyporales) (Hernández & Pérez, 2014).

Papa (2015) realizó un estudio sobre la diversidad de hongos ectomicorrícicos y su relación con la estructura y composición de la vegetación arbórea en el bosque nuboso del Biotopo del Quetzal (Papa, 2015). La mayor riqueza de hongos ectomicorrícicos fue encontrada en las familias Russulaceae, Cortinariaceae y Boletaceae, siendo estas representativas de bosques maduros. A la vez evidenció que la mayor productividad de basidiomas se observó en sitios con mayor frecuencia de árboles y en cuanto a la estructura de la vegetación, la variable de diámetro de la copa de los árboles, fue la variable con mayor influencia sobre la frecuencia de hongos encontrados (Papa, 2015).

Herrera (2017), realizó un estudio sobre el efecto de la temperatura y humedad en la fenología de fructificación de Agaricomycotina en el bosque nuboso, donde las familias más diversas fueron Russulaceae, Cortinariaceae, Marasmiaceae y Mycenaceae. A la vez encontró una fuerte relación entre la abundancia de basidiomas y la temperatura ( $r^2=0.55$ ,  $p=0.001$ ), sin embargo, no se evidenció una relación aparente con la humedad relativa ( $r^2= 0.10$ ,  $p=0.074$ ). Siendo la temperatura la variable climática que mayor efecto tiene en la fructificación de macrohongos (Herrera, 2017).

#### 4. JUSTIFICACIÓN

Guatemala, junto con 18 países a nivel mundial albergan el 70% de la diversidad biológica que existe en el planeta y de esa diversidad total nuestro país alberga 7-10% considerándose un país megadiverso (CONAP, 2012). Por lo tanto, la Política Nacional de Diversidad Biológica mediante la Estrategia Nacional de Diversidad Biológica permite conocer y proteger esta diversidad, promoviendo una gestión eficaz para la planificación y adaptación al cambio climático, reduciendo así la vulnerabilidad de nuestro país (CONAP, 2013). A pesar de su importancia en la gestión de la diversidad biológica, aún faltan esfuerzos para documentar su diversidad, existiendo grupos pobremente conocidos, como los hongos cuya riqueza es desconocida aún para el país. Este grupo pobremente explorado, los estudios se restringen a bosques de pino, encino y selvas del país faltando documentar la diversidad en otro tipo de ecosistemas (Herrera 2017; Papa, 2015; Quezada, 2014; Sunum, 2013). Dentro de los ecosistemas poco estudiados se encuentran los bosques secos, éstos son importantes porque se caracterizan como un sistema único dentro del territorio guatemalteco ya que poseen alto grado de endemismo debido al aislamiento geográfico, que da como resultado una diversidad única (DRYFLOR, et al., 2016). Sin embargo, corresponden a ecosistemas vulnerables, altamente amenazados por el cambio de uso de suelo y pérdida de hábitat (Véliz-Pérez et al., 2003). En Guatemala del 100% de área de bosque seco se ha perdido el 75% de su cobertura original, reportándose actualmente 4,001km<sup>2</sup> de bosque seco, (CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC, 2011; Véliz-Pérez, 2008).

Asimismo, los estudios de los macrohongos son fundamentales ya que es uno de los grupos menos estudiados y vitales en los procesos ecológicos, tales como; reciclaje, formación de suelo y un gran número de funciones ecológicas que mejoran la capacidad de recuperación de los ecosistemas (García, 2015; Papa, 2015; Sunum, 2013). Las malas prácticas derivadas de una incontrolada intervención humana en los ecosistemas están provocando una pérdida acelerada del hábitat afectando a la desaparición de muchas especies incluyéndose los hongos, alterando así a las comunidades fúngicas y los procesos ecológicos donde se involucran (García, 2015; Quezada, 2014), sin que muchos de estos hongos sean documentados. Es por ello, que el presente estudio constituye la línea base para el conocimiento de los macrohongos para las zonas de bosques seco lo cual contribuye al

fortalecimiento de la ecología, taxonomía y diversidad de macrohongos de Guatemala. A la vez incitar a la realización de futuras investigaciones que proporcionen nuevas alternativas y conocimientos de macrohongos de bosques secos y otras áreas que aún no han sido estudiadas en el país. Permitted generar información base para futuros planes de manejo, conservación y restauración de un ecosistema altamente amenazado y de gran importancia nacional como los son los bosques secos.

El presente estudio es trascendental debido a que documentó la diversidad de macrohongos y las relaciones con la estructura de la vegetación arbórea y microclima de la Finca Privada Centro Ecológico La Cureña, se caracteriza por presentar dentro municipio de Sanarate departamento del Progreso una alta cobertura de vegetación natural de bosque seco, siendo uno de los pocos lugares en esta región que se encuentra conservado.



## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 General**

Analizar la diversidad de macrohongos (Ascomycota y Basidiomycota) en el bosque seco en función de la estructura de la vegetación y las condiciones de temperatura, humedad y densidad de luz (microclima) existentes del Centro Ecológico “La Cureña”, Aldea San Juan Sanarate, El Progreso.

### **5.2 Específicos**

- Documentar la diversidad de macrohongos del bosque seco del Centro Ecológico “La Cureña”, Aldea San Juan, Sanarate, El Progreso.
- Determinar la composición y estructura de la vegetación del bosque seco del Centro Ecológico “La Cureña”, Aldea San Juan, Sanarate, El Progreso.
- Evaluar la relación entre la riqueza de macrohongos y la estructura de la vegetación del bosque seco del Centro Ecológico “La Cureña”, Aldea San Juan, Sanarate, El Progreso.
- Evaluar la relación entre la riqueza de macrohongos y condiciones microclimáticas (luz, temperatura y humedad relativa) en el bosque seco del Centro Ecológico “La Cureña”, Aldea San Juan, Sanarate, El Progreso.

## **6. HIPÓTESIS**

La diversidad de macrohongos se relaciona con la estructura y composición de la vegetación y el microclima (temperatura, humedad relativa, luz) en la Finca Centro ecológico la Cureña, Aldea San Juan, Sanarate, El Progreso.

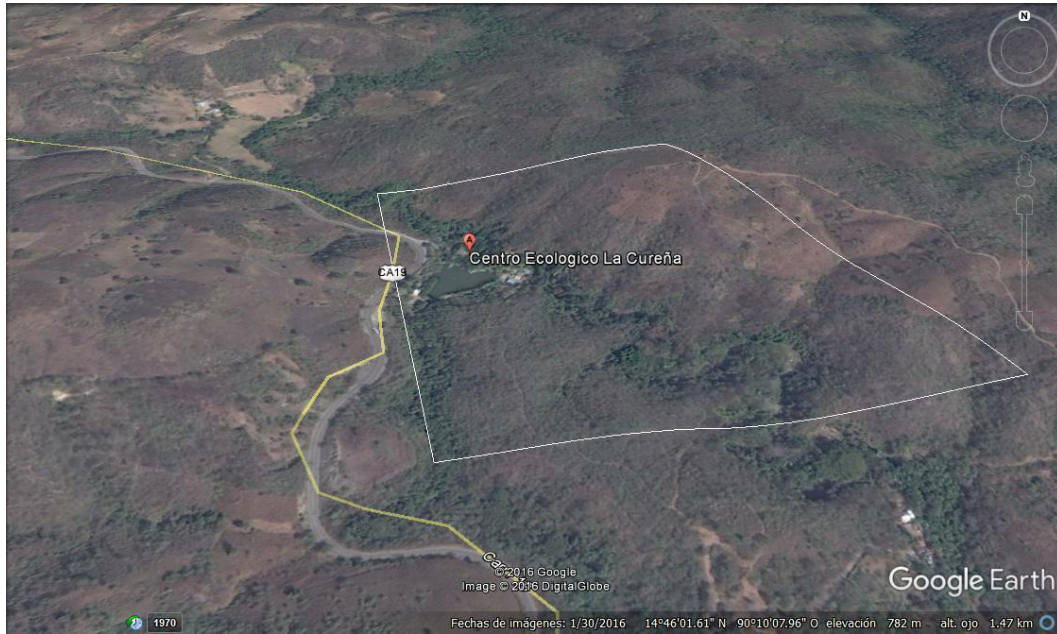
## 7. MATERIALES

- GPS
- Navaja
- Cinta de marcaje
- Cinta métrica
- Lápices
- Lapiceros
- Hojas
- Boletas de descripción
- Libreta de campo
- Papel encerado
- Guía de campo
- Lupa
- Secadora
- Cajas
- Cámara fotográfica
- Hobos- Dataloger
- Papel texcote
- Secadoras
- Papel libre de ácido
- GPS
- Tijeras para podar
- Bolsas
- Marcadores
- Machete
- Caja plástica
- Cámara fotográfica
- Microscopio
- Estereoscopio
- Porta-objetos
- Cubre-objetos
- Reactivo Melzer
- Reactivo Rojo congo
- Reactivo KOH
- Agua destilada
- Aceite de inmersión
- Computadora
- Impresora
- Hojas de papel bond
- Guías de identificación de hongos

## 8. MÉTODOS

### 8.1. Área de Estudio

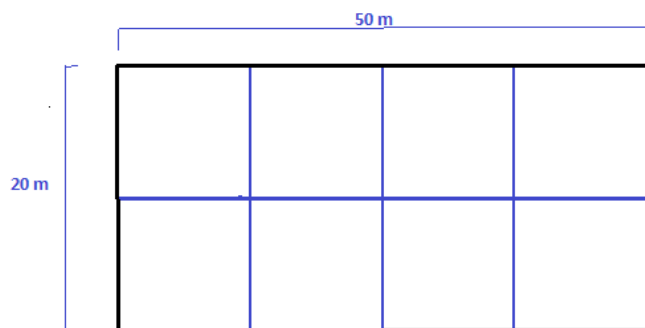
El Centro Ecológico “La Cureña” es una finca privada con tipo de vegetación de bosque tropical estacionalmente seco, ubicada en el kilómetro 59.2 de la carretera de Sanarate hacia Jalapa (CA19), pertenece a la aldea San Juan del municipio de Sanarate del departamento del Progreso. Se encuentra a una distancia aproximada de 8 kilómetros del centro de la cabecera municipal. La Finca se encuentra ubicada en las coordenadas 14° 46' 06.28" Norte, 90° 10' 10.68" Oeste, tiene una altitud que oscila entre los 750-850 msnm, está situada en la región Nor-oriente del país (Salguero y Dávila, 1988). El promedio anual de lluvias es de 827.6 milímetros con ligeras variantes y los promedios de temperatura que se han registrado son Máxima 28.7°, mínima 19.3° según datos registrados en la cabecera municipal, los meses de lluvia son de Mayo –octubre donde el clima se torna templado y de noviembre-abril con clima cálidos y con ausencias de lluvias (Azurdia, 2008) (Figura 5).



**Figura 5:** Centro Ecológico la Cureña, Ubicado en el kilómetro 59.2 de la Carretera que conduce de Sanarate hacia Jalapa (Google Earth, 2017).

