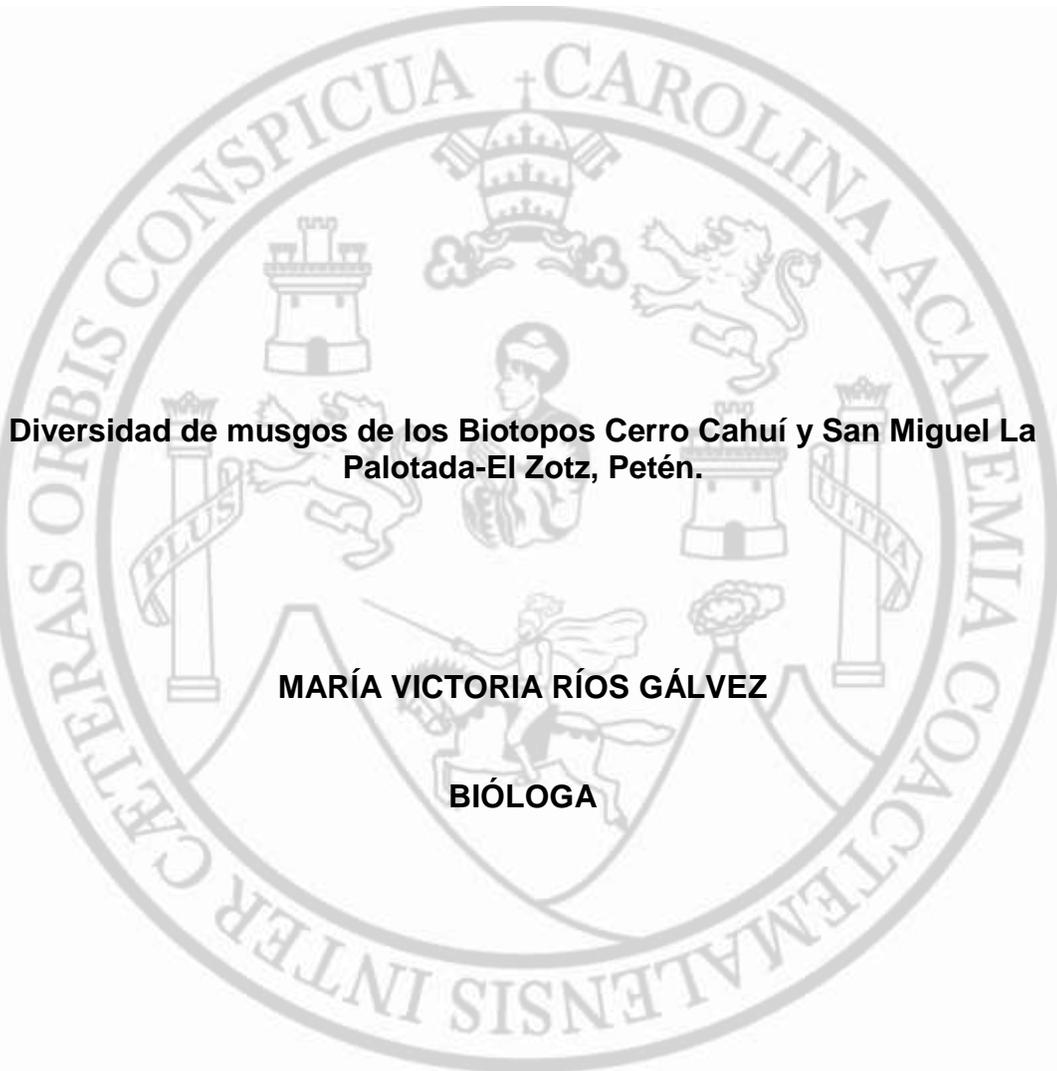


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**



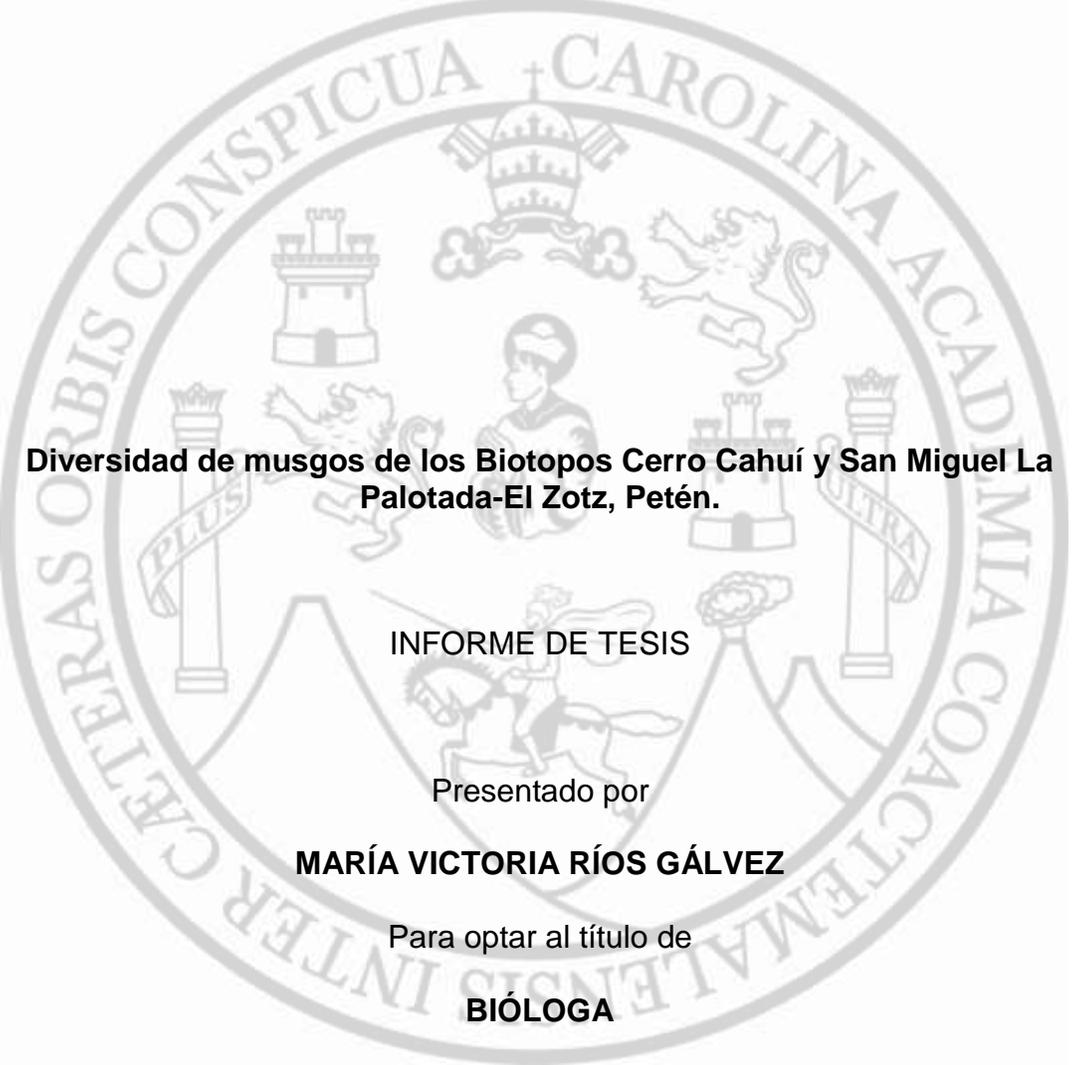
Diversidad de musgos de los Biotopos Cerro Cahuí y San Miguel La Palotada-El Zotz, Petén.

MARÍA VICTORIA RÍOS GÁLVEZ

BIÓLOGA

GUATEMALA, ABRIL DE 2017

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

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a large, circular emblem in the background. It features a central figure of a man in profile, surrounded by various symbols including a crown, a castle, a lion, and a shield. The Latin motto "CETERAS ORBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER" is inscribed around the perimeter. The text of the thesis is overlaid on this seal.

Diversidad de musgos de los Biotopos Cerro Cahú y San Miguel La Palotada-El Zotz, Petén.

INFORME DE TESIS

Presentado por

MARÍA VICTORIA RÍOS GÁLVEZ

Para optar al título de

BIÓLOGA

GUATEMALA, ABRIL DE 2017

JUNTA DIRECTIVA

Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda	Decano
M.A. Elsa Julieta Salazar Meléndez de Ariza	Secretaria
MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo	Vocal I
Dr. Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal II
Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera	Vocal III
Br. Andreina Delia Irene López Hernández	Vocal IV
Br. Carol Andrea Betancourt Herrera	Vocal V

ACTO QUE DEDICO

Quiero dedicar este trabajo a cuatro personas muy especiales que vivirán por siempre en mí corazón, a mí abuelito Augusto por su amor, por enseñarme el amor a la naturaleza y a disfrutar de las cosas simples de la vida. A mí abuelita Mina por enseñarme a levantarme y seguir adelante con mis sueños hasta alcanzarlos. A mis padrinos, Héctor por su apoyo incondicional y ser mi fuente de inspiración para iniciar esta carrera en el mundo de la Biología y a Rosy por ser ese ser que siempre le dio luz a mi vida en momentos de oscuridad, gracias por creer siempre en mí.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a esa energía interna de amor y luz que vive dentro de mí que es Dios por permitir que este esfuerzo de años finalmente llegara a su fin.

A mis padres Olguita y Edgar gracias por su amor y paciencia a lo largo de estos años, por sus consejos, regaños y por ser el motivo para luchar por mis sueños hasta alcanzarlos, los amo mucho.

A mí Alma Mater, la Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser mi casa por muchos años y darme la oportunidad de conocer personas extraordinarias apasionadas de su trabajo que dan cada día lo mejor dentro de nuestro bello país o en el extranjero poniendo en alto el nombre de Guatemala.

Un agradecimiento especial a la Dra. Virginia Freire y Mervin Pérez por ser mis guías e introducirme al mundo fascinante de las briofitas. A la Dra. Noris Salazar y José Gudiño personas extraordinarias dedicadas a la ciencia en el Instituto Smithsonian de Panamá quienes me enseñaron el valor científico de nuestro trabajo en el campo de la biología. A Ph.D. Matt Von Konrat curador de la colección botánica del Field Museum de Chicago por su apoyo incondicional y darme la oportunidad de formar parte de tu equipo de trabajo. Al Herbario USCG CECON del Centro de Estudios Conservacionistas, por brindarme su apoyo incondicional desde que inicie mi trabajo con briofitas. A los Guardasrecursos de los Biotopos El Zotz y Cerro Cahuí del departamento de Petén por su tiempo e interés en el estudio de este grupo.

A mi amiga del alma y asesora de esta tesis Michelle sin ti esto no hubiera sido posible gracias por tu apoyo y regaños pero sobre todo por tu linda amistad durante todos estos años, te quiero mucho.

