



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**Dirección General de Investigación**



**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.**

**INFORME FINAL**

**Presentado a la Dirección General de Investigación por:  
Dra. Virginia Freire**



**Integrantes del equipo de Investigación:**

**De izquierda a derecha:** Br. Felipe Ramírez, Auxiliar de Investigación I; Dra. Virginia Freire M., Coordinadora; Br. Victoria Ríos, participante por parte del programa de Experiencias Docentes con la Comunidad; Br. Mervin Pérez, Auxiliar de Investigación I.

**Duración del proyecto:**

Del 1 de febrero al 31 de Diciembre del 2004.

## RESUMEN EJECUTIVO:

Las hepáticas son un grupo de plantas no vasculares que proliferan en regiones neotropicales húmedas. Por su alta sensibilidad a contaminantes en agua y aire, tienen potencial como indicadores de calidad ambiental. Debido a su pequeño tamaño son un grupo muy poco estudiado y rara vez colectado en trabajos florísticos. Los bosques y selvas neotropicales están desapareciendo a paso acelerado. Las áreas protegidas son bancos de biodiversidad y constituyen sitios ideales para la preservación y el estudio de comunidades vegetales sin disturbio o con bajo nivel de intervención.

El Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal "Lic. Mario Dary Rivera" es un bosque nuboso en el que pocos estudios de flora han sido realizados. El bosque nuboso es un ecosistema frágil con alto grado de endemismo y es un sitio ideal para la proliferación de hepáticas debido a la alta humedad ambiental. Por éstas razones, éste biotopo fue seleccionado para realizar el primer estudio de hepáticas en Guatemala.

Con éste trabajo se produjo el primer listado ilustrado de hepáticas de Guatemala. Se determinaron los patrones de distribución de comunidades en diferentes sustratos y a diferentes rangos altitudinales y se realizó la primera aproximación al estudio fenológico de éste grupo. Se observó una estrecha relación entre el tipo de sustrato y la composición de las comunidades. Las especies presentes en suelo, roca y troncos decorticados son similares y difieren notablemente de las especies epífitas y las presentes en troncos corticados. Las especies epifíticas son más únicas y diferentes. La fenología muestra un patrón oscilatorio en el que hay alternancia de períodos con y sin esporofitos. Contrario a lo esperado, no se observa un patrón de producción de esporofitos relacionado con la época lluviosa.

A pesar de que el rango de altitud muestreado fue únicamente de 300 metros, se observa un aumento en el número de especies conforme a altitud. Es posible que las diferencias observadas estén relacionadas con el grado de disturbio que es mayor en los puntos bajos más que con altitud. Las comunidades presentes en los puntos con mayor disturbio difieren en su composición de las comunidades en los puntos con menor disturbio. Esto apoya el potencial de las hepáticas como indicadores de degradación ambiental en el área de estudio.

Este estudio debe continuarse para conocer la distribución de las hepáticas presentes en el Biotopo del Quetzal fuera de los senderos y cubriendo un mayor rango altitudinal. Es necesario establecer transectos que se orienten de los bordes hacia el centro del biotopo para esclarecer la respuesta a disturbio y detectar especies indicadoras. Se encontraron varias especies que no corresponden a las descripciones disponibles en la literatura, es muy importante hacer un estudio taxonómico más profundo para establecer si se trata de nuevas especies o especies raras o endémicas.

## **INDICE DE CONTENIDO**

	<b>Página</b>
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
III. JUSTIFICACIÓN	3
IV. OBJETIVOS	4
V. HIPÓTESIS	5
VI. REFERENTE TEORICO	6
VII. METODOLOGÍA	9
VIII. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	10
1. HEPÁTICAS PRESENTES EN LOS PUNTOS DE MUESTREO	11
2. DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES EN LOS PUNTOS DE MUESTREO	12
3. DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES POR SUSTRATO	13
4. FENOLOGIA	22
IX. CONCLUSIONES	24
X. RECOMENDACIONES	26
XI. BIBLIOGRAFÍA	27
XII. ANEXOS	29

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Altitud de los puntos de muestreo seleccionados para el estudio	9
Tabla 2: Abundancia de los grupos de hepáticas colectadas	12
Tabla 3: Géneros de las especies más frecuentemente encontradas	13
Tabla 4: Géneros con mayor número de especies	14
Tabla 5: Coeficiente de similaridad de Sorensen	15
Tabla 6: Índice de jackknife	17
Tabla 8: Especies únicas por punto de muestreo	20

## **INDICE DE FIGURAS**

Figura 1: Porcentaje de los 3 grupos de hepáticas colectados	12
Figura 2: Análisis de cluster	13
Figura 3: Análisis de cluster con especies raras de Lejeunaceas removidas	18
Figura 4: Riqueza de especies por punto	19
Figura 5: Especies raras por punto de muestreo	20
Figura 6: Análisis de cluster por sustrato	21
Figura 7: Análisis de DCA por sustrato	20
Figura 8: Riqueza de especies de acuerdo a su sustrato	22
Figura 9: Datos fenológicos por mes	23
Figura 10: Datos fenológicos ara algunos géneros representativos	23

## I. INTRODUCCION

El estudio de las briofitas ha sido tradicionalmente descuidado por ser plantas muy pequeñas y sin un aparente impacto a la humanidad. Sin embargo, es bien conocido la gran importancia ecológica de dichas plantas en sus ecosistemas y algunos usos que el hombre da especialmente a algunos grupos de musgos.

Las hepáticas son aún menos conocidas que los musgos debido a la falta de botánicos preparados para su estudio. A pesar de su aparente insignificancia, las hepáticas juegan roles importantes en la preservación de suelos, la absorción y retención de agua, fijación de carbono y nitrógeno, proveen vivienda a microorganismos y ofrecen fuentes de compuestos químicos estudiados por su potencial médico. La aplicación más inmediata de las hepáticas es su comprobada efectividad como marcadores de contaminación o degradación ambiental, ya que son altamente sensibles a desecación y a la presencia de contaminantes en agua y aire.

No hay publicaciones formales de las hepáticas de Guatemala. Los herbarios de nuestro país no cuentan con colecciones serias de dicho grupo. Hay menos de media docena de especies depositados en los herbarios de la Universidad del Valle de Guatemala y en el Herbario del Centro de Estudios Conservacionistas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Dichas colecciones se encuentran abandonadas, no habiendo personal calificado para su curación.

El Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal es un bosque nuboso con gran diversidad de briofitas. Por su alto grado de humedad relativa, ofrece un sitio adecuado para la proliferación de hepáticas. Por éstas razones se escogió éste sitio para efectuar el primer estudio formal de hepáticas de Guatemala.

Con éste trabajo se hace la primera contribución al estudio de las hepáticas en Guatemala. Se estudian los patrones de distribución y composición de comunidades en 8 puntos de muestreo de acuerdo a sustrato y gradiente altitudinal en el sendero interpretativo "Los Musgos" del Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal. Se presenta el primer trabajo florístico de hepáticas de Guatemala y la primera contribución al estudio fenológico de las hepáticas del área.

Este trabajo constituye la fase primera de lo que esperamos sea una línea continua de estudio en el Biotopo del Quetzal y a nivel nacional. Esperamos en el futuro ampliar el conocimiento de especies útiles como marcadores de calidad ambiental y de especies raras, endémicas o en peligro de extinción. El estudio de las hepáticas en Guatemala podría tener repercusiones en estrategias de conservación y recuperación de áreas intervenidas en el futuro.

## II. ANTECEDENTES

Los bosques neotropicales son ricos en biodiversidad, pero están desapareciendo a paso acelerado (Schofield, 1992). Es bien sabido que cada organismo desempeña un papel importante en su ecosistema y que varios de ellos son útiles al hombre. La pérdida de éstos recursos es lamentable e irreparable. Afortunadamente al presente se cuenta con áreas protegidas destinadas a preservar pequeñas muestras de lo que una vez fueron bastas áreas ricas en diversidad biológica.

Entre los grupos de plantas, las briofitas son fácilmente ignoradas en estudios florísticos debido a su pequeño tamaño, que las hace inconspicuas, y a la escasez de botánicos preparados para su estudio (Gradstein, 1992). Los musgos son mejor conocidos que las hepáticas. Esta situación obedece a una larga tradición de botánicos europeos y norteamericanos que estudiaron principalmente la brioflora de los bosques templados de Europa y los Estados Unidos de Norte América en donde las briofitas dominantes son los musgos.

En los bosques y selvas neotropicales hay muchos más representantes de hepáticas que de musgos (Gradstein, 1992). Algunos briólogos se han preparado en el estudio de hepáticas pero la tradición europea y norteamericana del gremio hacia el estudio de musgos prepondera hasta el día de hoy. El conocimiento de las hepáticas de América Latina es limitado. La mayoría de estudios se han realizado en América del Sur. Los géneros de hepáticas que han sido reportados como más abundantes en la región neotropical son *Plagiochila*, *Bazzania*, *Herbertus*, *Lepidozia*, *Lepicolea* y *Trichocolea* (Gradstein, 1992).

Miller (1982) menciona que existen listados de la flora de musgos para la mayoría de los países neotropicales. Sin embargo, la literatura de estudios de hepáticas para Centro América y México es escasa. La mayoría publicaciones son para Costa Rica (Herzog, 1951; Gradstein *et al.*, 1991; Lücking, 1995; Dauphin *et al.*, 1998; Dauphin, 1999; Gradstein *et al.*, 2001; Mervin, Gradstein & Nadkarni, 2001). Panamá (Stotler *et al.*, 1998), Belize (Whittmore & Allen, 1996), El Salvador (Winkler, 1967) Honduras (Herzog, 1951) y México (Gradstein & Váña, 1994) poseen pocas publicaciones en el tema.

No hay a la fecha reportes formales de las hepáticas de Guatemala. Tampoco existen colecciones formales de hepáticas en los herbarios de nuestro país. Los herbario de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG) y del Centro de Estudios Conservacionistas cuentan con 3 especies cada uno. No hay ningún ejemplar depositado en los herbarios BIGU de la Escuela de Biología ni en el herbario de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. No hay curadores dedicados a incrementar y mantener dichas colecciones.

### III. JUSTIFICACIÓN

Por su corta talla, las briofitas son inconspicuas y muchas veces ignoradas cuando realizando estudios florísticos de una región. Las hepáticas son menos conocidas que los musgos debido también a la falta de personas preparadas para su estudio. A pesar de su carácter inconspicuo, las hepáticas son miembros importantes en sus ecosistemas. Ellas juegan un papel importante en la retención de humedad, fijación de carbón y nitrógeno y ofrecen abrigo a gran variedad de invertebrados. En Guatemala, a la fecha, no se ha conducido ningún esfuerzo formal para estudiar la hepatoflora. No se cuenta con ninguna publicación de ésta naturaleza.