## 8.2 Ubicación de sitios de colecta

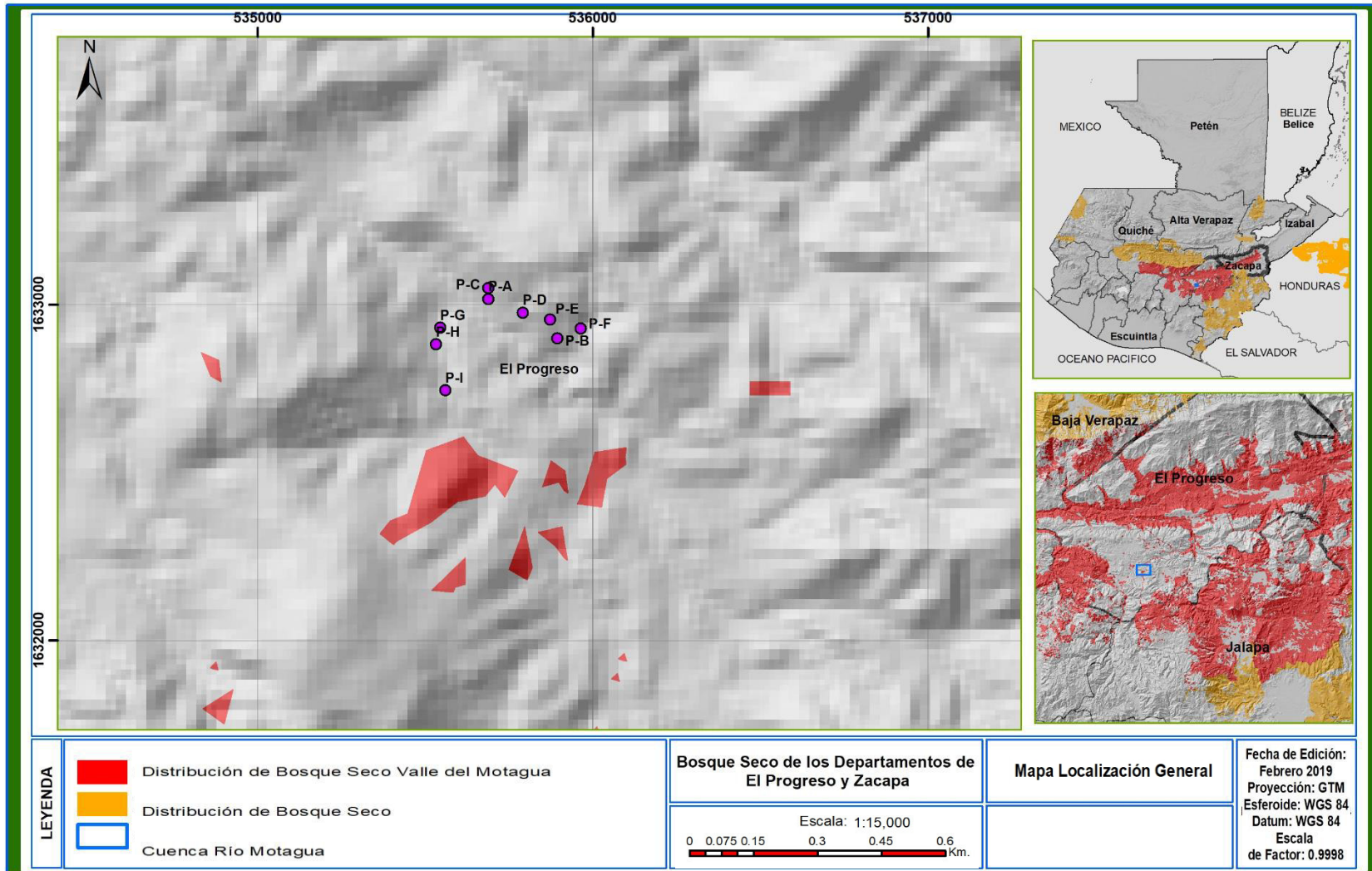
Se ubicaron nueve parcelas de vegetación de 20 x 50 m dentro del bosque del Centro Ecológico La Cureña (Figura 6, 7 y Cuadro 1). Esto se realizó tomando la recomendación sugerida por Mueller y colaboradores (2004), considerando un el área mínima de 1000 m<sup>2</sup> por localidad para estudios ecológicos de macrohongos. Asimismo, se consideró para el diseño experimental, lo propuesto por Graf y Sayagués (2000), quienes sugieren un número mayor a tres parcelas que cubran al menos 2% del área total del lugar. Cada parcela estuvo separada al menos una distancia mínima de 20 metros, esto para evitar autocorrelación espacial, según Lilleskov, Burns, Horton, Taylor & Grogan, (2004), quienes sugieren que las parcelas deben de estar separadas al menos 17 metros, para que puedan considerarse como muestra independiente. Además de estas consideraciones fueron ubicadas en lugares donde la pendiente permitiera el muestreo de los sitios. Los muestreos se realizaron cada tres días durante la época de lluvia (abril- agosto de 2017) (Figura 6, 7, cuadro 1).



**Figura 6.** Se muestra una representación gráfica de la parcela de muestreo para la colecta de macrohongos y la vegetación arbórea.

**Cuadro 1.** Georreferenciación de las nueve parcelas de colecta dentro de la Finca Privada “Centro Ecológico La Cureña”, seleccionados para la colecta de macrohongos y vegetación arbórea y cantidad de muestreos realizados en cada una

No.	Parcela	Código	Ubicación		Altitud	Número Muestreos
			Longitud °	Latitud °		
1	Parcela A	(P-A)	-90.16846	14.76798	799	26
2	Parcela B	(P-B)	-90.16655	14.76692	794	26
3	Parcela C	(P-C)	-90.16846	14.76828	808	26
4	Parcela D	(P-D)	-90.16775	14.76761	828	26
5	Parcela E	(P-E)	-90.16675	14.76743	820	26
6	Parcela F	(P-F)	-90.16559	14.76718	825	26
7	Parcela G	(P-G)	-90.16979	14.76721	780	27
8	Parcela H	(P-H)	-90.16991	14.76676	769	27
9	Parcela I	(P-I)	-90.16965	14.76552	800	27



**Figura 7.** Se muestra la ubicación de las parcelas dentro de la Finca privada Centro Ecológico la Cureña, donde se colectaron los macrohongos y la vegetación.

### 8.3 Datos de estructura de la Vegetación y Variables climáticas (microclima)

Para cada parcela fueron considerados datos de composición y estructura de la vegetación. Se tomaron datos de Altura de dosel, diámetro a la altura de pecho –DAP-, riqueza y abundancia de especies vegetales arbustos y árboles dentro de cada parcela. Asimismo, para cada parcela se colocó un registrador permanente de temperatura, humedad y densidad de luz Hobo-Data logger. El hobo estaba programado para registrar datos de las tres variables climáticas a cada hora, durante los 4 meses de muestreo. Luego se realizaron los promedios para cada variable climática y cada parcela para 3 días antes del muestreo y 5 días.

Luego al tener los datos de vegetación y las variables climáticas tabulados se sacaron los valores promedio de todas las variables de cada parcela para luego utilizarlos para realizar correlaciones con las especies de macrohongos, utilizando el comando envfit en el programa Vegan en R 3.5. 2..

### 8.4 Diseño experimental

#### a. Universo

1. **Población:** Macrohongos (Ascomycota y Basidiomycota) de los ecosistemas de bosque seco.
2. **Muestra:** Macrohongos (Ascomycota y Basidiomycota) del bosque seco del Centro Ecológico La Cureña, Sanarate, El Progreso.
3. **Unidad experimental:** parcelas de 20 x 50 metros, dentro del bosque seco del Centro Ecológico La Cureña, Sanarate, El Progreso, (9 parcelas en total). Siendo muestreado en total 9,000 metros cuadrados lo cual corresponde a más del 2% que es requerido como área mínima del área total del sitio de estudio (Graf y Sayagués, 2000).
4. **Temporalidad:** meses abril, mayo, junio, julio, agosto, del año 2017, debido que se trabajará con cuerpos fructíferos macrohongos, donde el fructificación de estos es en la época lluviosa, y para el bosque seco estos son los meses de época lluviosa (Braga-Neto, Costa, Magnusson, Zuquim, & Volkmer 2007).

5. **Análisis estadístico:** análisis descriptivos, cobertura de muestreo, análisis exploratorios de ordenación (NMDS), envfit (R Core Team, 2013), según los datos obtenidos en el campo
6. **Variable de respuesta:** morfoespecies de macrohongos (Ascomycota y Basidiomycota), medidas por los cuerpos fructíferos que se recolecten, se trabajó con los cuerpos fructíferos debido a que las claves de determinación están hechas con características de ascomas y basidios.
7. **Variables independientes:** Temperatura ( $T^{\circ}$ ), densidad de luz, humedad relativa (HR) y estructura de la vegetación arbórea (Riqueza, abundancia, diámetro a la altura de pecho DAP y altura) promedio.

### 8.5 Colecta de macrohongos

Las colectas de los macrohongos se realizaron dentro de cada una de las 9 parcelas de 20x50m. Las colectas se llevaron a cabo durante la época lluviosa del año 2017 (mayo – agosto), cada tres días. Se colectaron únicamente los cuerpos fructíferos epigeos que fueron observados. Los cuerpos fructíferos que correspondan a la misma morfoespecie y se encuentren en la misma parcela fueron considerados un mismo registro. Cuando se localizaron los hongos se siguieron los siguientes pasos para su colecta:

- a) Fotografíar el hongo en su hábitat original y se le asignó un número único de colecta y se anotó en la libreta de campo con anotaciones del lugar y características de los hongos.
- b) Luego se introduce un cuchillo unos cuantos centímetros por debajo de la base del hongo para removerlo sin dañar el estípite si este tuviera. Colectando como mínimo 3 cuerpos fructíferos por cada especie de hongo (Mata, 1999).
- c) Se colocan los hongos en cajas plásticas para su traslado del campo.
- d) Posteriormente el hongo fue descrito según sus características macroscópicas con una boleta de campo ya elaborada (basada en Largent, 1986; Mata, 1999, Mueller et al., 2004) (Anexo 1).
- e) Los hongos se sacuden y se les coloca un spray de alcohol etílico al 90% para eliminar fungívoros y se trasladan a una secadora.

- f) Seguidamente se trasladaron al Herbario USCG donde se realizará la correspondiente descripción microscópica.

### **8.6 Colecta de Vegetación**

Se realizaron colectas de la vegetación durante los meses de abril a septiembre 2017, se colectaron las plantas con flores o frutos que se encontraron en las parcelas de estudio, recolectando únicamente plantas arbóreas. Se tomaron datos de estructura, composición y abundancia de las especies arbóreas según la boleta para colecta de datos en parcelas de vegetación del Herbario USCG. Esta información fue relevante para establecer a qué árboles se pueden estar asociando los macrohongos. Las muestras de vegetación fueron georeferenciadas e identificadas con un número de colecta, fecha y una pequeña descripción. Luego fueron almacenadas dentro de hojas papel periódico y dentro de una bolsa con alcohol para su preservación.