A Carlitos por ser esa estrella que ilumina mi vida y me acompaña todos los días, gracias por tu paciencia y darme siempre esas palabras de ánimo para concluir mi tesis, te amo mucho.

INDICE

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. ANTECEDENTES	3
3. 1. Generalidades de los Musgos	3
3. 2. Distribución Geográfica.....	3
3. 3. Ecología de las Briofitas	4
3.4. Estudios previos en Guatemala	4
3.5. Área de Estudio	5
3.6. Biotopo San Miguel La Palotada-El Zotz	5
3.7. Biotopo Cerro Cahuí	6
3.8. Tipos de vegetación muestreada	7
4. JUSTIFICACIÓN	8
5. OBJETIVOS	9
6. HIPOTESIS	9
7. MATERIALES Y MÉTODOS	10
7.1 Universo de Estudio.....	10
7.1.1 Población.....	10
7.1.2. Muestra.....	10
7.2 Materiales	10
7.3. Recursos Humanos	10
7.4. Recursos Institucionales	11
7.5. Método	11
7.6. Análisis de Datos	12
8. RESULTADOS	16
9. DISCUSIÓN	24
10. CONCLUSIONES	28
11. RECOMENDACIONES	29
12. BIBLIOGRAFÍA	30
13. ANEXOS	33
13.1 Especies familia Fissidentaceae registradas durante el estudio.....	33
13.2 Especies con mayor frecuencia de encuentro en los Biotopos El Zotz y Cerro Cahuí.	34

13.3 Especies encontradas en bosques bajos.	35
13.4 Especie encontrada en bosques altos de los Biotopos El Zotz y Cerro Cahuí.	36

1. RESUMEN

A pesar de la relevancia que poseen los musgos dentro de los ecosistemas, los estudios sobre este taxón han sido escasos, probablemente debido a que se trata de plantas inconspicuas, cuyo valor ecológico se ha menospreciado, y debido a la falta de expertos en el tema. En la actualidad, Guatemala carece de inventarios formales y actualizados de briofitas. Además, existen vacíos de información sobre la diversidad presente en varias regiones del país, principalmente porque no se han realizado colectas formales en estas áreas.

El presente trabajo tiene como fin estudiar la riqueza, abundancia relativa y algunos aspectos de la ecología de las especies de briofitas presentes en dos áreas protegidas que forman parte de la Reserva de la Biosfera Maya (Biotopo Cerro Cahuí y Biotopo San Miguel La Palotada-El Zotz), la Reserva de bosque tropical más importante del país. Se colectó un total de 190 especímenes de musgos pertenecientes a 18 especies, distribuidas en 13 familias y 15 géneros.

Las familias con el mayor número de especies fueron Fissidentaceae con 3 especies y Semathophyllaceae y Thuidaceae con 2 especies cada una. Las especies más comunes (con mayor frecuencia de encuentro) para ambos biotopos fueron *Stereophyllum radiculosum* y *Pireella pohlii*. El Zotz presentó mayor número de especies (17 especies) en comparación con Cerro Cahuí (9 especies). El Biotopo el Zotz presentó mayor riqueza de especies de musgos en comparación con el Biotopo Cerro Cahuí. El Zotz presentó la mayoría de las especies de musgos registradas durante el estudio. Además, varias especies se registraron exclusivamente en esta área protegida: *Zelometeorium patulum*, *Syrrhopodon incompletus*, *Racopilum tomentosum*, *Pseudocryphaea domingensis*, *Sematophyllum subpinnatum* y *Cyrto-hypnum involvens*. El sustrato corteza registró la mayor riqueza de especies de musgos (12 especies de las 18 encontradas).

2. INTRODUCCIÓN

Los musgos son plantas de tamaño muy reducido (Gradstein, Churchill y Salazar, 2001). Existen alrededor de 15,000 especies distribuidos en alrededor de 1,200 géneros. Estas plantas están presentes en una amplia diversidad de hábitats y son más diversas en ecosistemas de áreas templadas y tropicales. En el Neotrópico existen alrededor de 2,600 especies del grupo conocido como musgos verdaderos (Clase Bryopsida). Este grupo se caracteriza por ser el más diverso en comparación con hepáticas y antoceros (Gradstein, Churchill y Salazar, 2001). En bosques tropicales crecen principalmente sobre la corteza de árboles, arbustos, ramas, troncos podridos con o sin corteza y sobre rocas. Aunque la mayoría de musgos son terrestres, existen algunas especies acuáticas (de agua dulce) (Salazar, De Gracia y Chung, 2006).

En Guatemala, el estudio de las briofitas inició en 1949 con la publicación del botánico estadounidense Edwin Bunting Bartram (Bartram, 1949). Este aporte contribuyó a que Guatemala contara con una de las mejores briofloras conocidas para Centroamérica. No obstante, pocos han sido los esfuerzos posteriores a este trabajo para conocer la diversidad de briofitas del país. Es hasta en los últimos 10 años que se retoma el estudio sistemático de este grupo con el Catálogo de Musgos de Guatemala; donde se hace una revisión bibliográfica de distintas publicaciones y colecciones de herbario (Salazar, De Gracia y Chung, 2006). Además, se han realizado algunos estudios sobre el estado de la brioflora dentro de los sitios arqueológicos Yaxhá y Nakúm (Aquino *et al.*, 2009) y los biotipos Dos Lagunas y Estación Biológica Las Guacamayas (Morales *et al.* 2011).

El presente estudio tuvo como fin estudiar la diversidad de briofitas de dos biotopos administrados por la Universidad de San Carlos de Guatemala, ubicados dentro de la Reserva de la Biósfera Maya (CECON, 2001). Este estudio realiza un aporte significativo al estudio de la composición, distribución y ecología de las plantas pertenecientes a la clase Bryopsida. Para realizar este estudio, se muestreó la diversidad de musgos presentes en los biotopos Cerro Cahuí y El Zotz tomando muestras de dos tipos de hábitat dominante (bosque alto y bosque bajo). Posteriormente, se comparó la composición de musgos entre ambos biotopos.

3. ANTECEDENTES

3. 1. Generalidades de los Musgos

Los musgos son el grupo más complejo entre las briofitas, debido a la morfología de su gametofito y a la estructura compleja de su esporofito (Gradstein, Churchill y Salazar, 2001). Los musgos poseen características que las diferencian de los otros dos grupos de briofitas: 1) el gametofito es siempre foliado, con hojas arregladas en espiral y sin dorsoventralidad; 2) las hojas son enteras no lobuladas; 3) las células foliares son de diversas formas y no poseen trígonos; 4) los rizoides son pluricelulares; 5) los gametangios están rodeados por hojas libres y por paráfisis; 6) la seta del esporofito se alarga antes de la maduración de las esporas; 7) la cápsula no posee eláteres y 8) la dehiscencia de la cápsula se da mediante la caída de un opérculo, o por medio de hendiduras longitudinales como en el caso de Andreaidae (Gradstein, Churchill y Salazar, 2001). Los musgos se dividen en siete clases: Andreaeidae, Sphagnidae, Tetraphidae, Polytrichidae, Buxbaumiidae, Bryidae y Archidiidae (Gradstein, Churchill y Salazar, 2001). El ciclo de vida de los musgos comprende una alternancia de fases heteromórfica con meiosis esporica (Salazar, De Gracia y Chung, 2006).

3. 2. Distribución Geográfica

Las briofitas se distribuyen en diferentes tipos de hábitats, y existe una alta diversidad de especies en el Neotrópico (Gradstein, Churchill y Salazar, 2001). La gran variación en los paisajes, hace que América tropical (que abarca desde México, Centroamérica, Islas del Caribe, sur de Bolivia, Paraguay y sur este de Brasil) presente una flora rica en especies. Existen alrededor de 2,600 especies de musgos en 595 géneros y 120 familias, casi un tercio del total de la biodiversidad de briofitas del mundo (Gradstein, Churchill y Salazar, 2001). América tropical es también un gran banco de endemismo, con cerca de 80 géneros de musgos endémicos (Gradstein, Churchill y Salazar, 2001).

Guatemala cuenta con un inventario bibliográfico de 580 especies de musgos, divididas en 237 géneros y 66 familias; de las cuales once especies son endémicas (Salazar, De Gracia y Chung, 2006). Aunque no se tienen datos relacionados con la riqueza de especies por departamento, los departamentos con mayor número de colecta de especímenes de este taxón son Quetzaltenango (457 registros), Huehuetenango (319 registros), Alta Verapaz (321 registros), San Marcos (250 registros), Baja Verapaz (132 registros) y Quiché (125 registros) (Salazar, De Gracia y Chung, 2006)..

3. 3. Ecología de las Briofitas

Las briofitas son especies colonizadoras de sustratos desnudos y tienen un papel importante en el desarrollo inicial del suelo (Ryömä y Laaka-Lindberg, 2005). Las capas de briofitas en árboles y suelos pueden reducir la erosión al absorber grandes cantidades de agua de lluvia y servir de reservorios de agua. A pequeña escala, se ha comprobado que participan en la fijación del nitrógeno atmosférico (Gradstein, Churchill & Salazar, 2001). Además, participan en el proceso de recuperación de la vegetación después de un incendio forestal (Ryömä y Laaka-Lindberg, 2005).