Es necesario realizar el primer paso hacia el conocimiento de hepáticas en Guatemala. Las hepáticas prometen ser organismos importantes para el monitoreo de la calidad ambiental y tienen potencial como fuente de sustancias con propiedades curativas. El Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal "Lic. Mario Dary Rivera" es un buen lugar para iniciar el estudio de hepáticas de Guatemala debido a las condiciones de alta humedad y sombra que prevalecen. A éste estudio seguirán otros inventarios florísticos y patrones de distribución de diferentes ecosistemas de Guatemala y, en un futuro, estudios de impacto ambiental y regeneración de bosques.

#### **IV OBJETIVOS**

##### **Objetivo General:**

Realizar un estudio florístico y de patrones de distribución de las hepáticas presentes a lo largo de el sendero interpretativo "Los musgos" del Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal "Lic. Mario Dary Rivera".

##### **Objetivos Específicos:**

Colectar e identificar las especies de hepáticas presentes en suelo, roca, troncos, corteza de árboles y hojas de latifoliadas a lo largo de el sendero interpretativos "los musgos" del biotopo universitario para la conservación del Quetzal "Lic. Mario Dary Rivera".

Comparar la composición de las comunidades de hepáticas colectadas en diferentes substratos y a diferentes rangos de altitud.

Generar el primer listado de hepáticas colectadas en el Biotopo para la conservación del Quetzal y en Guatemala.

Generar ilustraciones de las especies colectadas para darlas a conocer a la comunidad guatemalteca interesada en botánica.

Iniciar una sección de Briología en la biblioteca del Centro de Datos para la Conservación del Centro de Estudios Conservacionistas de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## **V. HIPOTESIS**

La composición de las comunidades de hepáticas presentes en el sendero interpretativo "los musgos" del Biotopo para la Conservación del quetzal "Lic. Mario Dary Rivera" difiere de acuerdo a su substrato y a su rango altitudinal.

## VI. REFERENTE TEORICO

### **Generalidades de briofitas:**

Las briofitas son un grupo heterogéneo de plantas unificadas por la carencia de tejidos vasculares y por un ciclo de vida en el que el gametofito es la fase fotosintética y dominante, mientras que el esporofito es dependiente del gametofito y de corta duración (Conard & Redfearn, 1979). Este ciclo de vida es único en el Reino Vegetal, todas las plantas exceptuando las briofitas tienen un esporofito dominante y un gametofito no trófico y altamente reducido. Debido a la falta de tejidos vasculares lignificados, los cuerpos de las briofitas son suaves y carecen de soporte por lo que son individuos de muy corta estatura. Las briofitas comprenden los musgos (Phylum Briophyta), hepáticas (Phylum Marchantiophyta) y antoceras (Phylum Anthocerotophyta).

Las briofitas no poseen raíces, en su lugar tienen rizoides que las sujetan a su sustrato pero no funcionan en la absorción de agua. La absorción de agua y nutrientes se realiza en toda la superficie de la planta. Por ésta razón las briofitas son altamente sensibles a contaminación en el aire y agua y han sido usadas como monitores de la calidad ambiental (Brown, 1984; Gradstein, 1992).

Aún cuando las briofitas son de tamaño pequeño, y como consecuencia inconspicuas, ellas juegan un papel significativo en el ecosistema (Gradstein, 1992). Las briofitas capturan agua de lluvia, especialmente en bosques montañosos, ayudando a mantener un nivel de humedad alto. Ellas sirven como sustrato para el establecimiento de plantas epífitas vasculares como orquídeas y ofrecen abrigo a una gran variedad de invertebrados y microorganismos como algas verde-azules (Gradstein, 1992).

Se ha comprobado que la cantidad de nitrógeno fijado a las hojas de plantas tropicales es proporcional a la biomasa de hepáticas epífilas que posean. Las hepáticas ofrecen un ambiente húmedo favorable al establecimiento de las cianofitas fijadoras de nitrógeno (Bentley & Carpenter, 1984). Las briofitas también poseen compuestos químicos únicos con propiedades farmacológicas (Asakawa, 1990).

### **Hepáticas:**

Las hepáticas se caracterizan por la presencia de cuerpos de aceite en sus células. Estos cuerpos están rodeados por una membrana y son únicos en el Reino Vegetal. El aceite es rico en terpenoides cuyo potencial para la ciencia médica está siendo analizado al presente (Asakawa, 1990). Las hepáticas se dividen en tres clases: Jungermanniópsida, Marchantiópsida y Metzgeriópsida.

La clase Jungermanniópsida comprende individuos foliosos, con hojillas laterales y a menudo con una línea de hojillas reducidas en su región ventral (Conard & Redfearn, 1979). Este es el grupo más abundante de hepáticas en las regiones tropicales, especialmente en los bosques nubosos. La mayoría de poblaciones son epífitas y muchas son epífilas. Son estos

individuos los más ampliamente estudiados como indicadores de polución ambiental (Brown, 1984; Gradstein, 1992).

La clase Marchantiópsida comprende las hepáticas talosas complejas, con poros y cámaras de aire en su superficie. Los miembros de ésta clase carecen de hojillas y producen estructuras elevadas en donde se encuentran los órganos sexuales (Conard & Redfearn, 1979). Este grupo es abundante en suelo y roca de regiones húmedas y posee distribución amplia.

La clase Metzgeriósida comprende las hepáticas talosas simples, sin diferenciación en sus talos. Este grupo puede ser encontrado en cualquier sustrato, pero es más abundante en el suelo. Son más abundantes en climas tropicales húmedos (Conard & Redfearn, 1979).

### **Briología en América Latina:**

La región neotropical está en necesidad de exploraciones briológicas. Muchas de las áreas son de difícil acceso y lastimosamente grandes cantidades de terreno están siendo completamente denudadas de su cobertura vegetal antes de que puedan ser estudiadas (Schofield, 1992). Los bosques neotropicales, debido a su complejidad, poseen considerable variedad de microhábitats que hospedan una gran diversidad de briofitas. La brioflora neotropical es el remanente sobreviviente más rico de la flora Gondwanalándica. La mayor diversidad es encontrada en bosques montanos nubosos en donde el grado de endemismo es extremadamente alto, habiendo varios géneros monotípicos (Schofield, 1992).

Los musgos son dominantes en bosques templados con poca humedad, mientras que las hepáticas prevalecen en bosques tropicales húmedos. La comunidad terrícola está más desarrollada en bosques con suelos ácidos ricos en humus que en bosques con una capa gruesa de hojarasca (Gradstein, 1992). Pequeñas diferencias en fuentes de agua, nutrientes, luz y la inclinación del sustrato tienen un efecto en la habilidad de las briofitas para establecerse. Hay especies diferentes en la base de los árboles, troncos, ramas ascendentes, rocas, suelo y hojas vivas de latifoliadas (Gradstein, 1992). La mayoría de briofitas epífitas se encuentran en los sustratos bajos y sombreados de bosques húmedos. Algunas especies tienen una distribución vertical muy amplia en los árboles y pueden ser considerados como generalistas ecológicos. Hay abundancia de briofitas epífilas en bosques por debajo de 2000 m.s.n.m. Estas briofitas requieren humedad y sombra y viven en hojas de plantas de estatura baja (Gradstein, 1992).

### **Conservación y estudio de briofitas:**

La protección de los hábitats de briofitas es esencial para salvar sus comunidades de la extinción. Aún cuando pequeñas reservas de diversidad biológica podrían ser suficientes para conservar las briofitas, áreas lo suficientemente grandes son necesarias para asegurar el reemplazo de los árboles huéspedes y para mantener las condiciones climáticas locales (Gradstein, 1992). Es difícil determinar las especies de briofitas amenazadas o en peligro de extinción debido a insuficientes colectas y a un conocimiento muy limitado de la distribución y taxonomía de este grupo de organismos. Es muy importante contar con muestras de diferentes

ecosistemas protegidos para preservar las briofitas en cada uno de ellos. Las áreas protegidas también deben ser usadas como laboratorios para el estudio de la riqueza natural de briofitas.

La brioflora de ambientes intervenidos es muy diferente a la presente en bosques primarios. Estas diferencias han sido escasamente estudiadas pero se ha observado que los bosques secundarios tienen menos riqueza en número de especies que los bosques primarios (Pócs, 1982). Las especies epífitas de sombra son las más amenazadas por la destrucción de los bosques. Poca atención se ha prestado a la regeneración de briofitas en bosques secundarios (Gradstein, 1992).

Gradstein (1992) recomienda mucha más investigación de el impacto de la deforestación sobre las briofitas y más inventarios para saber cuales especies son localmente comunes y cuales son raras. También se necesitan más estudios de comparación entre bosques sin disturbio con aquellos en estado secundario y con plantaciones comerciales. Uno de los mayores problemas es el que hay muy pocos briólogos viviendo en los trópicos. Debido a la velocidad con que los bosques están desapareciendo, un estudio intensivo de briofitas en estas regiones es necesitado con urgencia (Gradstein, 1992).

#### **Biotopo universitario para la conservación del quetzal "Lic. Mario Dary Rivera"**

El biotopo universitario para la conservación del quetzal "Lic. Mario Dary Rivera" está ubicado al noreste del departamento de Baja Verapaz, con coordenadas 9° 13' 15' de latitud y 15° 30' 0' de longitud (USAC/CECON, 1999). El rango altitudinal del Biotopo es de 1,600 a 2,300 m.s.n.m. La reserva cubre 1,017 hectáreas de las cuales, la mayoría es ocupada por el bosque nuboso con vegetación característica de regiones con alta humedad. Según Stadtmuller (1987), son características de los bosques nubosos la alta humedad relativa que favorece la abundancia de plantas epífitas y un alto grado de endemismo. García (1998), Monterroso (1976), Ponciano (1980) y Véliz (1997) realizaron estudios de la vegetación del Biotopo del Quetzal pero ninguno trató las hepáticas que por las condiciones climáticas prometen ser abundantes y con representantes de numerosas especies.

## VII. METODOLOGIA

### Delimitación del área de estudio:

Se estudiaron las hepáticas presentes a lo largo del sendero interpretativo "los musgos". Este sendero es más largo que el sendero de "los helechos" y ofrece una mejor representación del rango altitudinal. Muestrear a lo largo de un sendero se justifica por la accesibilidad a las muestras y por favorecer la presencia de hepáticas terrestres que no se encuentran en el suelo del bosque debido a la cubierta de hojarasca.