### **8.7 Descripción microscópica y determinación de los hongos**

Para la identificación de los macrohongos, se realizaron cortes de las diversas estructuras que conforman lo conforman. Se observaron dichos cortes en el microscopio óptico (MO) y fueron montados con agua destilada y con los reactivos KOH al 5%, Melzer, azul de algodón y Rojo Congo. Estos colorantes permiten observar diferentes estructuras importantes para la determinación taxonómica. Las esporas son muy importantes para la determinación taxonómica, por lo que se debe describir su tamaño, color, forma, ornamentación, así como reacciones químicas con las sustancias mencionadas anteriormente. Posteriormente se utilizaron claves dicotómicas como de Largent (1986), y las guías de campo de Mata (1999) para determinar los ejemplares colectados. Los hongos colectados fueron identificados hasta la categoría donde fue posible su identificación.

### **8.8 Determinación de las especies vegetales**

La vegetación colectada en cada parcela, fue observada en un estereoscopio y utilizando las características específicas de los frutos, flores, hojas entre otras, fueron determinadas. Para su determinación se utilizó bibliografía especializada como la Flora de Guatemala, Flora de Costa Rica y la Flora Mesoamericana.



## 8.9 Ingreso Colecciones de Referencia

Después de ser descrito e identificados los especímenes fueron depositados en las colecciones de referencia de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Herbario USCG del Centro de Estudios Conservacionistas –CECON- y duplicados en el Herbario BIGU de la Escuela de Biología.

## 8.10 Análisis estadístico

El primer paso para el análisis de los datos luego de haber realizar una base de datos con las colectas, es el análisis descriptivo, por lo que se realizaron gráficos y cuadros los cuales permiten describir, comparar y relacionar los resultados obtenidos en el estudio.

Asimismo, también se obtuvieron los índices de cobertura de muestreo y los índices de diversidad (números efectivos) (Chao & Jost, 2012), los cuales nos permiten determinar el esfuerzo de muestreo durante el estudio. Para estimar el esfuerzo de muestreo se calculará la proporción de la cobertura muestreada total para lo cual se calculará la cobertura para cada parcela. La fórmula que se utilizará es:

$$\text{Cobertura} = \frac{1 - f_1}{n} \quad (\text{Chao \& Jost, 2012})$$

Donde:

- $f_1$  = número de especies que solo aparecen una sola vez
- $n$  = número total de especies colectadas

Para el análisis del cambio de composición espacial-temporal de las especies de macrohongos se realizarán análisis de agrupamiento jerárquico y de ordenación NMDS (escalamiento multidimensional no métrico). Este último corresponde a una técnica multivariante que trata de representar en un espacio geométrico de pocas dimensiones las proximidades existentes entre un conjunto de objetos, la estadística refleja que tan bien la configuración representa la distancia, es llamada “estrés”. Al tener un estrés pequeño se tendrá una mejor ordenación.

(Kindt & Coe, 2005). Se utilizó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) cuyo propósito es representar en un gráfico las proximidades entre un conjunto de datos como distancias en un espacio de un número reducido de dimensiones. La relación entre los objetos se describe según la proximidad observada entre los mismos (López-González & Hidalgo, 2010). El análisis de escalamiento multidimensional no métrico ha sido utilizado para representar gráficamente las relaciones en una comunidad (Clarke & Ainsworth, 1993). Por esto, dicho análisis será utilizado para observar en un gráfico la relación que puede existir entre las especies arbóreas y los macrohongos del bosque seco encontrados en los sitios de colecta. Si se observa alguna relación entre las especies arbóreas y los macrohongos en este análisis, se procederá a realizar un análisis de agrupamiento jerárquico.

El análisis de agrupamiento jerárquico o análisis de clúster se utiliza para agrupar objetos basándose en las características que poseen los mismos. En este análisis clasifica objetos, de tal forma que los objetos con gran similitud se encuentran en un mismo grupo. Cada uno de los grupos resultantes debe tener gran homogeneidad y debe existir gran heterogeneidad entre los grupos definidos (Pedroza y Dicoovsky, 2006).

Para relacionar la riqueza de macrohongos con las variables de estructura y composición de la vegetación (riqueza, abundancia y  $\bar{x}$ DAP y  $\bar{x}$ altura) y el microclima (variables ambientales de temperatura, humedad relativa y luz), se realizó un Envfit, ajusta vectores o factores ambientales en una ordenación. Las proyecciones de puntos sobre vectores tienen una correlación máxima con las variables ambientales correspondientes, y los factores muestran los promedios de los niveles de factores (Oksanen, 2017; Zelený, 2012; Zelený & Schafers, 2011). El largo del vector es proporcional a la correlación existente entre la variable y la frecuencia de los hongos. Las variables DAP, Altura, Rique= riqueza de la vegetación por sitio de colecta, Abunda= abundancia  $\bar{x}$  de las especies de vegetación por sitio de colecta. Las variables climáticas  $\bar{x}$ HR\_3= Promedio de la humedad relativa de tres días antes de cada fecha de colecta.  $\bar{x}$ T\_3= Promedio de la temperatura de tres días antes de cada fecha de colecta.  $\bar{x}$ Luz\_3= Promedio de la luz de tres días antes de cada fecha de colecta.  $\bar{x}$ HR\_5= Promedio de la humedad relativa de cinco días antes de cada fecha de colecta.  $\bar{x}$ T\_5=

Promedio de la temperatura de cinco días antes de cada fecha de colecta.  $\bar{x}Luz_5$ = Promedio de la luz de cinco días antes de cada fecha de colecta.

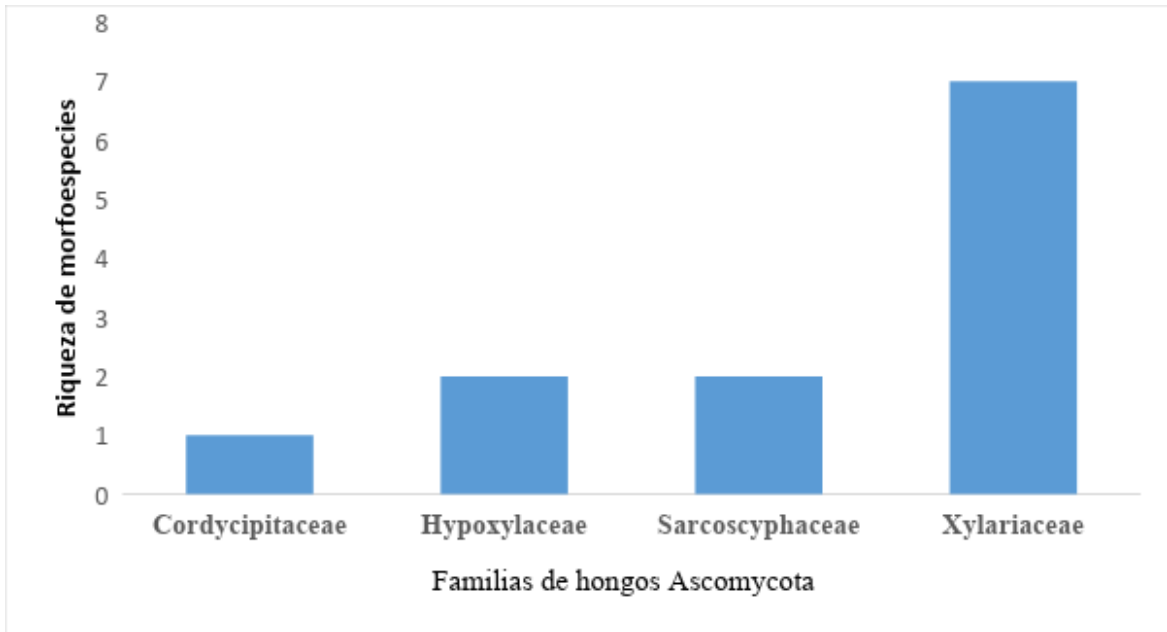
## 9. RESULTADOS

### 9.1 Diversidad de Macrohongos del bosque seco del Centro Ecológico la Cureña.

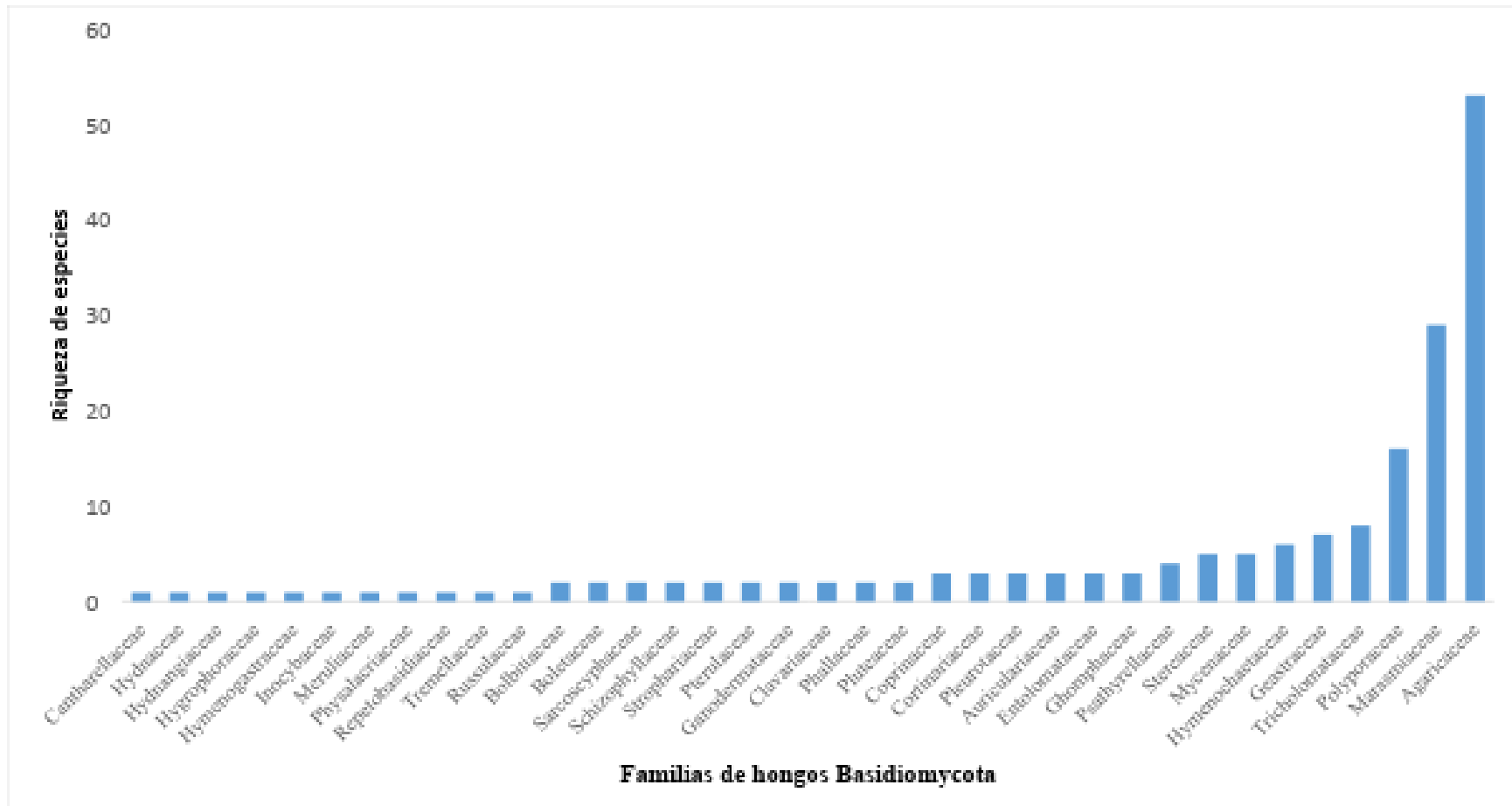
Durante el muestreo realizado en la época lluviosa del año 2017 en el centro ecológico la cureña, se registraron un total de 642 morfoespecies de macrohongos 48 correspondientes a Ascomycota y 594 correspondientes a Basidiomycota. Se realizaron estimaciones de la diversidad total estimada para el bosque seco  $\gamma=231.28$ , donde el número efectivo de especies para cada parcela de muestreo  $\alpha=37.63$ , una diversidad entre parcelas  $\beta=6.14$  y una cobertura de muestreo de 0.5104.