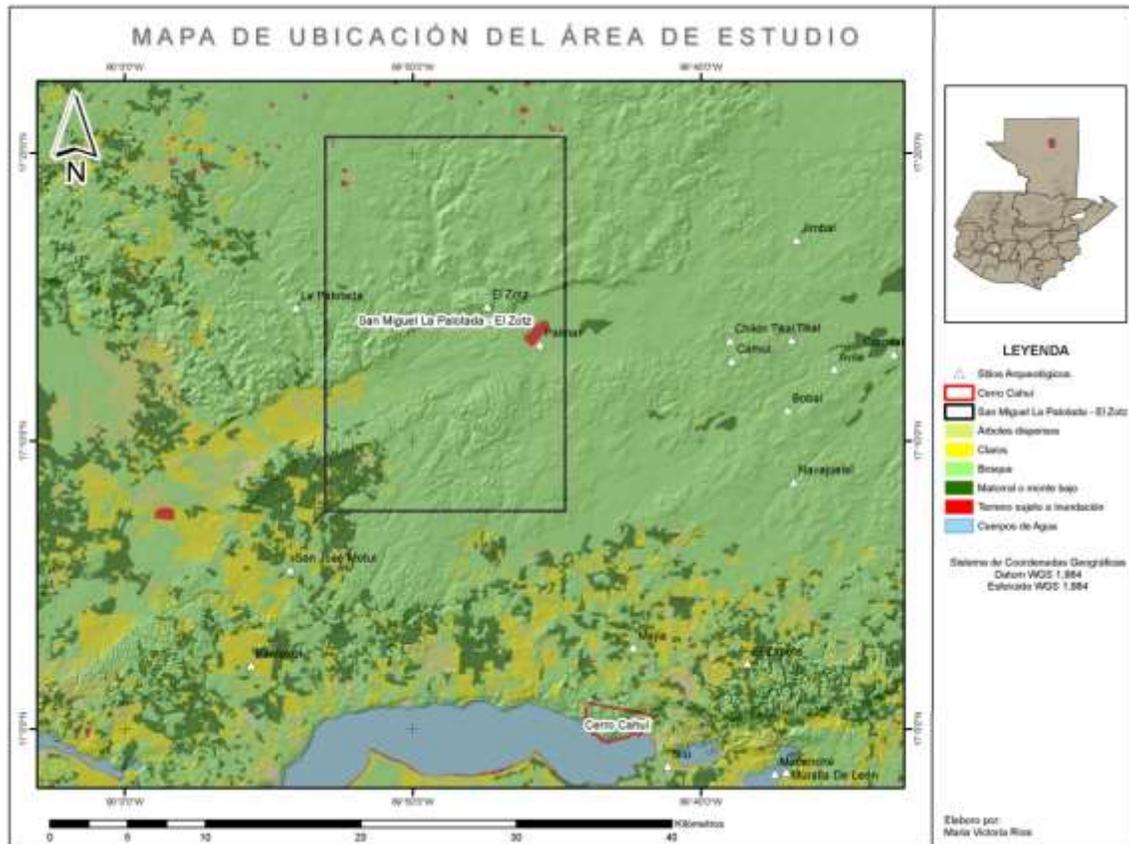
Los musgos viven principalmente en lugares húmedos y/o con sombra, aunque existen especies tolerantes a la sequía (Salazar, De Gracia y Chung, 2006). En América Tropical se encuentran en todo tipo de hábitats, excepto sumergidos en el mar (Gradstein, Churchill y Salazar, 2001). Además, crecen sobre varios sustratos como: rocas, suelo, arena, agua, materia orgánica en descomposición (ramas y troncos caídos, hojarasca) y sobre otras plantas (epifitas) y epifílicos (crecen sobre hojas).

3.4. Estudios previos en Guatemala

En Guatemala, el estudio de las briofitas inició con las primeras expediciones realizadas por Bartlett en 1932 y Streere en 1934, en Uaxactún, al norte del Lago Petén Itzá (Steere, 1934). A partir de estos primeros estudios, han sido pocos los trabajos relacionados con la colecta de musgos en este departamento. La primera publicación sobre la riqueza de musgos de Guatemala fue hecha en 1949 por el botánico estadounidense Edwin Bunting Bartram, quien recopiló información de los trabajos de los botánicos Standley durante los años 1922 a 1941 y Steyermark de 1939 a 1943. Estas colectas fueron complementadas por Aaron J. Sharp de 1944 a 1946; por Bartram en 1949 y por Salazar, De Gracia y Chung en 2006. Por otro lado, existen colectas realizadas por profesores y estudiantes de la Escuela de Biología, que actualmente se encuentran depositadas en el herbario del Centro de Estudios Conservacionistas de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Herbario USCG-CECON) y en el Herbario de la Escuela de Biología (Herbario BIGU) también de la Universidad de San Carlos de Guatemala. También hay reportes de colectas de musgos en el herbario de la Universidad del Valle de Guatemala (Herbario UVAL).

3.5. Área de Estudio

El estudio se llevó a cabo en los Biotopos Cerro Cahuí y San Miguel La Palotada-El Zotz, ubicados en el departamento de Petén. Ambas áreas protegidas son administradas por la Universidad de San Carlos de Guatemala (Figura 1).



Fuente: Datos de campo realizados año 2009 y 2011

Figura 1. Ubicación del Biotopo El Zotz y el Biotopo Cerro Cahuí en el departamento de Petén.

3.6. Biotopo San Miguel La Palotada-El Zotz

El Biotopo Protegido San Miguel La Palotada-El Zotz (El Zotz) se localiza en el municipio San José, departamento de Petén (Figura 1). Forma parte de una de las zonas núcleo de la Reserva de la Biósfera Maya. Tiene una extensión de 34,934 ha (CECON, 2001). El Biotopo se sitúa en una zona biogeográfica que constituye el extremo sur de la Provincia Campeche, del reino neotropical. El bioma localmente representado es el de Selva Tropical Húmeda, que se manifiesta como

un sistema forestal subcaducifolio (CECON, 2001). El paisaje dentro del área es ondulado, con una pequeña serranía que cruza el biotopo en sentido suroeste a noreste y se extiende por el norte hasta el Biotopo Dos Lagunas. Las elevaciones máximas alcanzan 400 m. En la parte este, en las cercanías con el Parque Nacional Tikal, se encuentran terrenos menos elevados, con altura promedio de 150 metros (CEMEC, 2000) y (CECON, 2001).

La temperatura media anual es de 27°C y las temperaturas máximas y mínimas absolutas oscilan entre 20°C y 32°C respectivamente (CECON, 2001). La lluvia anual oscila entre 1,200 y 1,400 mm, para una media de 1,280 mm. La humedad relativa, en promedio anual, se sitúa cerca del 83% (CDC y CECON, 1995). En el lugar se registran cuatro meses secos, no muy bien definidos, entre enero y abril. No tiene cursos de agua permanente y en la época seca se mantienen algunos depósitos de agua, importantes como fuente de agua para la fauna silvestre del área. El período más lluvioso va de junio a octubre.

3.7. Biotopo Cerro Cahuí

El Biotopo Cerro Cahuí (Cerro Cahuí) y su zona de influencia corresponden a la porción Sur-Central de la península de Yucatán (CDC y CECON, 1995) ver figura 1. Tiene una extensión de 650 ha, común paisaje ondulado, con elevaciones entre 100 y 360 msnm (CDC y CECON, 1995). De acuerdo a los datos de la estación meteorológica de Tikal, el clima predominante en el área es cálido húmedo, sin una época seca bien definida. Tiene una temperatura media anual de 23.9°C y un rango que oscila entre 20°C y 30.7°C (CECON, 2001). La humedad relativa del aire es de 81%, con máximas de 100% y mínimas de 36% (CECON, 2001). La precipitación media anual es de 1,323 mm, con tres meses secos, entre febrero y mayo. Las temperaturas llegan a presentar oscilaciones de hasta 11°C entre el mes más frío y el más cálido (CECON, 2001).

3.8. Tipos de vegetación muestreada

El muestreo de musgos se realizó en dos tipos de vegetación dentro de cada Biotopo. A estos tipos de vegetación se les denominó Bosque Alto y Bosque Bajo por la estructura y composición vegetal que presentan. A continuación se describen las características de cada tipo de bosque.

- Bosque Alto

Es un bosque alto, con árboles de más de 15 metros de altura. Estos bosques están ubicados en áreas de serranía. Se desarrollan en áreas de topografía medianamente elevada, en donde funcionan parcialmente como un ecosistema de transición entre las selvas secas elevadas (en especial del tipo estándar) y el corozal y los bajos xerofíticos (CECON, 2001).

- Bosque Bajo

Son bosques abiertos, en época lluviosa inundados. En este tipo de bosques predominan las especies arbustivas y son más abiertos. Se desarrollan en zonas de suelos profundos, muy pesados, pegajosos, que se inundan durante la época de lluvias, y se secan y agrietan en la época seca (CECON, 2001).

4. JUSTIFICACIÓN

A pesar de la relevancia que poseen los musgos dentro de los ecosistemas, los estudios sobre este taxón han sido escasos, probablemente debido a que se trata de plantas inconspicuas, cuyo valor ecológico se ha menospreciado, y debido a la falta de expertos en el tema. En la actualidad, Guatemala carece de inventarios formales y actualizados de briofitas. Además, existen vacíos de información sobre la diversidad presente en varias regiones del país, principalmente porque no se han realizado colectas formales en estas áreas.

Actualmente la Sociedad Latinoamericana de Briología propone crear listados de especies de briofitas en peligro de extinción para Centro América, utilizando los criterios de Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) debido a que la flora de musgos de Guatemala está entre las más diversas de Centro América ocupando el tercer lugar en el área (Salazar-Allen, De Gracia y Chung, 2006). Para realizar esto, es necesario contar con datos de riqueza, abundancia, distribución e incluso de amenazas y fuentes de amenazas de estas especies. Además, conocer los patrones de distribución de este grupo, así como los factores que explican esos patrones, puede contribuir a formular estrategias para su conservación a nivel local y regional.

El presente trabajo tiene como fin estudiar la riqueza, abundancia relativa y algunos aspectos de la ecología de las especies de briofitas presentes en dos áreas protegidas que forman parte de la Reserva de la Biosfera Maya (Biotopo Cerro Cahú y Biotopo San Miguel La Palotada-El Zotz), la Reserva de bosque tropical más importante del país. El conocimiento de la biodiversidad de esta Reserva es importante pues en la actualidad varias actividades antropogénicas, principalmente la ganadería y el avance de la frontera agrícola, están causando la pérdida, perturbación y fragmentación de los hábitats naturales poniendo en peligro la diversidad biológica que el área sostiene.

5. OBJETIVOS

5.1. General

5.1.1 Evaluar la riqueza y composición de las comunidades de musgos de los Biotopos Cerro Cahuí y San Miguel La Palotada-El Zotz, departamento de Petén.

5.2 Específicos

5.2.1 Determinar la riqueza de especies de musgos de los Biotopos Cerro Cahuí y San Miguel La Palotada-El Zotz,

5.2.2 Establecer posibles diferencias en la composición de especies de musgos en los hábitats de bosque tropical alto y bajo dentro del área de influencia de ambos biotopos.

6. HIPOTESIS

- El Biotopo San Miguel La Palotada-El Zotz presenta mayor riqueza de especies de musgos en comparación con el cerro Cerro Cahuí.
- Ciertos sustratos sobre los que crecen las briofitas favorecen mayor diversidad de musgos en comparación con otros.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Universo de Estudio

7.1.1 Población

Se trabajó con las comunidades de musgos presentes en dos tipos de hábitat dentro de las áreas protegidas en estudio: el bosque latifoliado alto y el bosque latifoliado bajo.

7.1.2. Muestra

Los musgos presentes en distintos sustratos (ej: piedra, cortezas, troncos podridos, entre otros) en dos tipos de vegetación (bosque alto y bosque bajo) del Biotopo el Zotz y Biotopo Cerro Cahui.