En una caminata de reconocimiento se eligieron los puntos de muestreo en base a altitud y a la presencia de hepáticas en todos los sustratos incluidos en el estudio. La altitud de los sitios de muestreo se determinó con un altímetro y la ubicación exacta usando un gps. Los puntos de muestreo fueron marcados en el sendero usando las coordenadas obtenidas con el gps (Ver Anexo 1).

**Tabla No. 1. Altitud de los puntos de muestreo seleccionados para el estudio.**

Puntos de muestreo	Altitud(msnm)	Coordenadas
Punto 1	1625	N15.21329 W90.21557
Punto 2	1737	N15.21130 W90.21584
Punto 3	1820	N15.20867 W90.21482
Punto 4	1925	N15.20869 W90.21792
Punto 5	1900	N15.21010 W90.22002
Punto 6	1800	N15.21171 W90.22128
Punto 7	1689	N15.21254 W90.21995
Punto 8	1620	N15.21354 W90.21758

### Muestreo:

Las muestras se tomaron desde una altitud aproximada de 1,600 msnm y hasta los 1900 msnm a lo largo de toda la trayectoria del sendero interpretativo "los musgos". Se eligieron 8 puntos de muestreo, 4 del lado este y 4 del lado oeste del sendero a intervalos aproximados de 100 metros de altitud (Tabla 1 y Anexo 1). Se tomaron muestras de las hepáticas presentes en los siguientes sustratos: roca, suelo, troncos decorticados, troncos corticados, tallos y ramas de árboles y arbustos vivos hasta una altura de 1.5 metros, hojas de plantas latifoliadas del sotobosque hasta una altura de 1.5 metros.

### Técnicas de colecta:

Para un rápido reconocimiento en el campo, las hepáticas son estudiadas con una lente de aumento de 10x o 14x. La colecta de hepáticas se lleva a cabo usando cuchillo o navaja para separarlas de los árboles o troncos en que están ancladas. Se acostumbra coleccionar las hepáticas con una porción de su sustrato para tener un récord permanente del mismo. Cuando se trata de hepáticas creciendo en rocas, las plantas se separan de su sustrato.

Los especímenes se colocaron en bolsas de papel kraft de ½ libra, una colecta por bolsa. En la bolsa se anota con lápiz: número de campo, altitud, ubicación y tipo de sustrato. Si se trata de hepáticas epífitas se anota la altura a la que se encuentran en la planta. También se anota el nombre del colector, fecha, número de rollo fotográfico, número de fotografía y observaciones en general. Todos los datos se anotan también en una libreta de campo al llegar a la estación de trabajo.

Para identificar a varias de las hepáticas a el nivel de especie es necesario contar con gametofitos y esporofitos con esporas maduras. Se visitaron los puntos de muestreo en visitas mensuales a lo largo del año para establecer el perfil fenológico del ciclo de vida de las diferentes especies encontradas en los diferentes rangos altitudinales y para aumentar la probabilidad de tener esporofitos que faciliten la identificación de las especies. Las hepáticas fueron fotografiadas *in situ* usando una cámara digital y una cámara convencional con lente macro y flash circular para tener información sobre su ambiente natural y para establecer un banco de imágenes.

#### **Procesamiento de las muestras:**

Las bolsas de papel con las muestras se colocaron abiertas en un lugar seco y seguro y se dejaron secar al aire por 2 a 3 días. Luego las bolsas fueron dobladas y transportadas al laboratorio para las fases de identificación, fotografía e ingreso de los especímenes al herbario.

#### **Identificación de los especímenes colectados:**

Para ser identificados, los especímenes secos fueron colocados en cajas de petrí con agua para que las células se rehidraten. La identificación de los especímenes se efectuó en el laboratorio usando principalmente las claves escritas por Gradstein (1989), Gradstein, Churchill y Salazar-Allen (2001) y Gradstein (2003). Para seguir las claves de identificación, los especímenes se estudiaron con un estereóscopo, el detalle celular se estudió usando un microscopio óptico. Se usaron agujas de disección finas y pinzas. La presencia de gametangios y esporofitos en las colecciones fue indicada por medio de símbolos en las etiquetas de los paquetes a ingresar al herbario. El detalle a nivel celular fue fotografiado usando una cámara digital.

#### **Preparación de las muestras para su ingreso al herbario:**

Los especímenes secos fueron colocados en sobres de papel libre de ácido y entregados junto con sus datos a los curadores de los herbarios de la Escuela de Biología de la Universidad de San Carlos de Guatemala y del Centro de Estudios Conservacionistas de la misma Universidad.

**Análisis de datos:**

Se hizo una matriz de datos usando Microsoft Excel con todas las especies encontradas en los puntos de muestreo. La matriz consiste de una tabla organizada por punto de muestreo y desglosada por sustrato muestreado.

Comparaciones de la composición de las comunidades de los diferentes sustratos por punto de muestreo, así como entre diferentes rangos altitudinales fueron realizados usando el coeficiente de similitud de Sorensen usando un análisis de cluster. Los datos fueron analizados usando el programa estadístico PC-ORD, Version 3.12.

**Instrumentos para registro y medición:**

Colecta: GPS, altímetro, mapa 1:50,000, bolsas de papel kraft, lápiz, libreta de campo, lente de aumento, cuchillo, cámara fotográfica con flash circular.

Trabajo de laboratorio: Claves de identificación, cajas de petrí, agujas de disección, pinzas finas, agua destilada, porta-objetos, cubre-objetos, estereóscopo, microscopio, cámara digital.

Preparación de muestras: Papel blanco para paquetes, tinta para imprimir etiquetas, goma.

Divulgación: Papel, cinta para impresora, tinta a color para impresora, encuadernado, fotocopias.

## VII. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

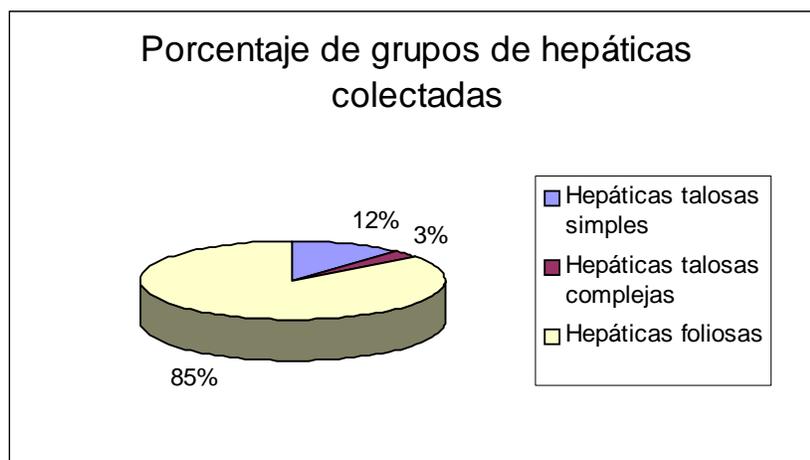
### 1. HEPÁTICAS PRESENTES EN LOS PUNTOS DE MUESTREO

Se identificaron un total del 187 especies de hepáticas presentes en al menos uno de los puntos de muestreo (Ver Anexo 3). Las especies pertenecen a 61 géneros. Entre éstas se encuentran 23 especies en 6 géneros de hepáticas talosas simples; 5 especies en 3 géneros de hepáticas talosas complejas y 159 especies en 52 géneros de hepáticas foliosas (Tabla 2). Ha sido reportado (Gradstein, Churchill & Salazar-Allen, 2002) que los bosques neotropicales son dominados por las hepáticas foliosas, ésta situación es corroborada con nuestros datos (Figura 1). Entre las hepáticas foliosas, las especies pertenecientes a la familia Lejeunaceae son las más abundantes, constituyendo un total de 71 especies en 25 géneros. La abundancia de especies de ésta familia es indicadora de alta humedad ambiental. La riqueza de éste grupo disminuye al haber deforestación. El grupo menos abundante es el de las hepáticas talosas complejas, cuyas especies abundan en lugares con disturbio y exposición.

Tabla 2. Abundancia de los grupos de hepáticas colectadas.

Grupos de hepáticas	Especies	% Especies	Géneros	% Géneros
Talosas complejas	5	3	3	5
Talosas simples	23	12	6	10
Foliosas	159	85	52	85

Figura 1. Porcentaje de los 3 grupos de hepáticas colectadas.



Las especies más frecuentemente observadas fueron definidas como aquellas que aparecieron en al menos 4 de los 8 puntos de muestreo. Se produjo así un listado con un total de 44 especies frecuentes en el sendero (Anexo 4). Dichas especies pertenecen a 25 géneros, 19 de hepáticas foliosas, 5 de talosas simples y sólo 1 de talosas complejas (Tabla 3). Entre las hepáticas foliosas: *Bazzania*, *Calypogeia*, *Cheilolejeunea*, y *Prionolejeunea* están representados por especies que se encuentran en 7 de los 8 puntos de muestreo.

*Frullania* y *Plagiochyla* tienen especies que están presentes en todos los puntos. También observamos que 8 de los 18 géneros con las especies más frecuentes pertenecen a la familia Lejeuneaceae. De las talosas simples hay 5 de los 6 géneros colectados que se encuentran representados ampliamente en los puntos muestreados. Los géneros *Symphiogina* y *Riccardia* son los poseedores de especies de distribución más amplia, teniendo representantes en todos los puntos muestreados seguidos por *Monoclea*. Solamente el género *Marchantia* posee dos especies ampliamente distribuidas en los puntos de muestreo. *Marchantia* se caracteriza por ser un género cosmopolita de muy amplia distribución.

Tabla 3. Géneros de las especies más frecuentemente encontradas.