### 9.2 Riqueza de macrohongos

Para el filo Ascomycota se recolectó un total de 48 ejemplares correspondientes a doce especies, de las cuales cinco fueron identificadas *Xylaria longipes* Nitschke, *Xylaria polymorpha* (Pers.) Grev., *Xylaria hypoxylon* (L.) Grev., *Cordyceps melolonthae* (Tul. & C. Tul.) Sacc., *Daldinia concentrica* (Bolton) Ces. & De Not. La familia que presentó mayor riqueza fue Xylariaceae (7), seguida Hypoxylaceae (2) y Sarcoscyphaceae (2) y Cordycipitaceae (1) (Figura 8, Anexo 2). Para Basidiomycota se recolectó un total de 594 ejemplares de macrohongos, distribuidos en 36 Familias, 74 géneros y 181 morfoespecies. Las familias que presentaron mayor riqueza Agaricaceae (53), Marasmiaceae (29), Polyporaceae (16), seguido de las familias Tricholomataceae (8), Geastraceae (7) e Hymenochaetaceae (6), mientras que las familias con menor riqueza son Pluteaceae, Phallaceae, Clavariaceae, Pterulaceae, Strophariaceae, Schizophyllaceae, Sarcoscyphaceae Boletaceae, Tremellaceae, Russulaceae, Repetobasidiaceae, Physalacriaceae, Meruliaceae, Inocybaceae, Hymenogastraceae, Hygrophoraceae las cuales presenta una o dos morfoespecies (Figura 9, Anexo 3).



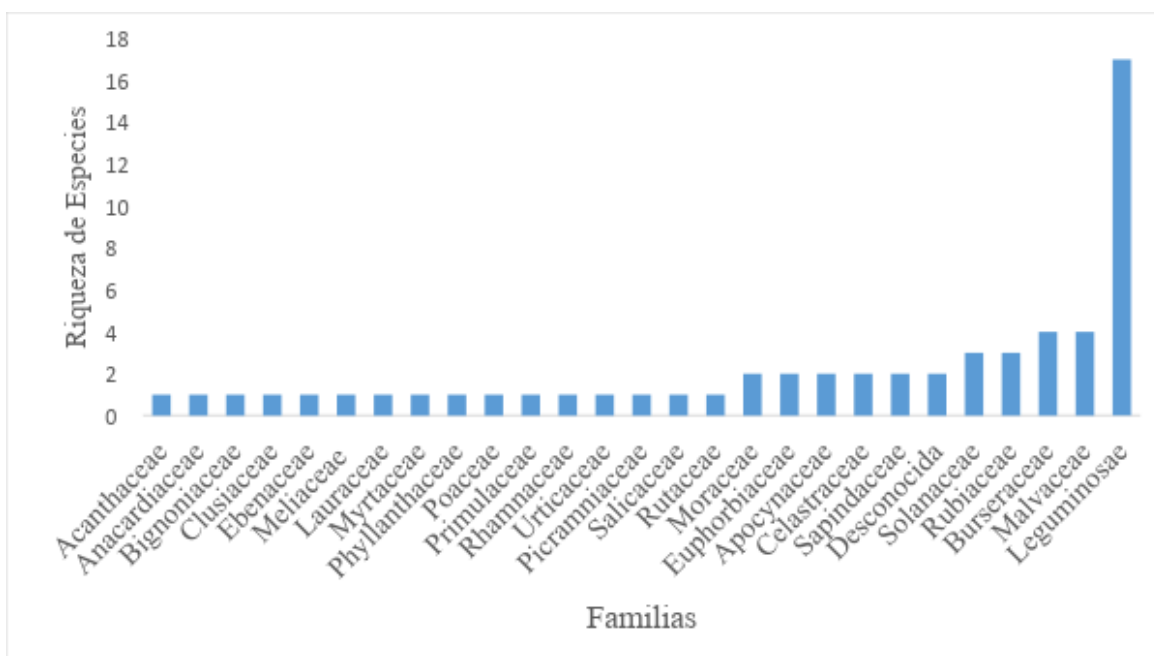
**Figura 8.** Riqueza de las familias de Ascomycota en nueve parcelas de colecta en bosque estacionalmente seco en la Finca Privada La Cureña, Sanarate El Progreso.



**Figura 9.** Riqueza de las familias de Basidiomycota en nueve parcelas de colecta en bosque estacionalmente seco en la Finca Privada La Cureña, Sanarate, El Progreso

### 9.3 Riqueza de las especies de plantas del estrato arbóreo-arbustivo del bosque estacionalmente seco en la Finca Privada La Cureña, Sanarate, El Progreso.

Se reportan 58 especies de plantas agrupadas en 26 familias, 45 géneros, la familia más representativa en el bosque seco es Leguminosae (17) mientras las otras familias poseen entre 1 -4 especies (Figura 10, Anexo 2). Las siguientes familias con mayor riqueza son Malvaceae, Burseraceae y Rubiaceae (Figura 10, Anexo 2).



**Figura 10.** Riqueza de las familias de plantas en nueve parcelas de colecta en bosque estacionalmente seco en la Finca Privada La Cureña, Sanarate El Progreso.

### 9.4 Estructura de la vegetación promedio para cada sitio de muestreo del bosque estacionalmente seco del Centro Ecológico la Cureña.

La composición y riqueza de plantas en las parcelas presenta una alta heterogeneidad, en donde la parcela A muestra una riqueza de 21 especies, seguida de parcela C con 19 y parcela B con 15 especies. En cuanto a la abundancia de especies para cada parcela la Parcela C muestra 115 árboles o arbustos, seguida de la parcela B (66) y Parcela A (62). El valor de diámetro a la altura de pecho promedio se obtuvo que las parcela I (26.641) y parcela H (21.133) muestran los valores más altos de DAP, seguidas de las parcelas A (20.938), B (18.841) y C (15.697). En cuanto a la altura promedio de la vegetación muestra el mismo

patrón que el DAP. Las parcelas I (12.783) y H (11.78) son las parcelas que presentan mayor altura, mientras que las parcelas C (10.379), A (9.672) y B (9.212) (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Se muestran los valores promedios de las de variables de estructura y composición medidas para la vegetación en cada sitio de muestreo en el bosque seco del Centro Ecológico la Cureña.

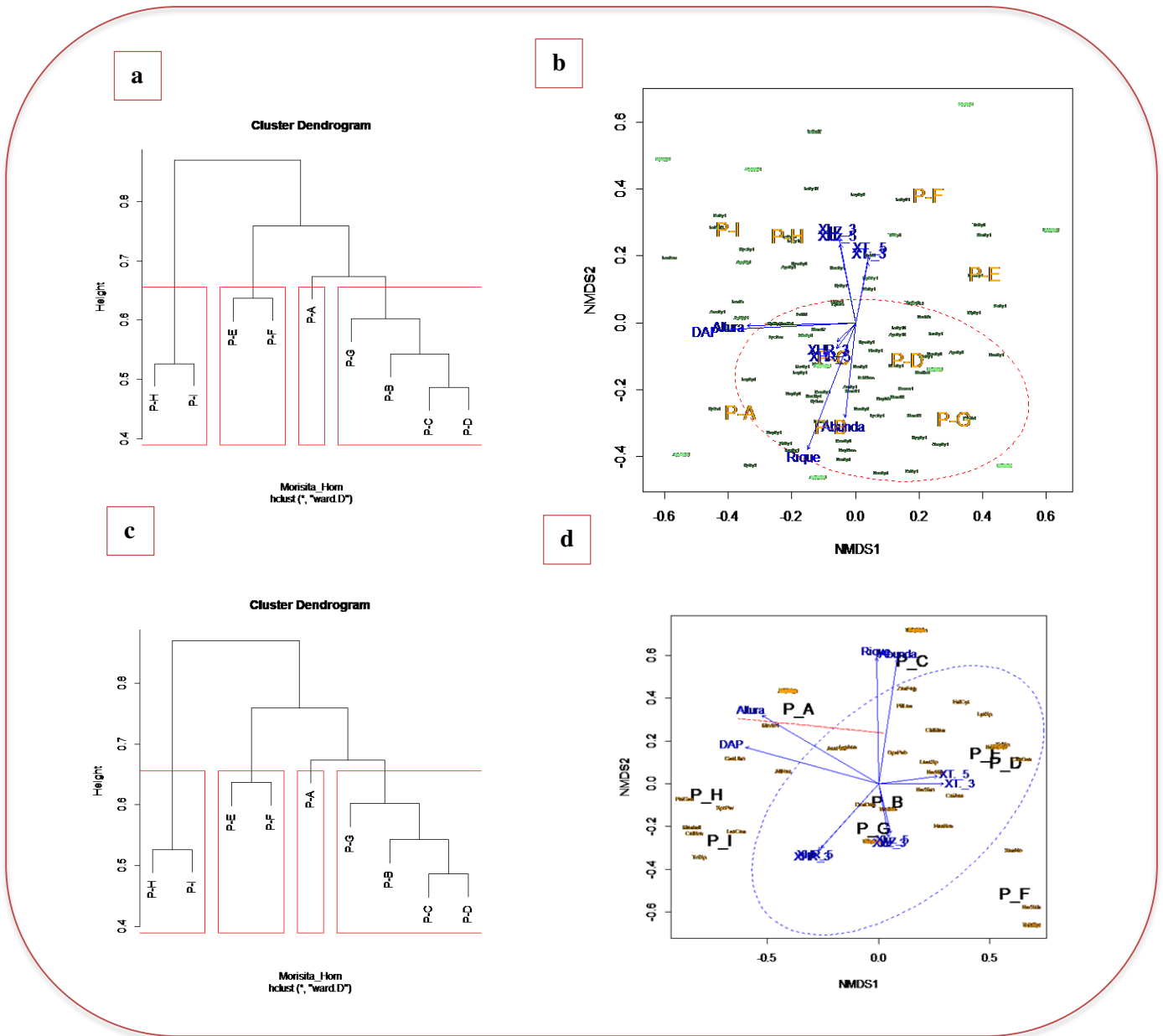
	<b>Riqueza</b>	<b>Abundancia</b>	<b><math>\bar{x}</math>DAP</b>	<b><math>\bar{x}</math>Altura</b>
<b>P-A</b>	21	62	20.938	9.672
<b>P-B</b>	15	66	18.841	9.212
<b>P-C</b>	19	115	15.697	10.379
<b>P-D</b>	12	54	14.764	8.935
<b>P-E</b>	11	44	14.82	8.955
<b>P-F</b>	7	31	8.184	5.194
<b>P-G</b>	11	46	14.572	9.109
<b>P-H</b>	9	40	21.133	11.78
<b>P-I</b>	8	23	26.641	12.783