7.2 Materiales

- Cinta métrica
- Cinta forestal
- Cuchillo o navaja
- GPS
- 1000 bolsas de papel kraft
- Libreta de campo
- Lápices o marcadores indelebles
- Lente de 10x ó 14x
- 1 frasco de agua destilada
- Rollos de papel mayordomo
- 2 paquetes de papel mantequilla
- 1 caja de porta objetos
- 1 caja de cubre objetos
- Guías para la identificación de especies de musgos
- Bolsas plásticas para transportar las muestras
- Cámara fotográfica
- 1 Computadora
- 1 Microscopio
- 1 Estereoscopio
- 2 agujas de disección
- 2 pinzas

7.3. Recursos Humanos

- Investigadora: María Victoria Ríos Gálvez
- Asesora: Lica. Michelle Bustamante Castillo
- Revisora: Licda. Roselvira Barillas de Klee

7.4. Recursos Institucionales

- Herbario USCG-CECON

7.5. Método

Para estudiar la composición de la comunidad de musgos del área de estudio se seleccionaron 2 sitios de muestreo en cada biotopo. Los sitios de muestreo se seleccionaron con base en el tipo de vegetación en estudio (bosque alto y bosque bajo). En cada sitio se marcaron 4 transectos de 100 metros de largo por 2 metros de ancho; dispuestos de tal manera que formaran una rejilla: 2 paralelos de norte a sur y dos paralelos que se intersectan con los anteriores de este a oeste (Figura 4). Sobre cada transecto se marcaron 5 parcelas de 1 m² (para un total de 20 parcelas por sitio). Las parcelas se distribuyeron a lo largo de cada transecto a una distancia aproximada de 20 metros entre cada una. En cada parcela se colectaron muestras de todas las especies de musgos presentes. Para cada colecta se anotó el sustrato sobre el cual crecían. La colecta se realizó con base en el método empleado por Newmaster (Newmaster *et al.*, 2005). Este método es particularmente útil para abarcar la mayor cantidad de microhabitats presentes en cada sitio de muestreo.

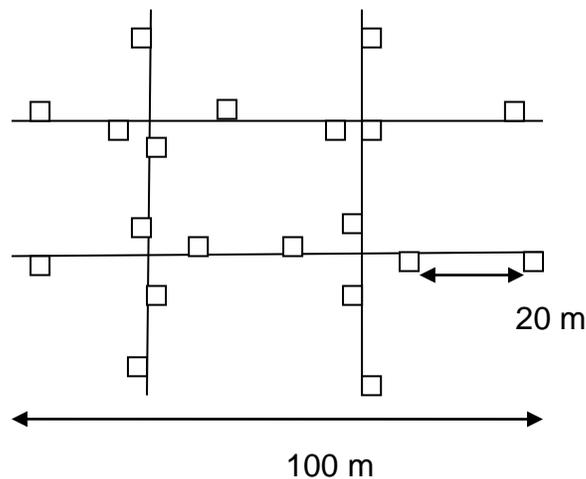


Figura 4. Diseño del método de muestreo utilizado para estudiar la diversidad de musgos de los sitios de estudio.

7.5.1. Técnica de colecta

Las colectas se realizaron empleando una navaja para separar los especímenes de su sustrato. La mayoría de muestras se colectaron junto con una porción del sustrato sobre el que crecían; a excepción de los musgos que crecían sobre rocas. Cada muestra colectada tuvo un tamaño promedio de 3 x 3 pulgadas, que usualmente cubrió un área similar a la cubierta por la palma de la mano del colector. Durante las colectas se empleó un lente de aumento de 10x o 14x, que permitió discernir entre muestras de diferentes especies (Freire, Pérez y Ramírez, 2004).

Los especímenes colectados se depositaron en bolsas de papel kraft de ½ libra para facilitar su secado y evitar la humedad. En cada sobre se anotaron los datos de colecta, incluyendo: la fecha, número de colecta, nombre del colector, altitud, ubicación y tipo de sustrato (Freire, Pérez y Ramírez, 2004). Todos los datos de colecta se anotaron además en libretas de campo.

7.5.2. Procesamiento de muestras

Las bolsas con muestras se colocaron abiertas en un lugar fresco y se dejaron secar durante 2 a 3 días (Freire, Pérez y Ramírez, 2004). Posteriormente, se trasladaron al herbario USCG en donde ingresaron al proceso de cuarentena. Durante este proceso, las muestras permanecieron en un refrigerador por tres días, con el fin de eliminar posibles insectos u otros tipos de contaminantes que con el tiempo pueden deteriorar las muestras. La identificación de las muestras se llevó a cabo utilizando claves de identificación taxonómica adaptadas a la diversidad de Guatemala. Después de ser identificadas las muestras se ingresaron a la colección del herbario USCG.

7.6. Análisis de Datos

7.6.1. Estadística descriptiva

Inicialmente, por medio de estadística descriptiva, se observaron las tendencias de riqueza y abundancia de musgos por sitios, tipos de vegetación y sustrato. Para cada especie se calculó una frecuencia de encuentro por parcela (como una medida indirecta de su abundancia relativa en los sitios de muestreo); sumando el número de parcelas en las que se registró dicha especie en relación al total de parcelas muestreadas, de la siguiente forma:

Frecuencia de encuentro (F.E.) = Número de parcelas donde se registró la especie/número total de parcelas muestreadas.

7.6.2. Curva de acumulación de especies

A partir de los datos de riqueza de especies por parcela de muestreo se construyeron curvas de acumulación de especies para las áreas de estudio. Para construir las curvas se utilizó el paquete Vegan de R (Charney, 2009), con la función Specpool usando 5 estimadores de riqueza de especies: Abundance-based Coverage Estimator (S), (Chao de primer orden (Chao), Jackknife de primer orden (Jackknife 1), Jackknife de segundo orden (Jackknife 2) y Bootstrap (Bootstrap). Además, se realizó una estimación puntual de la riqueza esperada para cada biotopo usando la función Poolaccum del mismo paquete estadístico.

7.6.3. Análisis de ordenamiento

Para estudiar la semejanza de especies de musgos entre biotopos y tipos de vegetación muestreada se construyó un cluster. El análisis clúster es un método de ordenamiento matemático utilizado principalmente para la formación de grupos con características similares a partir de las similitudes o disimilitudes que se presentan entre sitios evaluados (Johnson, 1998). En este caso, las características evaluadas incluyeron la composición de especies de musgos de cada unidad muestral y el número de individuos por cada especie dentro de la unidad.

Este tipo de análisis está compuesto por dos métodos interrelacionados e igualmente importantes. El primero es el cálculo de los índices de similitud o de disimilitud entre pares de unidades evaluadas, mediante métodos seleccionados de acuerdo a la naturaleza de los datos y al objetivo de la caracterización. Y el segundo es la aplicación del método de aglomeración, que permite a partir de los índices de similitud o disimilitud, generar las gráficas de árbol o dendrogramas que son representaciones gráficas donde el investigador puede tener de una manera resumida el parecido que presentan los grupos de unidades evaluadas. Para el análisis de similitud se agruparon los datos de riqueza y abundancia de musgos por parcelas de muestreo. Para la construcción del dendrograma se utilizó la función hclust del paquete Vegan en R (Jari *et al.*, 2016). Para el análisis de similitud entre sitios se utilizó la distancia Euclidiana a través del método simple.

7.6.4. Índices de diversidad

Los índices de diversidad están formados por dos componentes: el número de especies o riqueza de especie y la abundancia o equilibrio en la que se encuentran las especies (Krebs, 1999). Se puede considerar a una comunidad ecológica como el par $C(k, p)$, donde k es el número finito conocido de especies que están físicamente presentes, y $p = \{p_1, p_2, \dots, p_k\}$ el vector de abundancia de especie. El índice de Shannon-Wiener mide el grado promedio de incertidumbre para predecir la especie a la que pertenece un individuo tomado al azar dentro de las unidades de muestreo y su fórmula es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln(P_i)$$

Donde:

S = número de especies

P_i = proporción de individuos de la especie i

A mayor valor de H' mayor diversidad de especies.

El índice de Simpson mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar en las unidades muestreadas sean de la misma especie y su fórmula es la siguiente:

$$S = \frac{1}{\sum \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}}$$

Donde:

n_i = número de individuos de la misma especie

N = número total de individuos

A mayor valor de S habrá menor dominancia de una especie o de un grupo de especies.

Los valores para ambos índices se estimaron utilizando la función Diversity del paquete Vegan en R (Charney, 2009).

7.6.5 Índice de perturbación por sitio de muestreo

Finalmente, para analizar la posible influencia del nivel de perturbación de las áreas de muestreo sobre la diversidad de musgos, se calculó un índice de perturbación para cada sitio de estudio. El índice se construyó tomando en cuenta seis variables relacionadas con el grado de perturbación antrópica en cada área y en relación a su tamaño y grado de aislamiento. Las actividades humanas que fueron tomadas en cuenta fueron: cercanía de carreteras y poblados, extracción de leña, y la presencia de algunos senderos dentro de los sitios de muestreo (Cuadro 1). A cada actividad se le dio un valor entre 1 y 5, dependiendo de la intensidad con la que ocurre dentro del área de estudio; 1 significa que la actividad se realiza con poca frecuencia y baja intensidad y 5 con mucha frecuencia y alta intensidad. El tamaño y aislamiento de las áreas se analizó de la siguiente manera: 1 significa grande y aislada y 5 representaría pequeña y aislada. La sumatoria para cada actividad se combinó sumando los valores de cada actividad y sacando un promedio entre el número total de actividades antropogénicas tomadas en cuenta de la siguiente manera:

Índice de perturbación: (Cercanía carretera + Cercanía Poblados + Extracción Leña + Presencia Senderos + Tamaño + Aislamiento).

Cuadro 1. Valores de intensidad (de 1 a 5) de actividades antropogénicas e índice de perturbación (de 1 a 5) para los tipos de hábitat en los Biotopos El Zotz y Cerro Cahuí muestreados durante el presente estudio.

N.	Sitio	Cercanía a carretera	Cercanía a Poblados	Extracción de leña	Presencia de senderos	Tamaño de área	Aislamiento	Índice de perturbación
1	Zotz bajo	1	1	1	1	1	1	1.0
2	Zotz alto	3	1	1	2	1	1	1.5
3	Cahuí bajo	4	4	2	3	5	5	3.8
4	Cahuí alto	4	4	2	3	5	5	3.8

Fuente: Datos de campo realizados año 2009 y 2011

8. RESULTADOS

Riqueza general de especies de musgos

Se colectó un total de 190 especímenes de musgos pertenecientes a 18 especies, distribuidas en 13 familias y 15 géneros (Cuadro 2). Las familias con el mayor número de especies fueron Fissidentaceae con 3 especies y Semathophyllaceae y Thuidaceae con 2 especies cada una. El resto de familias presentó únicamente 1 especie (Cuadro 2).

Cuadro 2. Especies de musgos registradas por tipo de hábitat en los Biotopos El Zotz y Cerro Cahuí, Departamento de Petén.