Grupo de hepáticas	Género	No. de especies	No. de puntos
Foliosas	<i>Arachniopsis</i>	1	4
	<i>Bazzania</i>	3	7
	<i>Calypoegia</i>	1	7
	<i>Cephalozia</i>	1	4
	<i>Cheilolejeunea</i>	2	7
	<i>Cololejeunea</i>	1	5
	<i>Displasiolejeunea</i>	1	5
	<i>Drepanolejeunea</i>	1	4
	<i>Frullania</i>	2	8
	<i>Herbertus</i>	1	5
	<i>Lejeunea</i>	1	4
	<i>Lophocolea</i>	1	4
	<i>Macrolejeunea</i>	1	6
	<i>Odontolejeunea</i>	1	4
	<i>Plagiochila</i>	8	8
	<i>Prionolejeunea</i>	1	7
	<i>Radula</i>	1	4
	<i>Taxilejeunea</i>	2	4
	<i>Telaranea</i>	1	4
Talosas simples	<i>Metzgeria</i>	1	5
	<i>Monoclea</i>	1	6
	<i>Pallavicinia</i>	1	4
	<i>Riccardia</i>	3	8
	<i>Symphiogina</i>	3	8
Talosas complejas	<i>Marchantia</i>	2	8

Los géneros con diversidad alta son aquellos bien adaptados a sus microhábitats y que han tenido suficiente tiempo de estar establecidos como para diversificarse. Podemos considerarlos como géneros exitosos. Los géneros con 4 o más especies fueron seleccionados como géneros con mayor número de especies. La mayoría pertenece a las hepáticas foliosas, que como ya hemos visto, dominan el área de estudio (Tabla 4). Hay un total de 15 géneros de hepáticas foliosas con diversidad alta. Los géneros *Bazzania*, *Drepanolejeunea*, *Lejeunea*, *Plagiochila* y *Radula* son los que exhiben la más alta diversidad. Cabe observar que todos éstos géneros también son citados en el listado de géneros más frecuentemente observados en el sendero. Entre las hepáticas talosas simples hay 3 géneros con alto número de especies. *Riccardia* es el género con mayor número de especies, seguido por *Metzgeria* y *Symphiogina*, obsérvese que los tres géneros son también de distribución

amplia. Las hepáticas talosas complejas no exhiben alto número de especies, como ya se discutió antes, ellas no son dominantes en la hepatoflora del área de estudio.

Tabla 4. Géneros con mayor número de especies

Grupo de hepáticas	Género	No de especies
Foliosas	<i>Aphanolejeunea</i>	4
	<i>Bazzania</i>	10
	<i>Ceratolejeunea</i>	4
	<i>Cheilolejeunea</i>	4
	<i>Drepanolejeunea</i>	10
	<i>Frullania</i>	6
	<i>Harpalejeunea</i>	4
	<i>Lejeunea</i>	10
	<i>Leptoscyphus</i>	4
	<i>Lophocolea</i>	4
	<i>Odontolejeunea</i>	4
	<i>Plagiochila</i>	30
	<i>Radula</i>	11
	<i>Taxilejeunea</i>	4
	<i>Trichocolea</i>	4
Talosas simples	<i>Metzgeria</i>	6
	<i>Riccardia</i>	7
	<i>Symphlogina</i>	5

## 2. DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES EN LOS PUNTOS DE MUESTREO

### Coefficiente de similitud de Sorensen:

Al analizar la matriz de datos con las especies presentes por punto de muestreo usando los coeficientes de similitud de Sorensen (Tabla 5), observamos que la hipótesis de que la distribución de las especies difiere entre los puntos de muestreo es comprobada. Este resultado es más fácilmente observado en la gráfica resultante del análisis de cluster (Figura 2), en el que podemos ver relaciones de similitud muy cercanas entre algunos de los puntos y bastante menores entre otros.

Al estudiar la tabla No. 1 con los valores de Similitud de Sorensen es evidente que el punto de muestreo 1 tiene la similitud más alta (70.35%) con el punto 3 y más baja con los puntos 5 (49.47%) y 2 (52.07%). El punto 2 es poco similar al resto, pero se asemeja al punto 6, en un 65.51% de las especies presentes. El punto 2 es más diferente al punto 8, con sólo el 41.17% de similitud entre ambos. El punto 3 es más similar a los puntos 1 (70.35%) y 4 (73.41%) y más diferente del punto 5, con solo un 47.67% de similaridad. El punto 4 es similar al punto 3 en un 73.41% y más diferente al punto 8, con un 50.03% de similaridad. El punto 5 es diferente al resto de los puntos pero más similar a los puntos 7 (69.40%) y 4 (68.23%) que al resto. El punto 6 diverge más del punto 8 (en 50.65%) y es más similar a los puntos 3 y 7, con un 68.53% de similaridad con ambos. El punto 7 es más similar al punto 5 (69.40%) y al punto 6 (68.53%). El punto 8 difiere del resto de los puntos, al menos en un 40.96%.

Tabla No. 5. Coeficiente de similitud de Sorensen. Los datos en ésta tabla son porcentajes de similitud entre los puntos de muestreo.

	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8
Punto 1	00.00	52.07	70.35	63.17	49.47	65.27	62.09	58.98
Punto 2	52.07	00.00	55.17	59.86	55.10	65.51	59.71	41.17
Punto 3	70.35	55.17	00.00	73.41	47.67	68.53	67.35	53.76
Punto 4	63.17	59.86	73.41	00.00	68.23	67.60	67.58	50.03
Punto 5	49.47	55.10	47.67	68.23	00.00	59.28	69.40	52.36
Punto 6	65.27	65.51	68.53	67.70	59.28	0.00	68.53	49.35
Punto 7	61.09	59.71	67.35	66.58	69.30	68.53	00.00	59.04
Punto 8	58.98	41.17	53.76	50.03	53.36	49.35	58.04	00.00

El análisis de cluster realizado en base a los índices de similitud de Sorensen con distancias euclidianas relativas permite observar que el clado con mayor similitud corresponde a los puntos 3 y 4. Recordemos que el coeficiente de similitud de Sorensen entre éstos puntos es el más alto (73.41%) y por lo tanto, la similitud con el análisis de cluster es del 100%. Los puntos 3 y 4 están separados solo por 100 metros de altitud lo cual no resulta ser un rango altitudinal lo suficientemente amplio para causar diferencias considerables en la composición de las comunidades. La posición de dichos puntos del lado oeste del sendero los expone a condiciones macroclimáticas similares (exposición solar, vientos y humedad relativa).

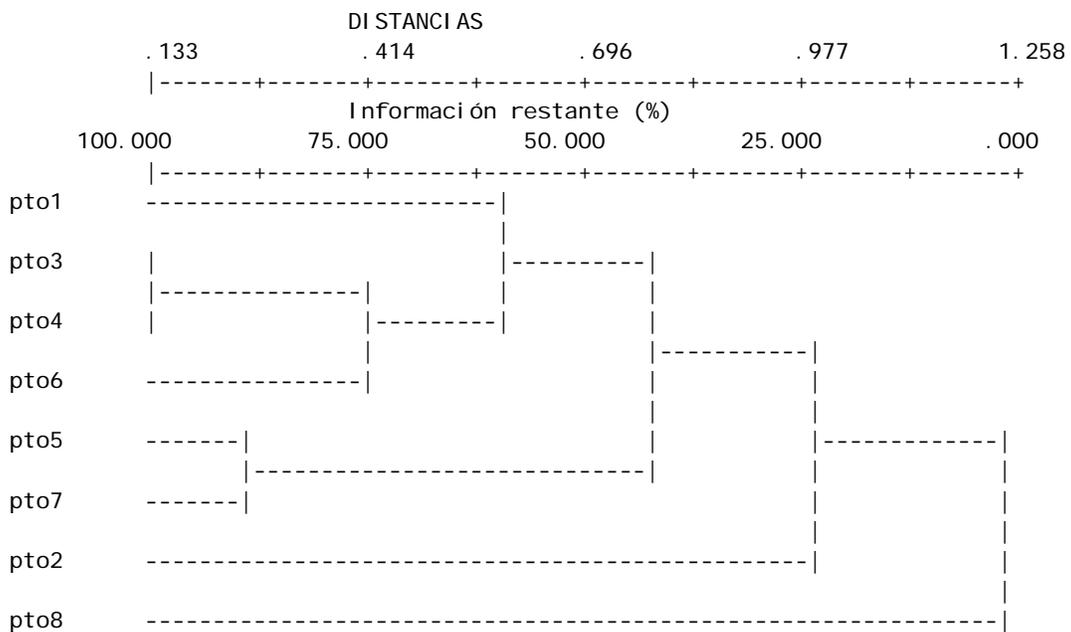
Aunque parece lógico anticipar que los puntos de muestreo 5 y 6 deberían estar cercanamente relacionados y que no deberían diferir considerablemente de los puntos 3 y 4 por encontrarse en el mismo rango altitudinal, esto no es lo que se observa. Únicamente el punto 6 presenta una alta similitud con los puntos 3 y 4 con una distancia aproximada de un 25%. Entonces la similitud entre los puntos 3, 4 y 6 se explica por el mismo rango altitudinal, la diferencia se explica en la ubicación del punto 6 en el lado norte del sendero lo que provoca variaciones macroclimáticas. Contrario a lo esperado, el punto 5 es diferente y se agrupa con el punto 7 en un clado con un 90% de similitud. Esta alta similitud se debe a que ambos puntos, son predominantemente rocosos y con abundante agua corriente por la presencia de caídas de agua. Este resultado sugiere que a pesar de estar a una diferencia de 200 metros de altitud, ésta no es una diferencia apreciable para que hayan composiciones de especies diferentes y que son los factores de sustrato predominante y humedad los que tienen un efecto directo sobre las especies presentes en los puntos.

Los puntos 2 y 8 son los más diferentes a todos los puntos restantes. En el punto 8 esto se explica fácilmente por estar a una altura baja (1,620 msnm) y por poseer un alto grado de perturbación ya que está en la parte baja común a los dos senderos. Aquí se encuentran gran numero de especies talosas complejas conocidas por tener distribución amplia y por ser pioneras en áreas con disturbio. Dichas especies son más resistentes a la sequía y a la perturbación. La humedad relativa es más baja por lo que persisten especies que no se establecen en las condiciones más sombreadas y húmedas de las partes más altas del sendero. En éste punto, el efecto de borde es alto debido a la presencia de la carretera a pocos metros de distancia. El punto 2, muestra condiciones bastante más sombreadas que el

resto de los puntos en el lado oeste del sendero y un grado de perturbación alto ya que está localizado antes del entronque de los senderos largo y corto (el mayor tráfico de visitantes toma el sendero corto).

A diferencia de lo esperado, el punto 1 presenta una similitud aproximada del 58% a el clado con los puntos 3, 4 y 6 y no con el punto 8 como se esperaría. El punto de muestreo 8 presenta perturbaciones mayores al punto 1 ya que este ultimo está en una porción del sendero que no tiene mucho tráfico de visitantes. Para tratar de descartar la posibilidad de que la unión entre dichos puntos tenga un carácter artificial y por el extraño comportamiento del punto 2, se procedio a eliminar algunas especies del análisis (ver párrafo siguiente).

Figura 2. Análisis de cluster utilizando los índices de similitud de Sorensen con distancias euclidianas relativas.



En base del índice de jacknife de segundo orden (Tabla No. 6) se estima que se trabajó con el aproximadamente el 61.70% de las especies presentes en los puntos de muestreo. El análisis detectó 87 especies (46.5% del total) presentes sólo en un punto y 39 especies presentes sólo en dos puntos. El porcentaje estimado de especies muestreadas es bajo. Sin embargo en base a lo observado en los puntos en éste estudio, no se interpreta éste dato como el resultado de esfuerzos insuficientes de muestreo sino como el resultado de una diversidad de especies alta y con diferencias apreciables en la composición de las comunidades de hepáticas entre los puntos de muestreo.