### **9.5 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 macrohongos ( $stress= 0.133868$ ,  $R_{aj}=0.854$ ) con los datos de las variables de estructura y composición de la vegetación, así como las variable microclimáticas evidencia la formación de éstos grupos. El primer grupo compuesto por los sitios PH y PI. El segundo grupo se conforma por los sitios PE, PF. El tercer grupo formado por PA y el cuarto grupo está formado por los sitios PG, PB, PC y PD (Figura 11). Las variables que mayor incidencia presentan en la presencia de macrohongos son la riqueza y DAP promedio de especies de plantas, (Figura 11), teniendo menor incidencia las altura y abundancia promedio y los promedios de variables climáticas (Cuadro 3). Las especies de plantas al realizar el mismo análisis presentan un patrón similar al de los macrohongos (Figura 11, Cuadro 3). En el análisis de ordenación NMDS ( $stress= 0.07955661$ ) y agrupamiento para plantas se puede observar un grupo formado por los sitios PH y PI, otro por PE y PF, seguido de PA y por último el grupo formado por PG, PB, PC y PD. Las principales variables que condicionan este agrupamiento, son variables de composición (riqueza y abundancia) seguida de variables de estructura de la misma (altura promedio y DAP promedio, por último, las variables ambientales también tienen una incidencia menor (Figura 11, Cuadro 3). Por tanto, la



composición y estructura de la vegetación tienen una alta incidencia en la composición de macrohongos.



**Figura 11.** Características de las parcelas evaluadas respecto a las especies de macrohongos y las variables evaluadas, a.) Análisis de agrupamiento jerárquico de los sitios de colecta en base a las morfoespecies de macrohongos colectadas (Índice de Morisita Horn, método de distancia mínima de Ward) b.) Análisis de ordenación NMDS (stress 0.1333681, R<sub>aj</sub> = 0.854) de los sitios de colecta (parcelas) basado en la frecuencia relativa de las morfoespecies de macrohongos. Las variables de estructura de la vegetación y microclimas representadas de vectores azules c.) Parcelas agrupadas jerárquicamente de las especies de plantas d.) Análisis de ordenación NMDS (stress= 0.07955661) para las especies de plantas.

Los valores de las regresiones y correlaciones obtenidas a partir de los análisis de envfit de plantas y macrohongos se puede observar la incidencia de las variables en la diversidad de plantas y hongos. En cuanto a plantas, éstas se agrupan según la estructura y composición de las mismas; DAP ( $R^2 = 0.7840$ ), Altura ( $R^2 = 0.7632$ ), Riqueza ( $R^2 = 0.7042$ ) y Abundancia ( $R^2 = 0.6999$ ). Asimismo, la composición de hongos está fuertemente relacionada con la estructura DAP ( $R^2 = 0.6840$ ) y composición de las plantas (Riqueza ( $R^2 = 0.6384$ )) (Figura 11 y Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Se muestran los valores promedios de las variables de estructura y composición medidas para la vegetación en cada sitio de muestreo en el bosque seco del Centro Ecológico la Cureña.

Variables	r (plantas)	R <sup>2</sup> (plantas)	r (Hongos)	R <sup>2</sup> (Hongos)
Promedio temperatura 3 días ( $\bar{x}T_3$ )	0.579	0.1727	0.664	0.1321
Promedio Humedad relativa 3 días ( $\bar{x}HR_3$ )	0.318	0.3451	0.924	0.0254
Promedio Luz 3 días ( $\bar{x}luz_3$ )	0.675	0.1288	0.399	0.2609
Promedio temperatura 5 días ( $\bar{x}T_5$ )	0.653	0.1438	0.589	0.1598
Promedio Humedad relativa 5 días ( $\bar{x}HR_5$ )	0.357	0.3180	0.897	0.0358
Promedio Luz 5 días ( $\bar{x}Luz_5$ )	0.721	0.1141	0.495	0.2203
<b>Riqueza (Rique)</b>	<b>0.030</b>	<b>0.7042</b>	<b>0.048</b>	<b>0.6384</b>
<b>Abundancia (Abunda)</b>	<b>0.020</b>	<b>0.6999</b>	0.309	0.3150
$\bar{x}DAP$	<b>0.010</b>	<b>0.7840</b>	<b>0.027</b>	<b>0.6840</b>
$\bar{x}Altura$	<b>0.014</b>	<b>0.7632</b>	0.176	0.4434

## DISCUSIÓN

### **10.1 Diversidad de Macrohongos del bosque seco del Centro Ecológico la Cureña**

Se registraron un total de 642 distribuidos en 193 morfoespecies, 12 para Ascomycota y 181 morfoespecies para Basidiomycota (Figura 8 y 9). Se realizaron estimaciones de la diversidad donde diversidad  $\gamma= 231.28$ , número efectivo de especies es igual a  $\alpha=37.63$ , una diversidad  $\beta= 6.14$ . Al comparar la diversidad estimada ( $\gamma= 231.28$ ) con el total encontrado 193 morfoespecies, se obtuvo una alta diversidad la cual es sinónimo de un bosque saludable (Moreno, 1996). Esto se puede vincular con las funciones ecológicas de éste grupo reciclaje, formación de suelo y un gran número de funciones ecológicas que mejoran la capacidad de recuperación en los ecosistemas (García, 2015). En un gradiente de vegetación en Sonora, México, se reporta un total de 405 especímenes correspondientes a 74 taxones sólo para Gasteromicetes (Esqueda-Valle, Pérez-Silva, Herrera, Coronado-Andrade y Estrada-Torres, 2000). García y Bolaños (2010) para el Bosque seco del Valle de Cauca en Colombia reportan 199 especímenes.

El valor obtenido de la cobertura de muestreo propuesto por Chao y Jost (2012), de las 193 especies encontradas representa el 0.5104 de cobertura de muestreo, lo que evidencia un muestreo alto. Sin embargo, los valores que indican un buen muestreo son valores iguales o mayores a 0.75 (Chao & Jost, 2012). Lo que indica que solo se muestrearon el 0.5104 del total de especies de macrohongos que pueden existir en el bosque seco.

### **10.2 Riqueza de morfoespecies de macrohongos Ascomycota y Basidiomycota del bosque estacionalmente seco de la Finca la Cureña**

Para el filo Ascomycota la familia que presentó mayor riqueza fue de fue Xylariaceae, seguida Hypoxylaceae, Sarcoscyphaceae y Cordycipitaceae (Figura 8), donde se reportaron 12 morfoespecies. Para el filo Basidiomycota un total de 594 ejemplares de macrohongos, distribuidos en 36 Familias, 74 géneros, 181 morfoespecies. Las familias que presentaron mayor riqueza Agaricaceae, Marasmiaceae, Polyporaceae y Tricholomataceae (Figura 9) lo cual coincide con lo reportado en García y Bolaños (2010) y Palacio y colaboradores (2014)

para el bosque seco de Colombia, donde reportan a las familias Tricholomataceae seguida de Polyporaceae y Ganodermataceae como las familias con mayor riqueza. Asimismo, para México en ecosistemas secos como el desierto Sonorense reportan a la familia Agaricaceae, Hymenochaetaceae y Polyporaceae como una de las familias más diversas, coincidiendo con lo encontrado para bosque seco en el presente estudio, donde Agaricaceae y Polyporaceae se encuentran entre las tres familias con mayor riqueza de especie (Raymundo et al., 2013).

En Guatemala estas familias han sido reportadas como las familias que presentan mayor riqueza Hernández y Pérez (2014) reportaron en un estudio de bosque seco para 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 Cordicipitaceae como las familias con mayor riqueza coincidiendo con las familias con mayor riqueza en este estudio. 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).

### **10.3 Riqueza de especies de plantas del estrato arbóreo-arbustivo del bosque estacionalmente seco finca la Cureña**

En este estudio se registraron 58 especies siendo las familias con mayor riqueza Leguminosae, Malvaceae y Burseraceae, de los cuales el género *Bursera* es el que presenta mayor riqueza es género con 4 especies (Figura 10). Esto coincide con lo registrado por Váldez-Porón (2012), quien reportó que para el bosque tropical estacionalmente seco de la Finca San Miguel en Sanarate, El Progreso, para el estrato arbóreo la familia Leguminosae (Mimosaceae y Caesalpiaceae) fue la familia más diversa seguida de la familia Celastraceae. Para el estrato arbustivo las familias con mayor riqueza de especies fueron Rubiaceae, Malpighiaceae y Leguminosae (Mimosaceae) respectivamente. Esto coincide con lo encontrado en este estudio donde se reporta a Leguminosae y Rubiaceae entre las familias que presentan mayor riqueza. Asimismo, estudios de 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). La riqueza de familias del presente estudio, a su vez coincide con lo registrado por Álvarez y Secaira, 2017, en donde para los bosques estacionalmente secos del país reportan a las familias Leguminosae, Malvaceae, Anacardiaceae y Burseraceae como las familias con mayor diversidad de especies. Estas familias también se han caracterizado en los bosques tropicales estacionalmente secos en otros países, donde se citan a Boraginaceae, Legumisoae, 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.

#### **10.4 Estructura y composición de la vegetación para cada sitio de muestreo del bosque estacionalmente seco del Centro Ecológico la Cureña**

Las parcelas PH y PI las cuales forman un grupo presentan los valores de DAP y altura promedio más alto, esto es debido a que ambas parcelas presentan una abundancia mayor de árboles frutales como *Manguifera indica* L, la guayaba (*Psidium guajava* L), y el jocote (*Spondias purpurea* L) (cuadro 2). Los cuales crecen en área basal y altura mucho mayor al resto de especies características de bosque seco, y los valores de DAP y altura fueron menores en el resto de parcelas las cuales presentan mayor cantidad de especies originales de los bosques secos (Cuadro 2, Figura 11). Los valores obtenidos para el resto de parcelas en cuanto a DAP y altura, fueron menores coincidiendo con valores para otros 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 coincidiendo con el presente estudio (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. Es importante mencionar que el efecto contrario fue visto en los valores de las variables de composición, la riqueza y abundancia de especies por cada parcela, las parcelas con menor altura y DAP presentan una mayor abundancia y riqueza de especies, mientras que las parcelas H e I presentaron los valores más bajos debido a que presentan un mayor manejo y siembra de árboles frutales dentro de ellas (Figura 11, cuadro 2).