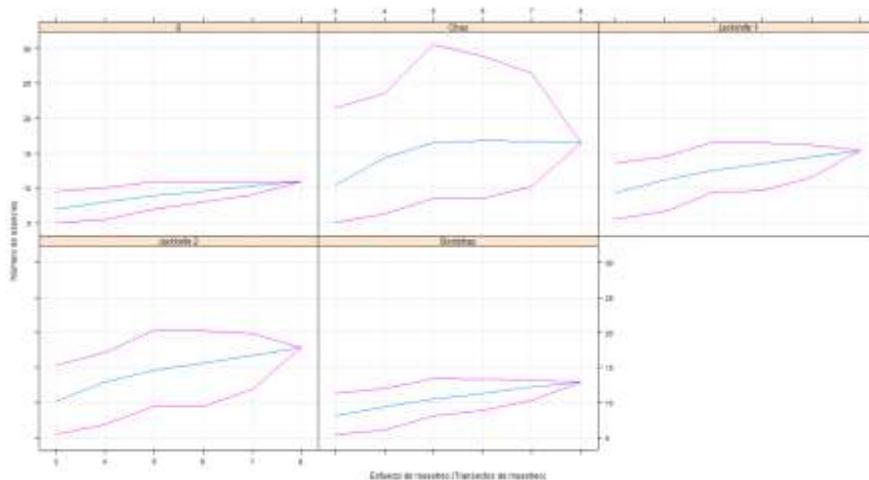
N.	Familia	Especie	El Zotz		Cerro Cahuí	
			ZA	ZB	CCA	CCB
1	Brachyteaceae	<i>Zelometeorium patulum</i> (Hedw.) Manuel.	X			
2	Calymperaceae	<i>Syrrhopodon incompletus</i> Schwaegr.		X		
3	Fissidentaceae	<i>Fissidens santa-clarensis</i> Thér.		X		X
4	Fissidentaceae	<i>Fissidens serratus</i> Müll. Hal.	X	X		X
5	Fissidentaceae	<i>Fissidens zollingeri</i> Mont.		X		X
6	Hypnaceae	<i>Chryso-hypnum diminutivum</i> (Hampe) W.R. Buck.	X	X	X	
7	Meteoriaceae	<i>Meteorium nigrescens</i> (Sw. ex. Hedw.) Dozy & Molk	X	X	X	
8	Neckeraceae	<i>Neckeropsis undulata</i> (Hedw.) Reichardt.	X		X	
9	Pottiaceae	<i>Hyophila involuta</i> (Hooker) A. Jaeger				X
10	Pterobryaceae	<i>Pireella pohlii</i> (Schwägr.) Cardot	X	X	X	X
11	Racopilaceae	<i>Racopilum tomentosum</i> (Hedw.) Brid.	X			
12	Rutenbergiaceae	<i>Pseudocryphaea domingensis</i> (Spreng.) W.R. Buck	X			
13	Semathophyllaceae	<i>Sematophyllum subpinnatum</i> (Brid.) E. Britton		X		
14	Semathophyllaceae	<i>Taxithelium planum</i> (Britt.) Mitt.	X	X	X	X
15	Stereophyllaceae	<i>Entodontopsis leucostega</i> (Brid.) W.R. Buck & Ireland	X	X	X	X
16	Stereophyllaceae	<i>Stereophyllum radiculosum</i> (Hook.) Mitt.	X	X	X	X
17	Thuidiaceae	<i>Cyrto-hypnum involvens</i> (Hedw.) W.R. Buck & H.A. Crum	X	X		
18	Thuidaceae	<i>Cyrto-hypnum schistocalyx</i> (Müll. Hal.) W.R. Buck & H.A. Crum	X			X

ZA (bosque alto del Zotz)). ZB (bosque bajo del Zotz). CCA (bosque alto de Cerro Cahuí) y CCB (bosque bajo de Cerro Cahuí).

Fuente: Datos de campo realizados año 2009 y 2011.

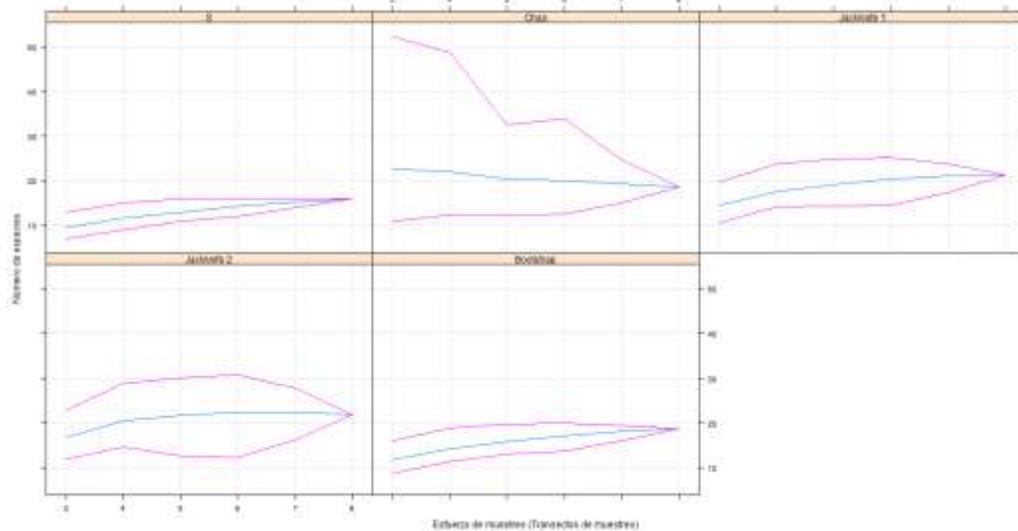
Como puede observarse en las curvas de acumulación de especies generadas a partir de los estimadores de riqueza empleados, la mayoría de curvas están cerca de alcanzar la asíntota. Según los estimadores de riqueza empleados, Cerro Cahuí posee alrededor de 15 especies de musgos (Figura 2) y El Zotz 18 especies (Figura 3).

Figura 2. Curvas de acumulación de especies para el Biotopo El Zotz. Calculadas a partir de los estimadores de riqueza de especies S (Abundance-based Coverage Estimator), Chao de primer orden, Jackknife de primer orden (Jackknife 1), Jackknife de segundo orden (Jackknife 2) y Bootstrap. La línea azul representa la estimación de riqueza de especies y la línea rosa el error estándar.



Fuente: Datos de campo realizados año 2009 y 2011

Figura 3. Curvas de acumulación de especies para el Biotopo Cerro Cahuí. Calculadas a partir de los estimadores de riqueza de especies S (Abundance-based Coverage Estimator), Chao de primer orden, Jackknife de primer (Jackknife 1), Jackknife de segundo orden (Jackknife 2) y Bootstrap. La línea azul representa la estimación de riqueza de especies y la línea rosa el error estándar.

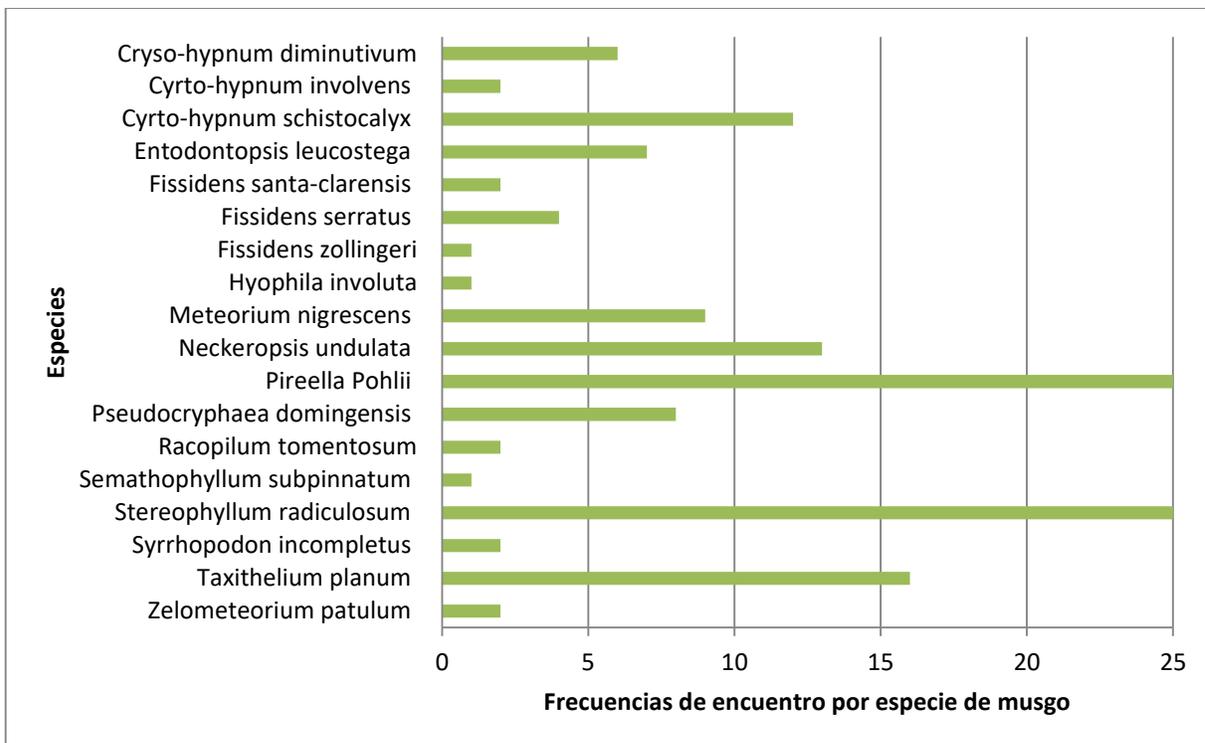


Fuente: Datos de campo realizados año 2009 y 2011

Frecuencias de encuentro

Las especies con mayor frecuencia de encuentro para ambos biotopos fueron *Stereophyllum radiculosum* y *Pireella pohlii* (Anexo 13.2). Otras especies bastante frecuentes de encontrar en ambas áreas fueron: *Taxithelium planum*, *Neckeropsis undulata*, *Cyrto-hypnum schistocalyx* y *Meteorium nigrescens* (Figura 4).

Figura 4. Frecuencia de encuentro (número total de parcelas de muestreo en las que se registró la especie/total de parcelas muestreadas) de las especies de musgos registradas en los biotopos El Zotz y Cerro Cahuí.



Fuente: Datos de campo realizados año 2009 y 2011

Riqueza de especies por sitio de estudio

El Zotz presentó mayor número de especies (17 especies) en comparación con Cerro Cahuí (9 especies). En el Biotopo El Zotz las especies registradas se distribuyeron en 13 familias y 15 géneros. Por su parte, las especies del Biotopo Cerro Cahuí se distribuyeron en 9 familias y 10 géneros.