Por lo tanto , la variación en composición de especies entre los puntos de muestreo se debe a diferencias reales explicadas e su mayoría por variaciones microclimáticas. Sin embargo, ya que las especies de la familia Lejeunaceae son extremadamente pequeñas, de distribución irregular en las hojas de las latifoliadas de sotobosque y con alto nivel de

diversidad, ya que representan el 38.5% de todas las especies colectadas, no podemos descartar la posibilidad de que algunas especies que aparecen en un punto, también se encuentren en otro en el que no fueron colectadas. Por ésta razón, se decidió no incluir a dicha familia en un segundo análisis para tratar de eliminar así el sesgo que pudieran conferir a nuestros resultados.

Tabla No. 6: Índice de Jackknife: estimación del número total de especies.

Número de especies observadas	187.0
Estimado Jackknife de primer orden	263.1
Estimado Jackknife de segundo orden	303.1
Estimación del porcentaje de especies muestreadas	61.70%

#### **Análisis de Sorensen con las especies raras de la familia Lejeuneaceae removidas:**

Las especies de la familia Lejeuneaceae que aparecieron solo en un punto fueron removidas manualmente de la matriz de datos. Se excluyó un total de 36 especies. Como es de esperar el estimado de porcentaje de especies muestreadas obtenido con el segundo estimado jackknife aumenta a 71.76%. Sin embargo, éste valor es aún bajo.

La similitud entre puntos presentada por este análisis de cluster (Figura 3) difiere del primero (Figura 2) únicamente en el clado que agrupa a los puntos 6 y 7 en lugar de 5 y 7. El punto 5 aparece segregado y diferente al resto de puntos de muestreo en éste análisis.

El clado que agrupa a los puntos de muestreo 6 y 7 tiene sentido ya que ambos puntos se encuentran en el lado este del sendero y a solo 100 metros de altitud de diferencia. Un total de 17 especies de la familia Lejeuneaceae fueron removidas del punto 6, 8 del punto 7 y 3 del punto 5. La proporción alta de especies removidas del punto 6 causó su agrupación con el grupo 7. Sin embargo el hecho de que no se observen drásticas diferencias entre los dos análisis de cluster es buena indicación de que el muestreo fue adecuado y el aparente bajo porcentaje muestreado obtenido con el coeficiente de jackknife refleja diferencias reales debidas a un alto grado de diversidad y exclusividad de ciertas especies a ciertos puntos. Esto sugiere además, un alto efecto de interacción por condiciones microclimáticas.

En base del índice de jackknife de segundo orden (Tabla No. 7) se estima que se trabajó con el 71.76% de las especies presentes en los puntos de muestreo. El análisis detectó 52 especies presentes sólo en un punto (se removieron 35 de ellas) y 39 especies presentes sólo en dos puntos. El porcentaje de muestreo es aún bajo, pero como es de esperar aumentó al eliminar las especies de Lejeuneaceae con una sola ocurrencia.

Figura 3: Análisis de Cluster en base a los índices de similitud de Sorensen con distancias euclidianas relativas. Excluye las especies de la familia Lejeunaceae raras, presentes en un sólo punto.

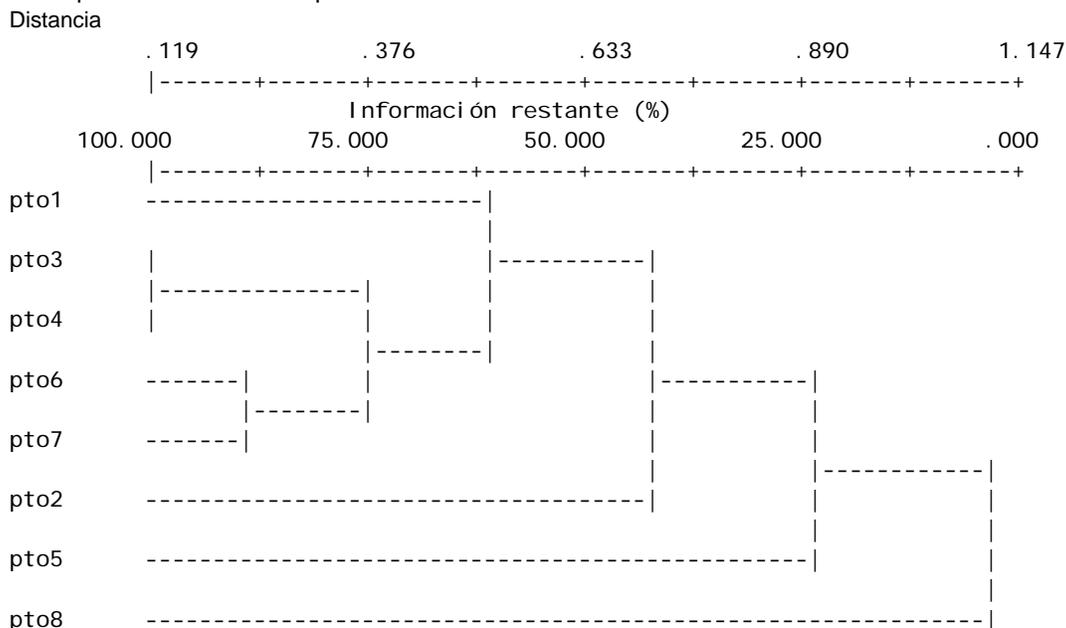


Tabla No. 7: Índice de Jacknife: estimación del número total de especies, con especies raras de Lejeunaceae removidas.

Número total de especies trabajadas	151.00
Estimado jacknife de primer orden	196.50
Estimado jacknife de segundo orden	210.40
Estimado del porcentaje de especies muestreadas	71.76%

#### Riqueza de especies por punto:

En la figura 4 se observa que si existen diferencias en el número de especies por punto. El punto 5 tiene notoriamente el menor número de especies. Este punto de muestreo se encuentra a la par de la cascada en la parte alta del sendero pero se observa una mayor exposición a luz y al efecto de los vientos con la consecuente disminución de la humedad relativa en el aire. La presencia de un sustrato principalmente rocoso también determina la aparentemente baja diversidad. influye en una diversidad baja.

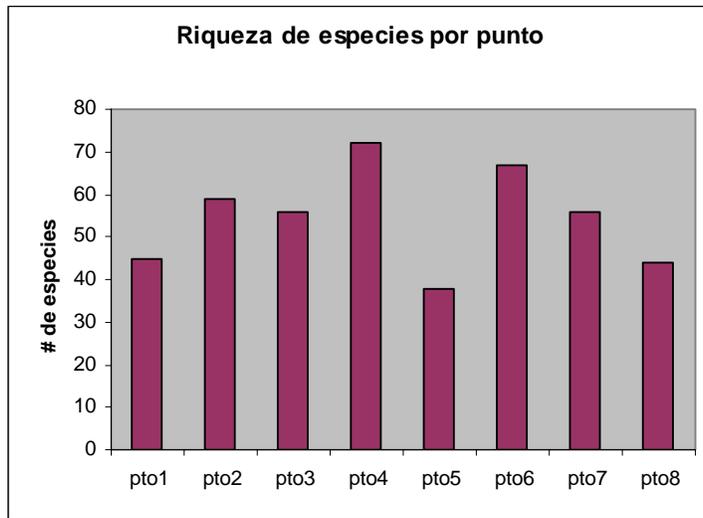
El punto de muestreo 4 tiene el mayor número de especies. Esto se debe a la presencia de un gran tronco de árbol con corteza que se encuentra en el área de muestreo. Este tronco cuenta con gran número de especies epífitas. Además existe un alto grado de humedad ambiental, los lados del sendero mantienen agua superficial y el nivel de exposición a luz y viento es moderada.

Los puntos de muestreo 1 y 8 presentan un número relativamente bajo de especies, ambos puntos tienen en común el estar a la altitud más del muestreo y el tener grado alto de perturbación. En general se observa que el numero de especies en los puntos de muestreo presenta un comportamiento normal, incrementando con la altitud, la excepción son los puntos 3 y 5. Esta tendencia podría explicarse por diferencias resultantes por el rango

altitudinal o como la consecuencia de la disminución en el nivel de perturbación en los puntos altos del sendero ya que la mayoría de visitantes transitan el sendero corto en el que se encuentran los puntos 2, 7 y 8. Como se indicó anteriormente el punto 1 está fuera del área más transitada por visitantes pero también posee un grado de perturbación alta. No puede descartarse una combinación de altitud y nivel de perturbación.

El número aparentemente bajo de especies en el punto 3 puede ser consecuencia de un número más alto de especies en el punto 2.

Figura 4. Riqueza de Especies por punto.



#### Especies raras en los puntos de muestreo

De las 187 especies colectadas, hay un total de 87 especies “raras”, lo que significa que se encontraron en un solo punto de muestreo. Las especies raras constituyen un 46.52% del total de especies colectadas (Tabla 8). Dicho porcentaje es alto, y se explica por diferencias microclimáticas significativas entre los puntos de muestreo que provocan la presencia de especies únicas, adaptadas a condiciones específicas que difieren entre puntos. Llama la atención la presencia de tan alto porcentaje de especies de distribución restringida en el sendero. Esto puede ser interpretado como una indicación de una alta posibilidad de encontrar especies endémicas en el área del Biotopo.

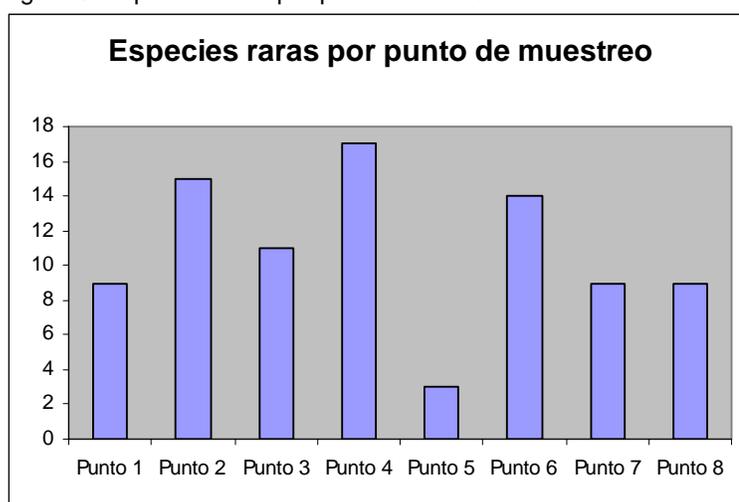
El número de especies únicas es similar para los puntos 1, 7 y 8, que exhiben las cifras relativamente bajas. El resultado inesperado sigue siendo en el punto 2 que posee un muy alto número de especies raras. El punto de muestreo con el más alto grado de especies únicas es el 4, seguido por los puntos 2 y 6 (Figura 5). Curiosamente, son los puntos 2 y 6 los que ocuparon posiciones “dudosas” en los análisis de cluster. Esta observación apoya la teoría de que éstos punto tienen condiciones microclimáticas especiales que causan la presencia de especies únicas. El punto 5, además de poseer un bajo número de especies, también posee el más bajo número de especies únicas.