El grupo formado por las parcelas PF y PG se caracteriza por presentar las pendientes más pronunciadas y abundantes árboles de *Bursera Schlechtendalii* Engl. y árboles de brasil (*Haematoxylum brasiletto* Karst.) (Figura 11). La especie *Bursera Schlechtendalii* Engl., crece abundante en lugares con pendiente elevada, como acantilados rocosos de serpentina (Espinoza, Guadamuz, Perez, Chavarría, & Masís, 2000), encontrándose para el bosque seco de La Cureña en lugares con alta pendiente. La parcela A forma otro subgrupo que se separa del resto de parcelas, esto se debe porque este sitio fue utilizado para sembrar café, frijol y maíz y se dejó parte de la vegetación original para sombra (Figura 11). En cuanto al grupo formado por las parcelas PC, PG, PB, PE y PD, comparten especies de bosque seco natural en buen estado como: *Ceiba aesculifolia* (Kunth) Britten & Baker f., *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. (Conacaste), *Haematoxylum brasiletto* H.Karst (Palo de brasil), *Gliricidia sepium* (madre cacao), *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., *Cnidocolus multilobus* (Pax) I.M.Johnst. (chichicaste), *Leucaena* sp., *Lysiloma*, *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth, *Bursera schlechtendalii* Engl., *Luehea candida* (Moc. & Sessé ex DC.) Mart. Siendo las parcelas que presentan una mayor riqueza y abundancia de especies (Figura 11).

### **10.5 Relación de los macrohongos con la estructura de la vegetación y microclima**

La composición de macrohongos está determinada principalmente por la estructura de la vegetación (DAP promedio) y la riqueza de plantas (Figura 11, Cuadro 3). 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). El estudio de Gabel & Gabel (2007) estudiaron 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. Los sitios con mayor riqueza de macrohongos PA, PB, PC, PD, PE, PF, PG, también fueron influenciados por la abundancia ( $R^2=0.3151$ ,  $p= 0.336$ )

y la altura promedio de la vegetación ( $R^2=0.4434$ ,  $p= 0.165$ ) sin embargo la relación no fue significativa (Cuadro 4).

Es importante resaltar que dentro de este grupo se forma un pequeño grupo conformado por las parcelas PE y PF (Figura 11), estas parcelas tienen una menor riqueza de especies de macrohongos y tienen la particularidad que se caracterizan por presentar una pendiente elevada. Los lugares al presentar una fuerte pendiente, generan altas tasas de erosión y escorrentía, provocando que la materia orgánica producida por los árboles como la hojarasca se lave (Durán, Rodríguez, Cuadros y Francia, 2014). Esto reduce la disponibilidad de sustratos para la colonización de los macrohongos y con ello la disminución de la riqueza registrada en estos sitios. Mientras que los lugares con pendientes menos pronunciadas favorecen fundamentalmente, el incremento de las tasas de infiltración del agua de lluvia, y aumento de hojarasca y materia orgánica depositada en el suelo, generando más sustratos para los macrohongos (Durán, Rodríguez, Cuadros y Francia, 2014).

El otro grupo formado por la parcela PH y PI como se puede observar en la Figura 11, son los sitios que presentan una menor riqueza de macrohongos, esto se puede deber a que estos sitios presentan una menor riqueza de especies de vegetación, además son sitios con un grado mayor de perturbación que el resto de parcelas por estar cercanos a la carretera. Ambos sitios presentaron inundaciones durante la realización del estudio y además están contaminados con basura por su cercanía a la carretera CA-19 (carretera de Sanarate a Jalapa). Aunque no fue significativo las variables de luz (promedio de 3 y 5 días) están relacionadas con la riqueza en dichas parcelas ( $R^2=0.2609$ ,  $p= 0.386$ ;  $R^2=0.2203$ ,  $p= 0.469$ ), 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 11, Cuadro 3).

Las especies arbóreas reportadas (58) y de macrohongos (193) encontradas, evidencian 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).

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 11, Cuadro 3).



## 10. CONCLUSIONES

- Se recolectaron un total de 642 ejemplares de macrohongos, 48 corresponden al filo Ascomycota y 594 a Basidiomycota, distribuidos en 193 morfoespecies. Distribuidos en 12 morfoespecies de Ascomycota y para Basidiomycota distribuidos en 36 familias, 74 géneros y 181 morfoespecies.
- Xylariaceae es la familia de Ascomycota fue la que presentó una mayor riqueza, mientras que las familias Agaricaceae Marasmiaceae y Polyporaceae fueron las más diversas para Basidiomycota.
- De las 58 especies de plantas (árboles y arbustos) agrupadas en 26 familias, 45 géneros. Las familias que presentaron mayor riqueza son Leguminosae (17), Malvaceae (4) y Burseraceae (4).
- Las variables de estructura, DAP ( $R^2= 0.6840$ ,  $p=0.036$ ) y de composición, Riqueza ( $R^2=0.6384$ ,  $p= 0.048$ ) de la vegetación están significativamente relacionadas con la riqueza de macrohongos en el bosque seco del Centro Ecológico la Cureña.
- Los sitios que presentan una menor riqueza de macrohongos, son los sitios que presentan una menor riqueza de especies de vegetación (PH y PI), lo que concuerda con Gabel & Gabel (2007) que la riqueza de macrohongos está asociada a la riqueza de especies vegetales. Esta disminución obedece a una mayor perturbación antrópica.
- El microclima no tiene influencia directa significativa en la riqueza de macrohongos del bosque seco ya que está regulado por la vegetación del lugar.
- Se estima una diversidad  $\gamma= 231.28$ , con un alto recambio de especies  $\beta= 6.14$  y un aporte por sitio de colecta de  $\alpha=37.63$ ; la cobertura de muestreo es de 0.5104, y se encontró una alta diversidad de macrohongos (193) indicando un buen estado de bosque natural maduro, principalmente para las parcelas C, G, B, E y D.

## 11. RECOMENDACIONES

- Los macrohongos deben tomarse en cuenta en estudios de monitoreo y calidad de hábitat, ya que sólo al medir abundancia de hongos sin saber la identidad de ellos, evidencia el grado de perturbación de los ecosistemas.
- Realizar el estudio tomando en cuenta los grupos funcionales es importante, ya que la presencia y proporción de hongos micorrícicos, saprofitos y parásitos, son utilizados como bioindicadores de un bosque saludable (Moreno, 1996).
- Implementar otras variables como la topografía, exposición solar, profundidad de hojarasca, variables de suelo podrían explicar mejor la presencia de macrohongos en el bosque seco.
- Aumentar el esfuerzo de muestreo para tener una mejor representación de la diversidad de macrohongos del bosque seco es fundamental, aumentando el número de parcelas o cambiando la metodología a parcelas circulares, las cuales son más fáciles de muestrear y se pueden realizar
- Fortalecer el conocimiento taxonómico y ecológico de macrohongos de bosque seco, ya que estudios sobre este tipo de hábitats son escasos aún se desconoce su biodiversidad.
- Incentivar la investigación micológica del país, ya que los hongos son grupos estructurales e importantes dentro de un ecosistema y son de los menos estudiados y explorados en el país.

## 12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, M. (2004). Herpetofauna de la región semiárida del Valle del Motagua. En Nájera, A. (Ed.). *I Seminario de investigación para la conservación de la región semiárida del Valle del Motagua, libro de resúmenes* (pp. 23-24). Guatemala: Fundación Defensores de la Naturaleza/The Nature Conservancy.
- Acevedo, M. (2006). Anfibios y reptiles de Guatemala: Una breve síntesis con bibliografía. En Cano, E. (Ed.). *Biodiversidad de Guatemala*. (Vol. I, pp. 487-524). Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- Acevedo, M. (2008). Herpetofauna de los bosques secos de Guatemala y la región semiárida del Valle del Motagua. Negreros, P. (Ed.). *II Seminario de investigación para la conservación y desarrollo sostenible de los bosques secos de Guatemala, con énfasis en la región semiárida del Valle de Motagua; libro de resúmenes* (pp. 29). Guatemala: Fundación Defensores de la Naturaleza/The Nature Conservancy.
- Alcántara, M. (2010). La importancia de los Hongos. *Revista El Ecologista*. 66. Recuperado de <http://www.ecologistasenaccion.org/article19972.html>
- Alvarado, K. (2005). *Manual interactivo, autodidacta y de autoevaluación de capacitación a guías en observación de aves* (Tesis de licenciatura). Universidad del Valle de Guatemala, Departamento de Ecoturismo, Guatemala.
- Alvarado-Solano, D.P. & Otero-Ospina, J.T. (2015). Distribución Espacial del Bosque Seco Tropical en el Valle del Cauca, Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 20, (3), 141-153. Doi: 10.15446/abc.v20n3.46703
- 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.
- Ariano, D. (2007). *Distribución potencial, ámbitos de hogar y patrones de comportamiento del lagarto Escorpión, Heloderma horridum charlesbogerti (Sauria: Helodermatidae) con notas sobre el primer reporte de caso de envenenamiento por esta especie en Guatemala*. (Tesis de Maestría). Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

- Asociación Regional Campesina Ch'ortí', y The Nature Conservancy (2009). Conservación de los bosques secos de Zacapa y Chiquimula. Guatemala: ASORECH-The Nature Conservancy.
- Azurdia, L. (2008). *Diseño De Revista Y Promoción De Eventos De La Municipalidad De Sanarate El Progreso, Guastatoya*. (Tesis Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura, Guatemala.
- Blackie, R., Baldauf, C., Gautier, D., Gumbo, D., Kassa, H., Parthasarathy, N., ... Sunderland, T., (2014). Tropical dry forests the state of global knowledge and recommendations for future research. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research -CIFOR-.
- Blackwell, M. (2011). The fungi: 1, 2, 3 ... 5.1 million species? *American Journal of Botany*, 98(3), 426–438. doi.10.3732/ajb.1000298
- Braga-Neto, R., Costa, R. C., Magnusson, W., Zuquim, G., Volkmer, C. (2007). Leaf litter fungi in a Central Amazonian forest: the influence of rainfall, soil and topography on the distribution of fruiting bodies. *Biodiversity and Conservation*, 17, 2701-2712. doi: 10.1007/s10531-007-9247-6
- Cajas, J. (2008). Análisis biogeográfico de los ensamblajes de quirópteros en cuatro bosques secos de Guatemala. En: Negreros, P. (Ed). *II Seminario de investigaciones para la conservación y desarrollo sostenible de los bosques secos de Guatemala, con énfasis en la región semiárida del Valle del Motagua: Libro de resúmenes* (pp. 32-33). Guatemala: Fundación Defensores de la Naturaleza/The Nature Conservancy.
- Campbell, J. & Vannini, J. (1989). Distribution of amphibians and reptiles in Guatemala and Belize. *Proceedings of the Western Foundation of Vertebrate Zoology*, 4(1), 1-21.
- Cano, E. (2004). Biodiversidad, endemismo y biogeografía de la entomofauna de los bosques secos de Guatemala. En Najera, A. (ed). *I Seminario de investigaciones para la conservación de la región semiárida del Valle del Motagua: Libro de resúmenes* (pp. 21-22). Guatemala: Fundación Defensores de la Naturaleza/The Nature Conservancy
- Capello, S. (2006). *Hongos del Yumka, guía ilustrada*. México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Carranza-V, J., DiStéfano-G, J.F., Walter-Marín, M., y 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
- Ceccon, E. (2009). Los bosques tropicales estacionalmente secos: ¿Una prueba ácida para la restauración? *Memorias en extenso del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración*. Universidad de Colombia.
- Chao, A. & Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93(12), 2533-2537.
- Clarke, K., & Ainsworth, M. (2010). A method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Marine Ecology Progress Series*, 92, 205-219.
- Cotí, P. (2008). *Ecología y aprovechamiento de la iguana de órgano, Ctenosaura palearis, en el bosque seco del Valle del Motagua* (Tesis de licenciatura). Universidad del Valle de Guatemala, Departamento de Biología, Guatemala.
- Consejo Nacional de Areas Protegidas, ZOOTROPIC, Centro de Estudios Conservacionistas y The Nature Conservancy. (2011). Plan de Conservación de las Regiones Secas de Guatemala. En Ariano, D., & E. Secaria (Eds.).(Documento técnico No. 99). Guatemala: Autor.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2012). Estrategia Nacional de Diversidad Biológica y plan de acción 2012-2022. Guatemala: Autor.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2013). Política Nacional de Diversidad Biológica (Acuerdo Gubernativo 220 -2011) Estrategia Nacional de Diversidad Biológica y su Plan de Acción (Resolución 01-16-2012) La Década de la Vida y el Desarrollo. Guatemala: Autor.
- Corado, R. (2004). Monitoreo de aves en la región semiárida del Valle del Motagua. En Nájera, A. (Ed.). *I Seminario de investigaciones para la conservación de la región semiárida del Valle del Motagua: Libro de resúmenes* (pp. 35). Guatemala: Fundación Defensores de la Naturaleza/The Nature Conservancy.
- Cortés-S., S., (2003). Estructura de la vegetación arbórea y arbustiva en el costado oriental de la serranía de chía (cundinamarca, colombia). *Caldasia*, 25(1), 119-137.