Diversidad de musgos por sitio de estudio

El Biotopo El Zotz mostró los valores de diversidad más altos en comparación con el Biotopo Cerro Cahuí (Cuadro 4). En relación al tipo de vegetación, El Zotz presentó un valor de diversidad mayor en la vegetación baja. Por su parte, en el Biotopo Cerro Cahuí la diversidad de musgos fue igual entre tipos de vegetación.

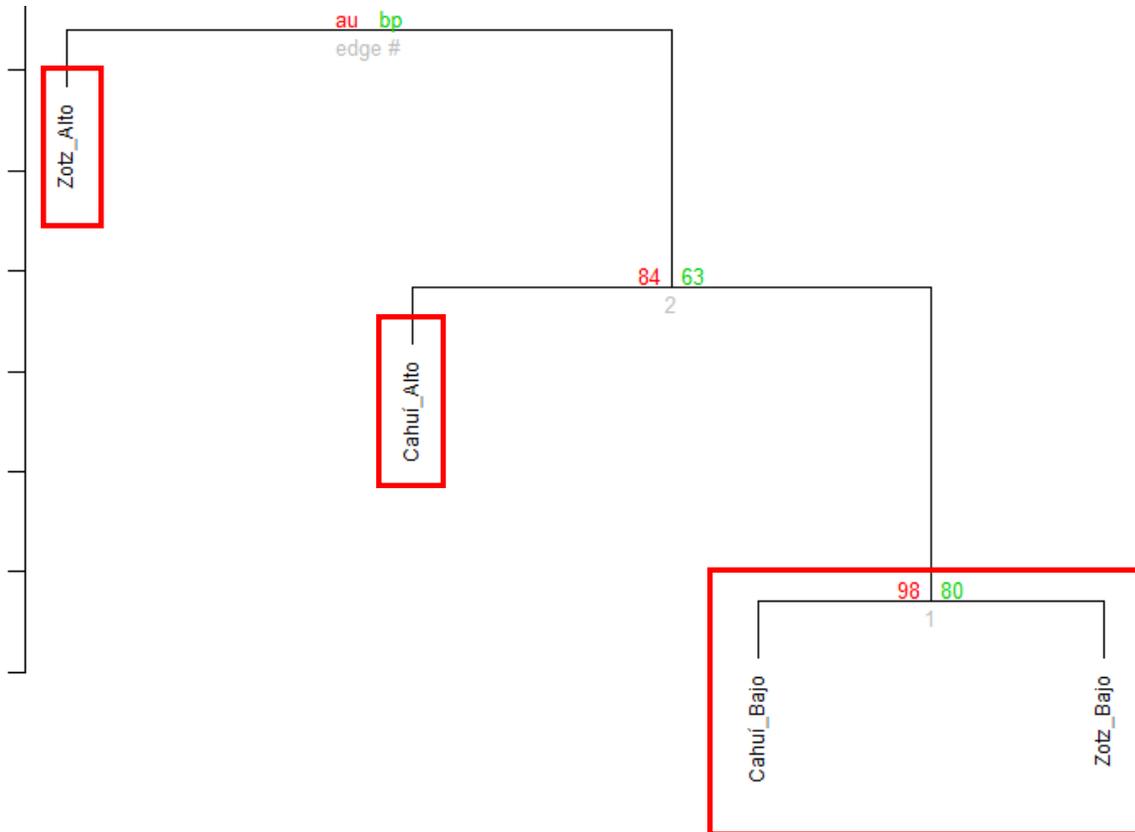
Cuadro 4. Valores de los índices de diversidad (Shannon y Simpson) de musgos calculados para los tipos de hábitats estudiados con base en la riqueza y frecuencia de encuentro de musgos presentes en cada tipo de hábitat.

Índice de diversidad	Sitio de muestreo					
	Cahuí	Zotz	Cahuí Alto	Cahuí Bajo	Zotz Alto	Zotz Bajo
Shannon	1.99	2.50	1.69	1.69	2.25	2.36
Simpson	0.82	0.90	0.77	0.77	0.87	0.89

Fuente: Datos de campo realizados año 2009 y 2011

Composición de musgos entre sitios de estudio

El análisis de agrupamiento para los cuatro sitios muestreados (bosque alto y bajo de ambos biotopos) identificó la formación de tres grandes grupos con base en la composición y frecuencia de encuentro de las especies de musgos (Figura 6). El análisis indica que la composición de musgos del hábitat de bosque alto del Biotopo El Zotz y el hábitat de bosque alto del Biotopo Cerro Cahuí difiere entre sí y con el resto de las unidades de muestreo. El análisis también indica que la composición de musgos de la vegetación de bosque bajo es similar entre ambos biotopos. El análisis muestra que la composición de musgos de la vegetación alta del Biotopo Cerro Cahuí y las unidades de bosque bajo de ambos biotopos comparten mayor similitud en relación al sitio de bosque bajo del Biotopo El Zotz.

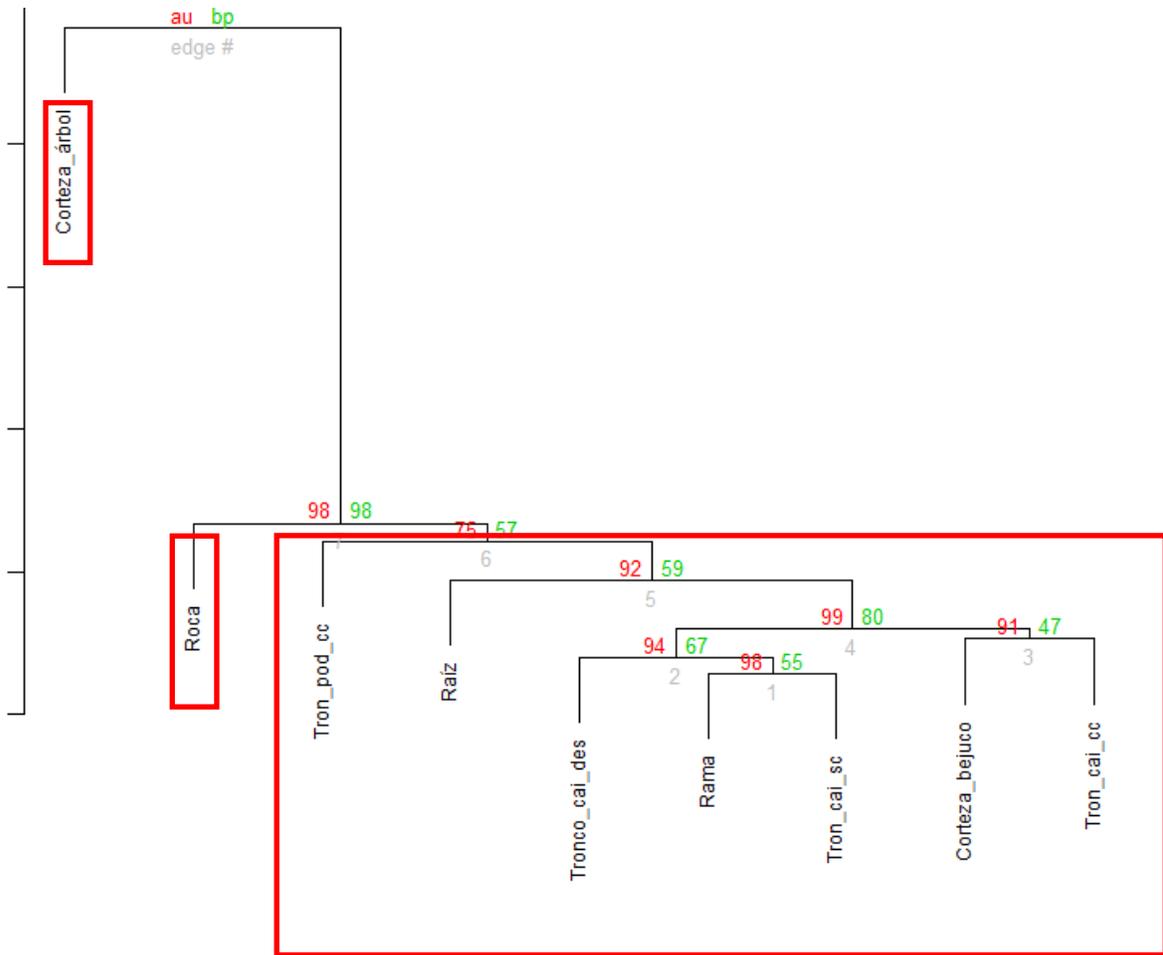


Fuente: Datos de campo realizados año 2009 y 2011

Figura 6. Dendrograma de similitud de especies de musgos entre tipos de vegetación encontrados dentro de los Biotopos Cerro Cahuí y El Zotz. Los valores de AU y BP son valores de p para conocer la significancia del cálculo de similitud-disimilitud. AU se calcula mediante Método pvclust complete y método de distancia Eucliniiana.

Riqueza de musgos según el sustrato

El análisis de agrupamiento para los nueve tipos de sustrato muestreados identificó la formación de tres grandes grupos con base en la composición y frecuencia de las especies de musgo (Figura 7). El análisis indica que la corteza de árbol presenta una composición de musgos diferente al resto de sustratos. El segundo grupo está formado por el sustrato roca que difiere casi en un 100% con el resto de sustratos. Finalmente, el dendrograma indica que el resto de sustratos sostienen la misma composición y abundancia relativa de musgos.



Fuente: Datos de campo realizados año 2009 y 2011
Figura 7. Dendrograma de similitud de especies de musgos entre tipos de sustrato encontrados dentro de las parcelas de muestreo. Los valores de AU y BP son valores de p para conocer la significancia del cálculo de similitud-disimilitud. AU se calcula mediante remuestreo de bootstrap multiescala y es una mejor aproximación de un valor de p que BP, que es un valor de p calculado por un remuestreo de bootstrap normal.

9. DISCUSIÓN

Riqueza general de especies

Se registró un total de 18 especies de musgos en ambos biotopos. Esta riqueza corresponde aproximadamente al 3% de las especies de musgos registradas para el país (Véliz, 2008). Todas las especies registradas en este estudio están presentes en el Catálogo de Musgos de Guatemala (Salazar, De Gracia y Chung, 2006). Aunque la riqueza de especies de musgos registrada en este estudio es relativamente baja, esta riqueza es similar a la registrada en otros sitios de vegetación tropical de Petén como Laguna del Tigre y Dos Lagunas (Morales *et al.* 2011). Además, generalmente la riqueza de especies de musgos en bosques tropicales lluviosos, como los muestreados en este estudio, es menor en comparación con bosques más húmedos a mayores altitudes (por ejemplo: bosques de montaña o bosques nubosos) (Gradstein, Churchill y Salazar, 2001).