Tabla No. 8: Especies únicas por punto de muestreo

Punto de Muestreo	No. especies raras*
Punto 1	9
Punto 2	15
Punto 3	11
Punto 4	17
Punto 5	3
Punto 6	14
Punto 7	9
Punto 8	9
Total	87
Porcentaje del total de especies	46.52%

\*Especies presentes en un solo punto

Figura 5. Especies raras por punto de muestreo



### 3. DISTRIBUCION DE ESPECIES POR SUSTRATO

Al hacer el análisis cluster usando índices de similitud de Sorensen se demuestra que las especies de hepáticas se distribuyen diferencialmente de acuerdo a su sustrato (Figura 6). Las especies presentes en roca y suelo presentan un comportamiento muy parecido por lo que son agrupadas con un 100% de similitud en el cluster. Dichas comunidades son similares a las especies observadas en troncos decorticados en un 85%. Esto puede explicarse por que los troncos decorticados ofrecen un sustrato similar al ofrecido por rocas y suelo. Tanto las rocas como los troncos decorticados tienen superficies lisas y están en el estrato más cercano al suelo. No es sorprendente que en los tres sustratos se establezcan comunidades con similitud alta. Las especies presentes en éstos sustratos son en su mayoría plantas que no colonizan fácilmente los estratos más altos del sotobosque y que no necesitan mucha luz.

Las especies presentes en troncos con corteza y en troncos y tallos de plantas vivientes tienen una similitud del 62%. Ellas necesitan la presencia de corteza para aferrarse a su sustrato y cuando las ramas y troncos mueren y caen llevan con ellos las comunidades que se establecieron cuando eran parte de la planta viviente. Estas pueden continuar viviendo

mientras el tallo conserve su corteza, o pueden morir al faltarles la luz de los estratos más altos. En el análisis de DCA por sustrato se observa que las comunidades que colonizan suelo, roca, y troncos caídos son más similares entre sí que las que se encuentran como epífitas o epifíticas. Este resultado difiere del análisis de cluster que coloca a las especies presentes en troncos con corteza como más similares a las epífitas. Esta diferencia se debe a que el porcentaje de similitud entre ambos grupos no es alta en el análisis de cluster. A pesar de que las comunidades son similares en composición, también presentan notorias diferencias.

El grupo más distante es el de las hepáticas epifíticas. Este grupo está formado por las hepáticas más especializadas que necesitan tener estrategias reproductivas rápidas para colonizar efectivamente las hojas de plantas latifoliadas que permanecen poco tiempo unidas a las plantas. Las hepáticas epifíticas son más específicas a su sustrato que las hepáticas que colonizan otros sustratos.

Figura 6. Análisis cluster usando índices de similitud de Sorensen por sustrato.

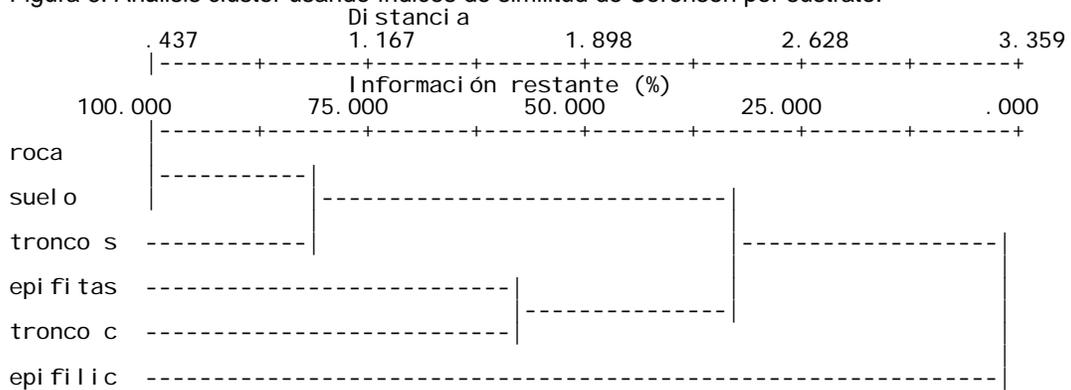
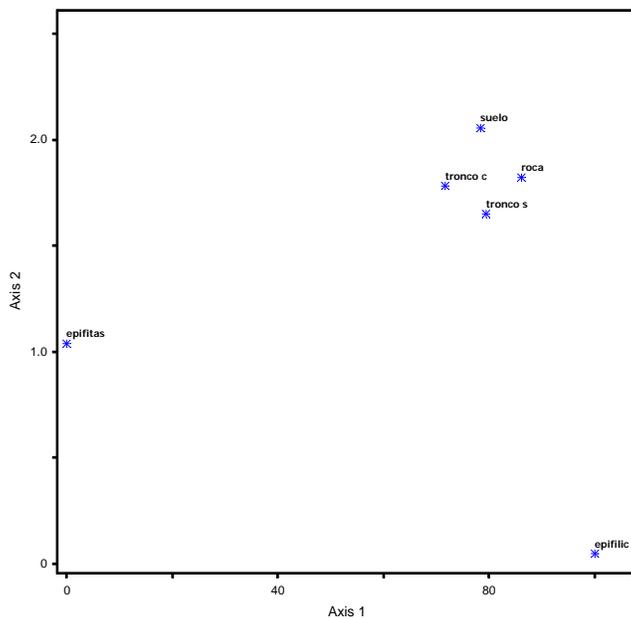
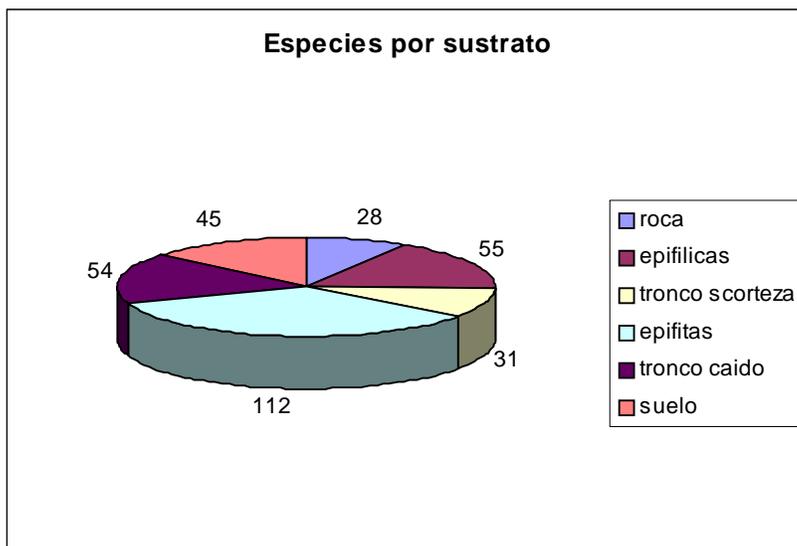


Figura 7: Analisis de DCA por sustratos



En la figura 8 se puede observar que la mayor diversidad de especies se encuentra entre las hepáticas epífitas. Los troncos de árboles del Biotopo del Quetzal están cubiertos exuberantemente por hepáticas, principalmente del grupo de las foliosas. Los troncos y ramas de arbustos y árboles ofrecen un sustrato adecuado para plantas que necesitan iluminación moderada. Las segundas en riqueza son las hepáticas epifíticas seguidas cercanamente por las hepáticas presentes en troncos y suelo. Debemos tomar en consideración que el muestreo se limitó a los sustratos bajos del bosque. No se estudiaron las copas de los árboles por lo que es posible que la riqueza de especies hubiera sido diferente al incluir hepáticas epifíticas de sustratos altos. Los sustratos con el menor número de especies son roca y troncos decorticados. Debe tomarse en cuenta que las especies que se establezcan en dichos sustratos deben tener la capacidad de adherirse a superficies lisas, lo que no cualquier generalista puede hacer.

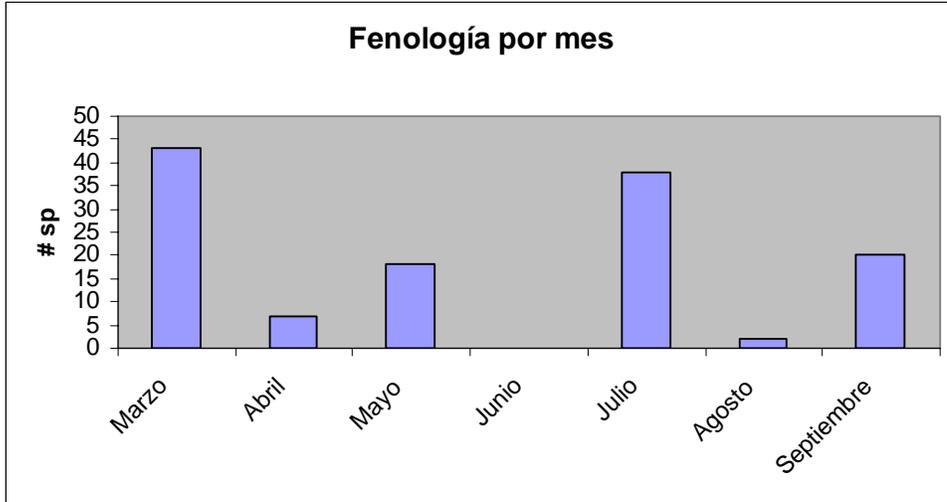
Figura 8. Riqueza de especies de acuerdo a su sustrato.