- 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
- Durán, V.H., Rodríguez, C.R., Cuadros, S. y Francia, J. R. (2014). Impacto de la erosión y escorrentía en laderas de agroecosistemas de montaña mediterránea. *Ecosistemas*, 23 (1), 66-72.
- Espinoza, R., Guadamuz, A., Perez, D., Chavarría, F. & Masís, A. (2000). Species Page de *Bursera schlechtendalii* (Burseraceae), Area de Conservación Guanacaste, Costa Rica. Recuperado el 12 de septiembre de 2018 de <http://www.acguanacaste.ac.cr>
- Esqueda-Valle, M., Pérez-Silva, E., Herrera, T., Coronado-Andrade, M., y Estrada-Torres, A. (2000). Composición de Gasteromicetes en un gradiente de vegetación de Sonora, México. *Serie Botánica*, 71(2), 39-62.
- 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 traditional 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.
- García, A., y 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/>
- 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.
- 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

- Guevara, F. (2008). Insectos de la región semiárida, de los bosques secos y espinosos del Motagua. En Negrerros, P. (Ed.). *II Seminario de investigaciones para la conservación y desarrollo sostenible de los bosques secos de Guatemala, con énfasis en la región semiárida del Valle del Motagua: Libro de resúmenes* (pp. 28) Guatemala: Fundación Defensores de la Naturaleza/*The Nature Conservancy*.
- Guevara, F., R. Marroquín, A. López y S. Bor. (2002). Primer inventario de la biodiversidad entomológica relacionado a las asociaciones vegetales en la región semiárida del nororiente de Guatemala. *Simposio técnico de proyectos de investigación DIGI-USAC, 1*, 39-42.
- Graf, E. y Sayagues, L. (2000). Muestreo de vegetación. Unidad de sistemas ambientales. Facultad de Agronomía. Universidad de la República.
- Hall, L. & R. Corado. (2009). *Final report on oology of Guatemala. Western Foundation of Vertebrate Zoology*.
- Hayden, B., & Greene, D. (2009). Tropical dry forest structure, distribution and dynamics. *Tropical biology and conservation management, 5*.
- Hernández, B., y 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 Salóbrega, Sanarate, El Progreso (Documento inédito). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Herrera, J. (2017). Efecto de la humedad y temperatura sobre los patrones fenológicos de los hongos Agaricomycotina en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal, Purulhá, Baja Verapaz. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Biología. Guatemala.
- Kindt, R. & Coe, R. (2011). Connected fragmented habitats facilitate stable coexistence dynamics. *Ecological Modelling, 222* (3), 447-455. Doi 10.1016/j.ecolmodel.2010.11.002
- Largent, D. (1986). *How to identify mushrooms to genus I: Macroscopic Features*. Unated States: Modern River Press.
- Lilleskov, EA., Burns, TD., Horton, TR., Taylor, D. & Grogan, P. (2004). Detection of forest stand-level spatial structure in ectomycorrhizal fungal communities. *FEMS Microb Ecol, 49*(2), 319-332.

- 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, Escuela de Biología, Guatemala.
- López-González, E., e Hidalgo, R. (2010). Escalamiento Multidimensional No Métrico. Un ejemplo con Remplendo el algoritmo SMACOF. *Estudios sobre educación*, 18, 9-35.
- 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.
- Marroquín, R. (2002). Inventario preliminar de la biodiversidad entomológica en época seca, atraída por luz en 3 asociaciones vegetales en la región semiárida de Guatemala. *Mesoamericana*, 6(3), 91.
- Mata, M. (1999). *Macrohongos de Costa Rica*. Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio).
- Méndez, C., y Véliz, M. (2008). *Cactáceas de Guatemala*. Guatemala: Litografías Modernas.
- Miles, L., Newton, A., DeFries, R., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., ... & Gordon, J., (2006) A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, 33, 491–505.
- 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., y Bran, M. (2012). Especies de macrohongos reportadas para Guatemala. En Cano, E y Schuster, J. (Eds.), Biodiversidad de Guatemala. (Vol. 2, pp.45). 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., Bills, G., & Foster, M. (2004). *Biodiversity of Fungi: Inventory and Monitoring Methods*. Unated States of America: Elsevier.
- Nájera, A. (2004). Monitoreo de aves en cuatro localidades de la región semiárida del Valle del Motagua. En Nájera, A. (Ed). *I Seminario de investigaciones para la conservación de la región semiárida del Valle del Motagua: Libro de resúmenes*, (pp. 33-34). Guatemala: Fundación Defensores de la Naturaleza/The Nature Conservancy.
- Neuweiler, M. (1999). *Sitios clave para la observación de aves en Guatemala: Tomo II*. (Tesis de Licenciatura). Universidad del Valle de Guatemala Departamento de Ecoturismo, Guatemala.
- Oksanen, J. (2017). Community Ecology Package (Vegan; v2.4-2). Recuperado el 14 febrero de 2018 de <https://www.rdocumentation.org/packages/vegan/versions/2.4-2>
- Ortíz, D. (2008). Tarántulas del Valle del Motagua. En Negreros, P. (Ed). *II Seminario de investigaciones para la conservación y desarrollo sostenible de los bosques secos de Guatemala, con énfasis en la región semiárida del Valle del Motagua: Libro de resúmenes* (Pp. 37.). Guatemala: Fundación Defensores de la Naturaleza/The Nature Conservancy.
- 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.
- 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.
- Palma, R. (1999). *Sitios clave para la observación de aves en Guatemala: Tomo I*. (Tesis de Licenciatura). Universidad del Valle de Guatemala, Departamento de Ecoturismo, Guatemala
- Pedroza, H. y Dicovskyi, L. (2006). Sistema de análisis estadístico con SPSS. Nicaragua: IICA, INTA.

- Pompa, A., Aguirre, E., Encaladas, O., De Amda, A., Cifuentes, J. y Valenzuela, R. (2011). Los macromicetos del Jardín Botánico de ECOSUR. “Dr. Alfredo Barrera Marin”. Puerto Morelos, Quintana Roo. México: Comisión Nacional para el conocimiento y usos de la Biodiversidad.
- 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, Escuela de Biología, Guatemala.
- Portillo-Quintero, C. A., & Sánchez- Azofeifa, G. A. (2009). Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation*, 143, 144-155.
- Powers, J., Montgomery, R., Adair, E., Brearley, F., DeWalt, S., Castanho, C., ...Lerdau, M. (2009). Decomposition in tropical forests: a pan-tropical study of the effects of litter type, litter placement and mesofaunal exclusion across a precipitation gradient. *Journal of Ecology*, 97, 801-811. doi: 10.1111/j.1365-2745.2009. 01515.x
- 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, Escuela de Biología, Guatemala.
- Quezada, M., López, R., Morales, O., Ponce, G., Fuentes, A., y 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 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., y Esqueda, M. (2013). Agaricomycetes xilófagos de la planicie central del desierto sonorense. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84, 417-424. Doi: 10.7550/rmb.30828
- R Core Team (2013). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing: Viena, Austria. Recuperado de [www.R-project.org](http://www.R-project.org)
- Roda, F. Al-Thani. (2010). Survey of Macrofungi (including Truffles) in Qatar. *KBM Journal of Biology* 1(2), 26-29. Doi 10.5147/kbmjb.2010.0009
- Salguero, O., y Dávila, J. (1988). Monografía de Sanarate. *Revista Conmemorativa de los 100 años de la Feria Titular de Sanarate*. Recuperado 11 de febrero de 2017 de <http://sanarate.com/Reportajes/Monografía/index.html>
- Schilling, E., Waring, B., Schilling, J., & Power, J., (2016). Forest composition modifies litter dynamics and decomposition in regenerating tropical dry forest. *Oecologia*, 182, 287-297. doi: 10.1007/s00442-016-3662-x.
- 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.
- Stuart, L. (1954). A description of a subhumid corridor across northern Central America, with comments on its herpetofaunal indicators. *Contributions from the Laboratory of Vertebrate Biology- University of Michigan*, 65, 1-26.
- 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, Escuela de Biología, Guatemala.
- The Latin American Seasonally Dry Tropical Forest Floristic Network [DRYFLOR]., Banda-R, K., Delgado-Salinas, A., Dexter, K.G., Linares-Palomino, R., Oliveira-Filho, A., ... Pennington, R.T. (2016). Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. *Science*, 353 (6306), 1383-1387. doi 10.1126/science. aaf5080

- Váldez-Porón, 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.
- Valle, L. (2004). Distribución actitudinal de murciélagos en la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas. En Najera, A. (Ed.). *I Seminario de investigaciones para la conservación de la región semiárida del Valle del Motagua: Libro de resúmenes* (pp. 26). Guatemala: Fundación Defensores de la Naturaleza/The Nature Conservancy.
- Valle, L. (2008). Distribución actitudinal de la comunidad de quirópteros en San Lorenzo, Zacapa, Reserva de Biosfera Sierra de las Minas, Guatemala. En Negreros, P. (Ed). *II Seminario de Investigaciones para la conservación y desarrollo sostenible de los bosques secos de Guatemala, con énfasis en la región semiárida del Valle del Motagua: Libro de resúmenes* (pp. 349). Guatemala: Fundación Defensores de la Naturaleza/The Nature Conservancy.
- Veliz-Pérez, M. E. (2008). Análisis comparativo de la diversidad florística y endemismo de las zonas semiáridas de Guatemala (Proyecto FODECYT 2006.27). Guatemala: Consejo Nacional de Ciencia Tecnología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Véliz-Pérez, M. E., Cobar, A. J., Ramírez, F. J., y García-Vettorazzi, M. J. (2003). La diversidad florística del monte espinoso de Guatemala. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala Dirección General de Investigación y Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Viquez, C. y Armas, L. (2006). Los ambliopígididos (Arachnida: Amblypygi) de Guatemala. En Cano, E. (Ed.), *Biodiversidad de Guatemala* (Vol. 1, pp. 307- 31). Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- Webster, J., & Weber, R. (2009). Introduction to fungi. 3rd ed. Cambridge University press.
- Zelený, D. (2012). Analysis of community ecology data in R. Recuperado de 11 de febrero de 2017 de <https://www.davidzeleny.net/anadat-r/doku.php/en:start>
- Zelený, D., & Schaffers, A. P. (2011). To good to be true: pitfall of using mean Ellenberg indicator values in vegetation analyses. *Journal of Vegetation Science*, 23 (3), 419-431. Doi: 10.1111/j.1654-1103.2011.01366.x