Los datos sugieren que el esfuerzo de muestreo fue considerable y que se registró la mayoría de especies esperadas para los sitios de muestreo. Sin embargo, se recomienda realizar mayor número de colectas en ambas áreas para obtener un inventario completo de la riqueza de especies de ambas áreas.

La familia mejor representada en el estudio fue Fissidentaceae. Esta familia se caracteriza por presentar especies tolerantes a hábitats abiertos y por ende más cálidos (Gradstein, Churchill y Salazar, 2001). Esta familia también se caracteriza por presentar especies xerofíticas de bosques secundarios o bien especies adaptadas a hábitats perturbados (Dauphin y Grayum, 2005). A pesar de que los muestreos se realizaron dentro de áreas protegidas, existen sitios dentro de ambas áreas que presentan perturbación natural y antrópica leve lo que explica la presencia de varias especies de esta familia. Además, las familias Sematohpyllaceae y Stereophyllaceae fueron las más frecuentes de encontrar en ambos biotopos. Estas familias son características del neotrópico (abarca la región tropical del continente americano) especialmente en hábitats de bosques bajos tropicales como los muestreados en este estudio (Da Costa y Lima, 2005).

Riqueza de especies por Biotopo

Las curvas de acumulación de especies sugieren que se registró una considerable cantidad de especies de musgos presentes en ambos biotopos. En el caso del Biotopo Cerro Cahuí los datos sugieren que se registró la mayor parte de las especies de musgos presentes en esta área. Sin embargo, para el Biotopo el Zotz, los datos sugieren que se requiere mayor esfuerzo de muestreo para registrar la riqueza total de especies del lugar. Esto se debe a que el Biotopo El Zotz posee un área mucho mayor en comparación con el Biotopo Cerro Cahuí, por lo que para registrar la riqueza que sostiene el esfuerzo debe ser mucho mayor. Además, el Biotopo El Zotz posee mayor diversidad de hábitat y en diferentes estados de

conservación por lo que la diversidad que sostiene seguramente es mucho mayor a la de Cerro Cahuí.

Especies más comunes dentro del área de estudio

Las especies más comunes (con mayor frecuencia de encuentro) para ambos biotopos fueron *Stereophyllum radiculosum* y *Pireella pohlii*. Estas especies se caracterizan por estar presentes en bosques bajos tropicales y bosques montanos semi-secos (Buck, 1998), con características ambientales similares al área de estudio. La especie *S. radiculosum* es una especie de amplia distribución en el neotrópico (Gradstein, Churchill y Salazar, 2001) y en bosques tropicales lluviosos se encuentra con frecuencia (Acebey, Gradstein y Thorsten, 2001). *P. pohlii* es una especie epífita abundante en este tipo de bosques (Acebey, Gradstein & Thorsten, 2001). Otras especies bastante comunes fueron: *Taxithelium planum*, *Neckeropsis undulata*, *Cyrto-hypnum schistocalyx* y *Meteorium nigrescens*. Estas especies de musgos son comunes en sitios a bajas altitudes como los muestreados en este trabajo (Gradstein, Churchill & Salazar, 2001 y Buck, 1998).

Riqueza de musgos por sitio de estudio

Como esperábamos, el Biotopo el Zotz presentó mayor riqueza de especies de musgos en comparación con el Biotopo Cerro Cahuí. El Zotz presentó la mayoría de las especies de musgos registradas durante el estudio. Además, varias especies se registraron exclusivamente en esta área protegida: *Zelometeorium patulum*, *Syrrhopodon incompletus*, *Racopilum tomentosum*, *Pseudocryphaea domingensis*, *Sematophyllum subpinnatum* y *Cyrto-hypnum involvens*. Estas especies son comunes en bosques bajos semi-secos (Gradstein, Churchill y Salazar, 2001 y Acebey, Gradstein y Thorsten, 2001). Además comparten registros con otros departamentos en Guatemala tales como: Izabal, Alta Verapaz, Huehuetenango incluso Suchitepéquez, en regiones de montaña y algunas colectas en los que presentan bosques bajos (Salazar, De Gracia y Chung, 2006).

Únicamente una especie fue registrada exclusivamente para El Biotopo Cerro Cahuí, la especie *Hyophila involuta*; que se registró en el bosque bajo de esta área. Esta especie prefiere los sitios expuestos, generalmente en bosques semi-secos bajos de hasta 350 msnm. Además, esta especie está asociada a sitios perturbados (Gradstein, Churchill y Salazar, 2001). Es probable que el registro de esta especie se haya facilitado debido a que Cerro Cahuí posee muchos espacios abiertos por ser un área más pequeña y con mayores niveles de perturbación en comparación con El Zotz. De esta especie también se tienen registros en otros departamentos de Guatemala como Alta Verapaz e Izabal (Salazar, De Gracia y Chung, 2006). En este estudio, esta especie se registró únicamente sobre las ruinas del sitio arqueológico Nakum (Aquino *et al.*, 2009)

Diversidad por sitio de estudio

En relación a los sitios de muestro entre tipos de bosque (alto y bajo) se observó que en el Biotopo Cerro Cahuí la diversidad de musgos es similar entre ambos tipos de bosque. La similitud de la diversidad de musgos entre hábitats en Cerro Cahuí puede deberse a que a pesar de presentar diferente tipo de vegetación, poseen condiciones ambientales y de perturbación similares (Ver cuadro 4). Sin embargo, en el Biotopo el Zotz se observó mayor valor de diversidad en el bosque bajo. Esto puede deberse a que en este tipo de vegetación se registraron dos especies únicas (*S. subpinnatum* y *C. schistocalyx*).

En general, la diversidad de musgos fue mayor en el Biotopo El Zotz. Esto puede deberse a que este biotopo, en general, está mejor conservado que Cerro Cahuí. Los valores del índice de perturbación antrópica de los sitios de muestreo fueron menores para este biotopo en comparación con los sitios muestreados en el Biotopo Cerro Cahuí. El Zotz, presentó más micro-hábitats dentro de los tipos de vegetación muestreados. Por otro lado, en el Biotopo Cerro Cahuí el hábitat es más homogéneo.

Comparación de las comunidades de musgos entre tipos de hábitat

Encontramos que la composición de musgos del hábitat de bosque alto del Zotz difiere del resto de sitios de muestreo. Los resultados también indican que la composición de musgos del bosque alto de Cerro Cahuí difiere de la del bosque alto del Zotz, pero tiene mayor similitud con la composición de los bosques bajos. Esto puede deberse a que la riqueza en los bosques altos de ambos biotopos fue mayor, a que presentaron especies únicas y a que la frecuencia de encuentro de las especies fue mayor en los bosques altos.

También encontramos que la composición de especies de musgo entre bosques bajos es muy similar entre biotopos. Esta similitud se debe a que ambos sitios comparten especies de musgos y a que sus frecuencias de encuentro fueron más bajas en comparación con los bosques altos. Esta similitud de composición de musgos entre bosques bajos puede deberse a que estos sitios presentan condiciones climáticas y de estructura de la vegetación muy similares. Estas áreas son lugares abiertos con humedad relativa alta y con vegetación escasa de poca altura. Estas características pueden afectar la presencia de otras especies menos tolerantes a la luz y baja humedad por lo que solo especies más resistentes se presentan en estos tipos de bosque.

Similitud de la composición de musgos por tipo de sustrato

El sustrato corteza registró la mayor riqueza de especies de musgos (12 especies de las 18 encontradas). Debido a esto, el análisis de agrupamiento ubica a este tipo de sustrato como un grupo separado del resto de sustratos. Las especies epífitas fueron comunes en este tipo de sustrato, como *P. domingensis* y *T. planum* y algunos géneros como *Fissidens*, *Syrrhopodon* y *Cyrto-hypnum* (Gradstein, Churchill y Salazar, 2001; Acebey, Gradstein y Thorsten, 2001). En este tipo de sustrato también se registraron epífitas generalistas como *Neckeropsis* y *Zelometeorium* (Gradstein, Churchill y Salazar, 2001).

El sustrato roca formó un grupo distinto al resto de sustratos. Este sustrato se separó debido a que presenta especies únicas como: *F. serratus*, *F. zollingeri*, *S. radiulosum*, *C. schistocalyx* y *H. involuta*. Todas estas especies se caracterizan por preferir las rocas como principal sustrato. Estas especies también son comunes en bosques tropicales semi-secos, principalmente en sitios abiertos. En particular la especie *H. involuta* se encuentra comúnmente en rocas expuestas al sol que tienden a presentar una temperatura elevada (Aquino *et al*, 2009).

El resto de sustratos presentaron una composición de especies de musgos bastante similar, por lo que formaron un mismo grupo en el análisis de ordenamiento. En este grupo se encuentran muchas especies generalistas que registraron frecuencias de encuentro similares.

10. CONCLUSIONES

- Se registró un total de 18 especies de musgos en ambos biotopos. Aunque esta riqueza de especies es relativamente baja; es similar a la registrada en otros sitios de vegetación tropical del departamento de Petén.
- Los datos sugieren que el esfuerzo de muestreo fue bueno. Sin embargo, se recomienda realizar mayor número de colectas en ambas áreas para obtener un inventario completo de la riqueza de especies de ambas áreas.
- La familia mejor representada en el estudio fue Fissidentaceae. Esta familia se caracteriza por presentar especies tolerantes a hábitats abiertos y perturbados comunes en ambas áreas muestreadas. Además, las familias Sematohpyllaceae y Stereophyllaceae fueron las más frecuentes de encontrar en ambos biotopos.
- Las especies más comunes para ambos biotopos fueron *Stereophyllum radiculosum* y *Pirella pohlii*. Otras especies bastante comunes fueron: *Taxithelium planum*, *Neckeropsis undulata*, *Cyrto-hypnum schistocalyx* y *Meteorium nigrescens*.
- El Zotz presentó la mayor riqueza y los valores de diversidad más altos. Esta área presentó un alto número de especies que no se registraron en el Biotopo Cerro Cahuí. La mayoría de especies exclusivas registradas son comunes en bosques bajos semi-secos.
- La única especie exclusiva del Biotopo Cerro Cahuí fue *Hyophila involuta*, que se registró en el bosque bajo de esta área.
- La diversidad de musgos en el bosque bajo y alto del Biotopo Cerro Cahuí fue similar sugiriendo que las condiciones ambientales y de perturbación son similares en ambos tipos de bosque.
- La diversidad de musgos fue mayor en el Biotopo El Zotz. Esto puede deberse a que este biotopo, en general, está mejor conservado que Cerro Cahuí.
- Como esperábamos, no todos los sustratos fueron igualmente favorables para el crecimiento de musgos. El sustrato corteza registró la mayor riqueza de especies de musgos.