#### 4. FENOLOGIA

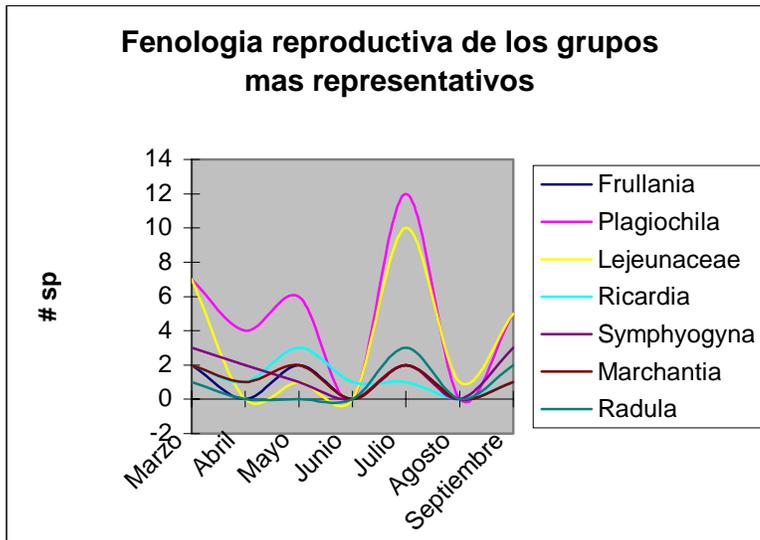
La fenología de las hepáticas se estudió en base a las plantas con esporofitos en los muestreos mensuales realizados. El estudio fenológico es preliminar ya que se inició en el mes de Marzo y se concluyó en el mes de Septiembre. No se hizo ningún muestreo en el mes de Junio pero se realizó un muestreo en los últimos días de Mayo y otro en la primer semana de Julio por lo que se tiene una buena aproximación. Se esperaba observar un patrón de producción de esporofitos acorde a la estación lluviosa, con varios meses con pocas especies en éste estadio reproductivo para luego observar un auge poco después de las lluvias. Sin embargo, a pesar de lo incompleto de nuestras observaciones, se detecta un patrón oscilatorio que alterna entre la presencia y ausencia de esporofitos a lo largo del tiempo de estudio (Figura 9).

Figura 9. Datos fenológicos: número de especies con esporofitos por mes.



Para determinar si el patrón de alternancia en la presencia de esporofitos es un artefacto de algunas especies que enmascaran el patrón fenológico de otras, se eligieron algunos géneros en base a su abundancia y a su reconocida producción de esporofitos durante el tiempo de muestreo. Es interesante observar que en la mayoría de los casos individuales se observa el mismo patrón de alternancia entre épocas con y sin esporofitos en forma sincronizada. Ya que los picos y descensos en la producción de esporofitos se apegan a un patrón compartido por los individuos seleccionados se deduce que la producción de esporofitos responde a condiciones climáticas locales no relacionadas con el patrón de lluvias. Es posible que el alto grado de humedad aún prevaleciente en el área favorezca la producción continua de esporofitos. los esporofitos de hepáticas no son persistentes por lo que desaparecen rápidamente después de ser producidos, observándose así los puntos de producción baja en la figura 10.

Figura 10: Datos fenológicos para algunos géneros representativos de hepáticas.



## VIII. CONCLUSIONES

La diversidad de hepáticas en el sendero “los musgos” del Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal es alta como es de esperar en un bosque nuboso. Se colectaron 187 especies distribuidas en 61 géneros en los puntos de muestreo.

Las hepáticas más abundantes en el área de estudio son las foliosas, seguidas por las talosas simples. Las más escasas pertenecen al grupo de las talosas complejas. Este patrón es típico en bosques neotropicales con humedad alta.

Entre las hepáticas foliosas, las especies de la familia Lejeuneaceae son la más abundantes y con el mayor número de representantes únicos. La abundancia de miembros de la familia Lejeunaceae es indicadora de humedad relativa alta. Su bajo número en el punto 5 en donde hay mayor exposición al viento y radiación solar apoya su potencial como especies indicadoras de calidad ambiental.

Las hepáticas foliosas más ampliamente distribuidas en el sendero son: *Bazzania*, *Plagiochyla*, *Frullania*, *Calypogeia*, *Cheilolejeunea*, y *Prionolejeunea*. Las hepáticas talosas con distribución más amplia son: *Symphiogina*, *Riccardia*, *Monoclea* y *Marchantia*.

Los géneros representados por el mayor número de especies en el sendero “Los Musgos” son entre las foliosas: *Bazzania*, *Drepanolejeunea*, *Lejeunea*, *Plagiochila* y *Radula*; y entre las talosas: *Riccardia*, *Metzgeria* y *Symphiogina*.

En base a su distribución amplia y a su alto grado de diversidad, las especies dominantes en el área de estudio son: *Bazzania*, *Plagiochyla*, *Frullania*, *Symphiogina*, y *Riccardia*.

Las hepáticas colectadas en los puntos de muestreo del sendero interpretativo los musgos presentan un patrón de distribución diferencial a lo largo del sendero. Dicho patrón puede responder a factores resultantes del gradiente de altitud y/o a factores microclimáticos independientes de elevación y grado de disturbio.

Hay una tendencia al incremento en el número de especies de los puntos bajos a los altos del sendero. Esto puede deberse a los efectos de la altura sobre las condiciones ambientales particulares de cada punto y/o también a una disminución del grado de disturbio en los puntos altos.

Las hepáticas colectadas en los puntos de muestreo del sendero interpretativo los musgos se distribuyen diferencialmente de acuerdo a sustrato. La composición de las comunidades

presentes en suelo, roca y troncos decorticados es similar, mientras que las hepáticas epífitas y epifíticas son más únicas y por lo tanto más especializadas a su sustrato.

Las hepáticas epífitas son las más abundantes. Las hepáticas adaptadas a rocas y troncos decorticados son las menos abundantes.

El patrón fenológico, aunque preliminar, exhibe una alternancia entre períodos con y sin esporofitos sincronizado para los géneros estudiados y no responde en forma directa a las estaciones secas y lluviosas sino a condiciones climáticas locales.

El estudio de las hepáticas del Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal constituye la línea base para el conocimiento de las hepáticas de Guatemala.

Con éste estudio se aumenta el conocimiento de la flora y ecología del Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal.

## **IX RECOMENDACIONES**

Se recomienda visitar el área con equipo de resolución alta para la medición de humedad relativa, temperatura y exposición solar. Es necesario contar con dicha información para poder comprender los patrones diferenciales de distribución de especies encontrados entre los puntos de muestreo. Nuestro trabajo estuvo limitado en éste aspecto por no contar con el equipo adecuado.

Se recomienda realizar una fase dos para éste trabajo que se enfoque en el estudio de las hepáticas en otros puntos del Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal para tener un mayor gradiente altitudinal y para tener datos no sujetos a el disturbio inherente a los senderos.

Se recomienda estudiar la composición de las comunidades en transectos que se localicen de los bordes del Biotopo hacia su centro para determinar el impacto de la intervención de las áreas aledañas en la hepatoflora del Biotopo y para detectar la presencia de especies con valor como marcadores de calidad ambiental.

Se recomienda completar el estudio fenológico para tener una idea más clara de la producción de esporofitos en un año completo de muestreo.

Se recomienda continuar con el estudio taxonómico de las especies que no pudieron determinarse a nivel de especie con las claves y descripciones disponibles ya que puede tratarse de nuevas especies.

Se recomienda extender el estudio de las especies raras o únicas ya que pueden detectarse entre ellas especies de baja ocurrencia que podrían ser declaradas como especies amenazadas o en peligro de extinción.

## X. BIBLIOGRAFÍA

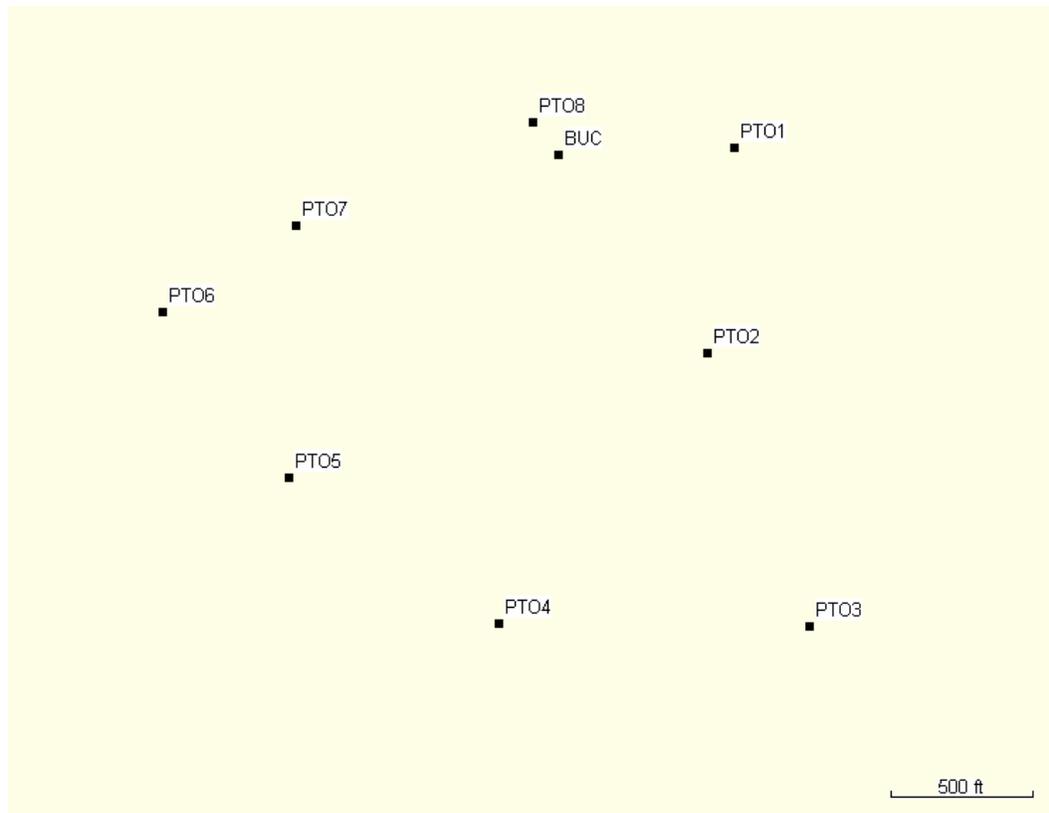
- Asakawa, Y. 1990. Terpenoids and aromatic compounds with pharmacological activity from bryophytes. En *Bryophytes, their chemistry and chemical taxonomy*. H. D. Zeinsmeister y R. Mues eds., p. 369-410. Clarendon Press, Oxford.
- Brown, D. H. 1984. Uptake of mineral elements and their use in pollution monitoring. En *The experimental biology of bryophytes*. A. F. Dyer y J. G. Duckett eds., p 229-255. Academic Press, London.
- Bentley, B. L. & E. J. Carpenter. 1984. Direct transfer of newly-fixed nitrogen from free-living epiphyllous microorganisms to their host plant. *Oecología*, 63, p. 52-56.
- Conard, H.S. & P. L. Redfearn. 1979. *How to know the mosses and liverworts*. WCB McGraw-Hill, USA. 302 p.
- Dauphin, G., S. R. Gradstein, A. Bernecker-Lücking, M. I. Morales. 1998. Additions to the hepatic flora of Costa Rica II. *Lindbergia* 23: 74-80.
- Dauphin, G. 1999. Bryophytes of Cocos Island, Costa Rica: diversity, biogeography and ecology. *Revista de Biología Tropical* 47: 309-328.
- García, B. L. 1998. Estudio del dosel de la selva nublada del biotopo universitario para la conservación del quetzal "Lic. Mario Dary Rivera". Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 143 p.
- Gradstein, S. R. 1989. A key to the hepaticae and anthocerotae of Puerto Rico and the Virgin Islands. *The Bryologist* 92(3).p. 329-348.
- Gradstein, S. R. 1992. The vanishing tropical rain forest as an environment for bryophytes and lichens. En *Bryophytes and Lichens in a changing environment*. J. W. Bates y A. M. Farmer eds., p. 234-258. Oxford Science Publications.
- Gradstein, S. R., A. Lücking, M. I. Morales & G. Dauphin. 1994. Additions to the hepatic flora of Costa Rica. *Lindbergia* 19: 73-86.
- Gradstein, S. R. & J. Váña. 1994. A boreal bryophyte community in a tropical montane forest of Mexico. *Tropical Bryology* 9: 31-34.
- Gradstein, S. R., D. Griffin, M. I. Morales, & N. Nadkarni. 2001. Diversity and habitat differentiation of mosses and liverworts in the cloud forest of Monteverde, Costa Rica. *Caldasia* 23: 203-212.
- Gradstein, S. R., S. P. Curchill & N. Salazar. 2001. *Guide to the Bryophytes of Tropical America*. *Memoirs of The New York Botanical Garden*. Vol. 86. NYBG press, Bronx, New York. 577 pp.
- Gradstein, S. R., D. Pinheiro da Costa. 2003. *The hepaticae and Anthocerotae of Brazil*. *Memoirs of the New York Botanical Garden*. Vol. 87. NYBG press, Bronx, New York. 318 pp.
- Herzog, T. 1951. Hepaticae Standleyanae Costaricensis et Hondurenses, Pars II. *Rev. Bryol. Lich.* 20: 126-175.
- Lücking, A. 1995. *Diversität und Mikrohabitatpräferenzen epiphyller Moose in einem tropischer Regenwald in Costa Rica*. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades Dr. rer. nat. der Fakultät für Naturwissenschaften der Universität Ulm.