### 13. ANEXOS

#### Anexo 1. Boletas para la descripción de los macrohongos colectados

**Boleta de colecta "Agaricales"**

Número de colecta: \_\_\_\_\_  
 Colector: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_  
 Familia: \_\_\_\_\_  
 Especificación: \_\_\_\_\_  
 Localización: \_\_\_\_\_  
 Proyección: \_\_\_\_\_

Descripción por: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_  
 Número o herbario: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

**Pileo**

Forma:

Superficie:

Margen:

Himenio:

Forma:

Esposamiento:

Estipite:

Anillo:

Superficie:

Volva:

Otras características: \_\_\_\_\_

COLECTOR: \_\_\_\_\_  
 NÚMERO DE COLECTA: \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACIÓN: \_\_\_\_\_  
 PROYECTO: \_\_\_\_\_  
 DESCRITO POR: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

**FORMA**

HÁBITO: Solitario = disperso = gregario = cespitoso

SUSTRATO: Terrestre = coprófilo = lignícola = húmico = fungícola = parásito = micorrizico = base de helechos

CAMBIO DE COLORACIÓN AL CORTAR: Presente = ausente

Tiempo: \_\_\_\_\_

Número de ramificaciones hasta el ápice: \_\_\_\_\_

**APICE (modificar los dibujos si es necesario)**

FORMA: Agudo, Redondo, Truncado

**DESCRIPCIÓN**

Forma de ramas: Cilíndricas, Aplanadas, Otra: \_\_\_\_\_

Rizomorfos: Presente = ausente

Micelio: Presente = ausente

Olor: \_\_\_\_\_

Sabor: \_\_\_\_\_

Reacción Meizer en fresco: Positiva = negativa

Altura total (mm): \_\_\_\_\_  
 Ancho (mm): \_\_\_\_\_  
 Altura de la base (mm): \_\_\_\_\_  
 Ancho de base (mm): \_\_\_\_\_

Color: viscido - seco

Superficie: suave - arrugada - estriada - otra: \_\_\_\_\_

Orientación: vertical - radial - horizontal

Interior de las ramas: Color: \_\_\_\_\_  
 Textura: suave - oleosa - arrugada - estriada - otra: \_\_\_\_\_

Forma de las afeitas: "V" - "U" - otra: \_\_\_\_\_

Estípites: Color: \_\_\_\_\_  
 Textura: suave - oleosa - arrugada - estriada - otra: \_\_\_\_\_  
 Forma: bulbosa - delgada - otro: \_\_\_\_\_  
 Ramas sin desarrollarse: presentes - ausentes  
 Estípites: simple - varios fusionados - fasciculados

Tomado y modificado de: Young, T. (2011) *Labarator: F00007 09-2014 / UP*

**Anexo 2.** Se muestran las especies de plantas (árboles y arbustos) identificados para el bosque seco del Centro Ecológico la Cureña con la familia botánica a la que pertenecen.

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>
ACANTHACEAE	<i>Aphelandra schiedeana</i> Schltldl. & Cham.
ANACARDIACEAE	<i>Spondias purpurea</i> L., <i>Manguifera indica</i> L.
APOCYNACEAE	<i>Tonduzia stenophylla</i> (Donn.Sm.) Pittier
	<i>Bursera bipinnata</i> (Moc. & Sessé ex DC.) Engl., <i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg., <i>Bursera excelsa</i> ,
BURSERACEAE	<i>Bursera schlechtendalii</i> Engl.
CELASTRACEAE	<i>Wimmeria bartlettii</i> Lundell
CLUSIACEAE	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.
EUPHORBIACEAE	<i>Cnidocolus multilobus</i> (Pax) I.M.Johnst., <i>Sapium lateriflorum</i> Hemsl.
LEGUMINOSAE	<i>Leucaena</i> sp., <i>Vachellia</i> sp., <i>Senna velutina</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby, <i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth. <i>Erythrina</i> sp., <i>Haematoxylum brasiletto</i> H.Karst., <i>Chamaecrista nictitans</i> (L.) Moench, <i>Senna atomaria</i> (L.) H.S.Irwin & Barneby, <i>Acacia pennatula</i> (Schltldl. & Cham.) Benth, <i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose, <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp
LAURACEAE	<i>Lauraceae</i> sp.
MALVACEAE	<i>Luehea candida</i> (Moc. & Sessé ex DC.) Mart., <i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker f., <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam., <i>Triumfetta</i> sp., <i>Malvaceae</i> sp.1
MELIACEAE	<i>Trichilia</i> sp.
MORACEAE	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.
MYRTACEAE	<i>Psidium guajava</i> L.
PICRAMNIACEAE	<i>Alvaradoa amorphoides</i> Liebm.
POACEAE	<i>Poaceae</i> sp.
PRIMULACEAE	<i>Bonellia nervosa</i> (C.Presl) B.Ståhl & Källersjö
RHAMNACEAE	<i>Karwinskia calderonii</i> Standl.
	<i>Rubiaceae</i> sp., <i>Donnellyanthus deamii</i> (Donn.Sm.) Borhidi,
RUBIACEAE	<i>Randia</i> sp.
RUTACEAE	<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.
SALICACEAE	<i>Xylosma</i> sp.
SAPINDACEAE	<i>Allophylus racemosus</i> Sw.
SAPINDACEAE	<i>Sapindus saponaria</i> L.
	<i>Brachistus stramonifolius</i> (Kunth) Miers, <i>Solanum</i> sp,
SOLANACEAE	<i>Witheringia</i> sp.
URTICACEAE	<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich. ex Wedd.
	Morfoespecie 1
	Morfoespecie 2

**Anexo 3.** Riqueza de Familias de hongos Ascomycota por familia y géneros

<b>Familia</b>	<b>Géneros</b>	<b>Riqueza morfoespecies</b>
Hypoxylaceae	Daldinia	2
Cordycipitaceae	Cordyceps	1
Sarcoscyphaceae	Phillipsia	1
	Cookeina	1
Xylariaceae	Xylaria	7

**Anexo 4.** Riqueza de Familias de hongos Basidiomycota por familia y géneros

<b>Familia</b>	<b>géneros</b>	<b>morfoespecies</b>	<b>Familia</b>	<b>géneros</b>	<b>morfoespecies</b>	
Agaricaceae	Morganella	1	Phallaceae	Clathrus	1	
	Agaricus	14		Phallus	1	
	Cyathus	3	Physalacriaceae	Oudemansiella	1	
	Gastropila	1	Pleurotaceae	Pleurotus	3	
	Leucoagaricus	1	Pluteaceae	Pluteus	1	
	Lycoperdon	4		Volvariella	1	
	Iepiota	26	Polyporaceae	Coroliopsis	2	
	Tulostoma	3		Hexagonia	2	
		Trametes		6		
Auriculariaceae	Auricularia	2		Lentinus	1	
Bolbitiaceae	Galerella	1		Pycnoporus	2	
	Conocybe	1		Favolus	1	
Boletaceae	Boletus	2		Polyporus	2	
Cantharellaceae	Cantharellus	1	Psathyrellaceae	Coprinellus	2	
Clavariaceae	Tremellodendron	1			Psathyrella	2
		Clavaria	1	Pterulaceae	Pterula	2
Coprinaceae	Coprinus	3	Repetobasidiaceae		Cotylidia	1
Cortinariaceae	Cortinarius	3	Russulaceae	Russula	1	
Entolomataceae	Entoloma	2		Sarcoscyphaceae	Phillipsia	2
		Rhodocybe	1	Schizophyllaceae	Schizophyllum	2
Ganodermataceae	Amauroderma	1	Stereaceae	Stereum	5	
	Ganoderma	1		Strophariaceae	Strophariaceae	2
Geastraceae	Geastrum	7	Tremellaceae		Tremella	1
Ghomphaceae	Ramaria	2	Tricholomataceae	Clitocybe	1	
	Ramariopsis	1		Lepista	1	
Hydnaceae	Hydnum	1		Collybia	1	
Hydnangiaceae	Laccaria	1		Macrocybe	1	
Hygrophoraceae	Hygrocybe	1		Omphalina	1	
Hymenochaetaceae	Hymenochaetaceae	3		Ripartites	1	
		Pellinus		1	Tricholoma	2
		Coltricia		2		
Hymenogastraceae	Gymnopilus	1				
Inocybaceae	Phaeomarasmius	1				
Marasmiaceae	Marasmiaceae	5				
		Marasmius	10			
		Gerronema	4			
		Crinipellis	2			
		Gymnopus	3			
		Nothopanus	1			
		Marasmiellus	4			
Meruliaceae	<i>Irpex</i>	1				
Mycenaceae	Mycena	4				
	Panellus	1				



**Anexo 5 y 6.** Láminas de las morfoespecies de macrohongos encontrados en el bosque estacionalmente seco de la Cureña, Sanarate, El Progreso.




**Figura 15.** Láminas de macrohongos colectados en el bosque seco Centro Ecológico La Cureña. (A) *Polyporus Tricholoma* Mont. (B) *Lentinus strigosus* Fr. (C) *Agaricus* sp. 13. (D) *Coprinellus disseminatus* (Pers.) J.E.Lange (E) *Pleurotus* sp. (F) *Cordyceps melolonthae* (Tul. & C. Tul.) Sacc., (G) *Gerronema* sp. 3. (H) *Cotylidia*.



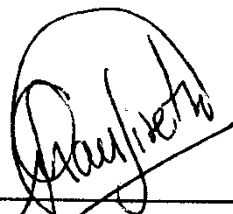


**Figura 16.** Láminas de macrohongos colectados en el bosque seco Centro Ecológico La Cureña. (A) *Clavaria zollingeri* Lév. (B) *Tremella* sp. (C) *Chlatrius* sp. (D) *Geastrum violaceum* Rick. (Pers.) J.E.Lange (E) *Xylaria polymorpha* (Pers.) Grev. (F) *Favolus* sp. (G) *Phillipsia* sp. 1 (H) *Coprinus comatus* (O.F. Müll.) Pers.



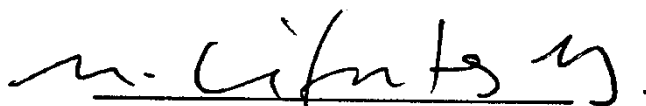
---

Bianka Analí Hernández Ruano  
Estudiante



---

Dra. Maura Liseth Quezada Aguilar  
Asesora



---

Lic. Mario Arturo Cifuentes Gil  
Revisor



---

Dr. Sergio Alejandro Melgar Valladares  
Director



---

M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto  
Decano