11.RECOMENDACIONES

- Se recomienda replicar el muestreo de este estudio en otros tipos de vegetación y mayor número de sitios del Petén, para tener mayor información sobre la diversidad de musgos de este departamento.
- Se recomienda realizar más estudios relacionados con la diversidad de musgos para Guatemala, ya que aún existen vacíos de información relacionados con el estado actual de este grupo.
- Se recomienda hacer intercambios de información y de especímenes de briófitos con otros herbarios en el extranjero, ya que es ahí donde se encuentra el mayor número de colecciones reportadas para Guatemala.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Acebey A., S.R. Gradstein y T. Krömer. (2003). *Species richness and habitat diversification of bryophytes in submontane rain forest and fallows of Bolivia*. Journal of Tropical Ecology 19:9-18.
- Aquino D., E. Barrios, M.V. Ríos, C. Espigares. (2009). *Crecimiento y Distribución de Organismos Vegetales Menores en la Arquitectura Prehispánica y su relación con el deterioro del Patrimonio Cultural edificado, Propuesta Técnica para su control. Sitio Nakum Petén*. Informe final de Investigación. Dirección General de Investigación (DIGI) Universidad de San Carlos de Guatemala. 127 Pp.
- Bartram, E. B. (1949). Mosses of Guatemala. Chicago Natural History Museum.
- Buck, W.R. (1998). Pleurocarpus Mosses of the West Indies. Mem. New York Bot. Gard. 82:1-400
- Da Costa D.P., y F. M. Lima. (2005). *Moss diversity in the tropical rainforests of Rio de Janeiro, southeastern Brazil*. Revista Brasil, Bot., Volumen 28, n4, p.671-685.
- Dauphin. L. G. y M. H. Grayum. (2005). *Bryophytes of the Santa Elena Peninsula and Islas Murciélago, Guanacaste, Costa Rica, with special attention to neotropical dry forest habitats*. Lankesteriana 5(1): 53-61.
- Charney, N. (2015). Package vegetarian. Jost Diversity Measures for Community Data. Versión 1.2. Disponible en línea.
- <https://cran.r-project.org/web/packages/vegetarian/vegetarian.pdf>
- CDC y CECON. (1995). *Propuesta de Plan Estratégico del Centro de Estudios Conservacionistas*. Doc. Técnico. Guatemala.
- CEMEC y CONAP. (2000). *Cambios en la cobertura boscosa de la Reserva de la Biosfera Maya de 1986 a 2000*. Centro de Monitoreo y Evaluación del Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Guatemala.
- CECON. (2001). Plan Maestro de la Reserva de la Biosfera Maya. Centro de Estudios Conservacionistas –CECON-. Presidencia de la República, Guatemala.

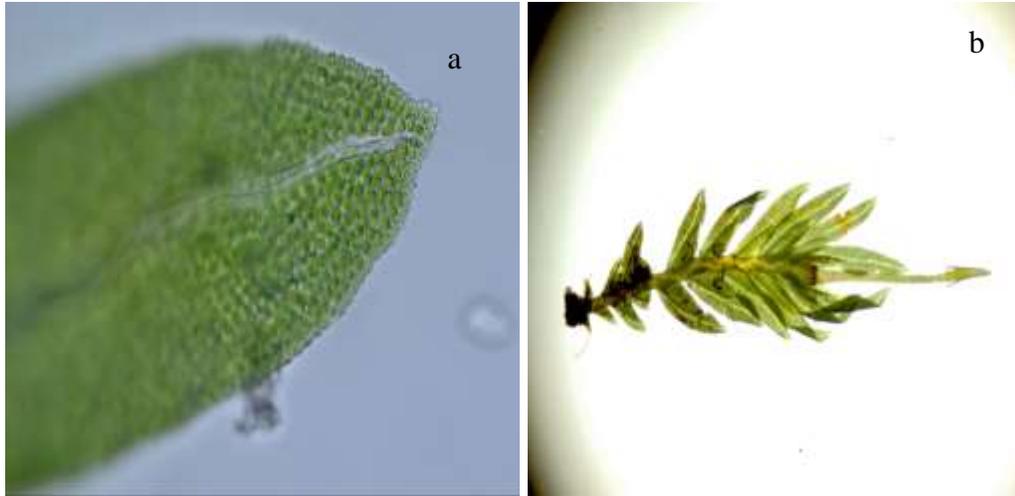
- Freire, V., M. Pérez y F. Ramírez. (2004) *Distribución de las hepáticas presentes en el sendero interpretativo “Los Musgos” del Biotopo Universitario para la conservación del Quetzal Lic. Mario Dary Rivera, Purulhá, Baja Verapaz. Guatemala*. Dirección General de Investigación-Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente. Centro de Estudios Conservacionistas, Guatemala.
- Gradstein, S.R., S.P. Churchill & N. Salazar-Allen. (2001). *Guide to the Bryophytes of Tropical America*. Memoirs of The New York Botanical Garden. Vol. 86. NYBG press, Bronx, New York.
- Jari et al. (2016). Package Vegan. Community Ecology Package. Versión 2.4-1. Pp. 291. Disponible en línea en:
<https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>
- Johnson, DE. 1998. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. Traducido por H. Pérez Castellanos. International Thomson Editores, Ciudad de México, México. 566 p.
- Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*, 2nd ed. Addison-Wesley Educational Publishers, Inc.
- Morales J., M.V. Ríos, P. López Cárcamo. (2011). *Diversidad de hepáticas de los Biotopos Cerro Cahuí, El Zotz y Laguna del Tigre, Petén, Guatemala*. Informe final de investigación. Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología -SENACYT- del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – CONCY-. 57 Pp.
- Newmaster, S.G., R. J. Belland, A. Arsenault, D.H. Vitt & T.R. Stephenfs. (2005). *The ones we left behind: Comparing plot sampling and floristic habitat sampling for stimating bryophyte diversity*. Diversity and Distribution 11, 57-72.
- Ryömä, R. y Laaka-Lindberg, S. (2005). *Bryophyte recolonization on burnt soil and logs*. Scandinavian Journal of Forest Research 20(Suppl 6):5-16.
- Salazar-Allen, N., J. E. De Gracia y C. Chung. (2006). *Aporte al catálogo de musgos de Guatemala*. En: Biodiversidad de Guatemala. Enio B. Cano (Ed.) Volumen I. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala. Centro América.

Steere, W.C. (1934). Mosses of British Honduras and the Departament of Petén, Guatemala. Extrait de la *Revue Bryologique et Lichénologique*.

Veliz, M. (2008). Diversidad Florística de Guatemala. En: Guatemala y su Biodiversidad. Un enfoque histórico, cultural, biológico y económico. Documento técnico 67(06-2008).

13. ANEXOS

13.1 Especies familia Fissidentaceae registradas durante el estudio.



F. santa-clarensis (a) hoja y *F. serratus* (b) esporofito

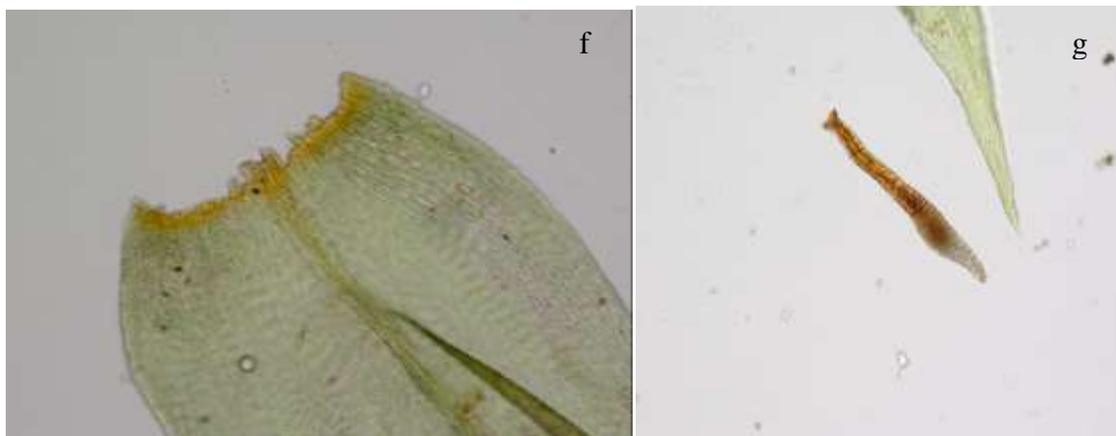


F. zollingeri (c) Corte transversal de la hoja

13.2 Especies con mayor frecuencia de encuentro en los Biotopos El Zotz y Cerro Cahuí.



S. radiculosum (d). Exostomas y (e) Esporas.



P. pohlii, (f). Hoja y (g) Arquegonio.

13.3 Especies encontradas en bosques bajos.

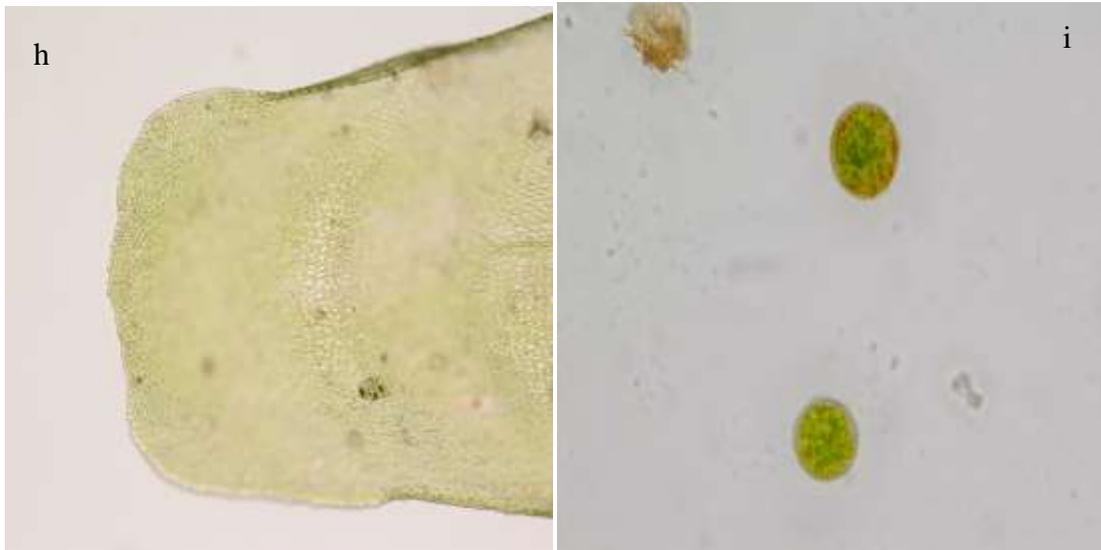


H. involuta. Biotopo Cerro Cahuí.



S. incompletus. Biotopo El Zotz.

13.4 Especie encontrada en bosques altos de los Biotopos El Zotz y Cerro Cahuí.



N. undulata (h) Hoja y (i) Esporas.