- Mervin, M. C., S. R. Gradstein & N. Nadkarni. 2001. Epiphytic bryophytes of Monteverde, Costa Rica. *Tropical Bryology* 20: 63-70.
- Miller, H. A. 1982. Bryophyte evolution and geography. *Biological Journal of the Linnean Society*, 18, p.145-196.
- Monterroso, J. F. 1976. Análisis florístico y estructural del Biotopo Protegido de Purulhá para la conservación del Quetzal. Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia 110 p.
- Morales, M. I. 1991. Las Hepáticas comunicadas para Costa Rica. *Tropical Bryology* 4: 25-57.
- Pócs, T. 1982. Tropical forest bryophytes. En *Bryophyte ecology*. A. J. E. Smith Ed., p. 59-104. Chapman and Hall, London.
- Ponciano, I. 1980. El género *Pinus* en el proceso sucesional del bosque pluvial latifoliado en Baja Verapaz. Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 18 p.
- Schofield, W. B. 1992. Bryophyte distribution patterns. En *Bryophytes and Lichens in a changing environment*. J. W. Bates y A. M. Farmer eds., p. 103-130. Oxford Science Publications.
- Stadtmuller, T. 1987. Los bosques nublados en el trópico húmedo. Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 85 p.
- Stotler, R., N. Salazar Allen, S. R. Gradstein, W. McGuinness, A. Whittemore & C. Chung. 1998. A checklist of the hepatics and Anthocerotales of Panamá. *Tropical Bryology* 15: 167-195.
- Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro de Estudios Conservacionistas. 1999. Plan maestro. Biotopo Universitario "Mario Dary Rivera" para la conservación del Quetzal. Asesoría Manuel Basterrechea Asociados, S. A. Guatemala.
- Veliz, M. E. 1997. Epífitas del Biotopo del Quetzal , Purulhá, Guatemala. *Revista Tikalia* Vol. XV, No. 1. Enero-Junio 1997. p. 41-59.
- Whittemore, A. T. & B. Allen. 1996. The liverworts and hornworts of Belize. *Bryologist* 99: 64-70.
- Winkler, S. 1967. Die epiphyllen Moose der Nebelwälder von El Salvador C. A. *Rev. Bryol. Lichénol.* 35: 303-369.

## **XI ANEXOS**

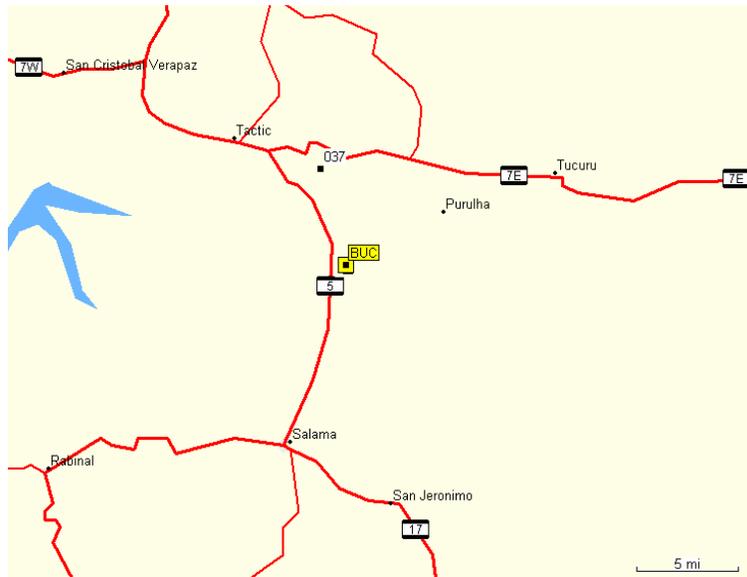
Anexo 1:

Mapa del sendero interpretativo “Los musgos” del Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal con los ocho puntos de muestreo de éste estudio.



Pto 1 N15.21329 W90.21557  
Pto 2 N15.21130 W90.21584  
Pto 3 N15.20867 W90.21482  
Pto 4 N15.20869 W90.21792  
Pto 5 N15.21010 W90.22002  
Pto 6 N15.21171 W90.22128  
Pto 7 N15.21254 W90.21995  
Pto 8 N15.21354 W90.21758

Anexo 2:  
 Mapa del Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal con los senderos corto y largo.



Anexo 3: Listado de las hepáticas presentes en los 8 puntos de muestreo del sendero interpretativo “los musgos” del Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal.

Especies presentes por punto	pto1	pto2	pto3	pto4	pto5	pto6	pto7	pto8
<i>Amphilejeunea</i>			1					
<i>Aneura sp</i>	1		1		1	1		
<i>Aneura latissima</i>			1					
<i>Anoplojeunea conferta</i>		1				1	1	
<i>Aphanolejeunea crenata</i>	1							
<i>Aphanolejeunea exigua</i>			1					
<i>Aphanolejeunea sicaefolia</i>	1							
<i>Aphanolejeunea truncatifolia</i>						1	1	
<i>Arachniopsis diacantha</i>	1	1	1			1		
<i>Asterella elegans</i>								1
<i>Bazzania aurescens</i>								1
<i>Bazzania breuteliana</i>			1	1				
<i>Bazzania cubensis</i>	1							
<i>Bazzania cuneistipula</i>			1					1
<i>Bazzania falcata</i>		1	1	1	1	1		

<i>Bazzania gracilis</i>					1			
<i>Bazzania hookeri</i>		1	1	1	1	1	1	1
<i>Bazzania longa</i>					1	1		
<i>Bazzania pycnophykka</i>			1				1	
<i>Bazzania stolonifera</i>	1			1	1	1		
<i>Bromeliophyla sp</i>			1					
<i>Calypoeigia peruviana</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Caudalejeunea sp.</i>	1							
<i>Cephalozia crassifolia</i>	1	1	1			1		
<i>Cephalozia sp</i>		1						
<i>Ceratolejeunea cornuta</i>					1			
<i>Ceratolejeunea rubiginosa</i>								1
<i>Ceratolejeunea valida</i>			1					
<i>Ceratolejeunea sp.</i>	1		1		1			
<i>Cheilolejeunea holostipa.</i>						1		
<i>Cheilolejeunea inflexa</i>	1							1
<i>Cheilolejeunea rigidula</i>	1	1	1	1		1		
<i>Cheilolejeunea sp.</i>	1	1			1			1
<i>Cololejeunea minutissima</i>			1					
<i>Cololejeunea obliqua</i>	1			1	1	1	1	
<i>Cyclolejeunea accedens</i>				1	1			
<i>Cyclolejeunea convexistipa</i>	1				1		1	
<i>Cyrtolejeunea holostipa</i>	1							
<i>Cystolejeunea lineata</i>								
<i>Cystolejeunea sp.</i>	1							
<i>Dicranolejeunea sp.</i>						1		
<i>Diplasiolejeunea alata</i>				1				
<i>Diplasiolejeunea pellucida</i>	1					1	1	
<i>Displasiolejeunea sp.</i>	1		1				1	1
<i>Drepanolejeunea anoplantha</i>								1
<i>Drepanolejeunea aculata</i>							1	
<i>Drepanolejeunea araucarie</i>								
<i>Drepanolejeunea biocelata</i>							1	
<i>Drepanolejeunea ichoata</i>							1	
<i>Drepanolejeunea liquenicola</i>	1		1			1		
<i>Drepanolejeunea monsenii</i>	1							1
<i>Drepanolejeunea orthophylla</i>	1	1				1		
<i>Drepanolejeunea trigonophylla</i>				1		1		
<i>Drepanolejeunea sp.</i>						1		
<i>Dumortiera sp.</i>			1	1				
<i>Frullania atrata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Frullania brasiliensis</i>	1					1	1	1
<i>Frullania cf vitalii</i>							1	
<i>Frullania citrata</i>								
<i>Frullania kunzei</i>	1				1			
<i>Frullania setigera</i>	1							
<i>Harpalejeunea oxyphylla</i>								1

<i>Harpalejeunea subacuta</i>			1				
<i>Harpalejeunea uncinata</i>	1						
<i>Harpalejeunea sp</i>					1		
<i>Herbertus prensilis</i>	1		1	1		1	1
<i>Herbertus sp.</i>		1					
<i>Heteroscyphus spp</i>						1	
<i>Jamesomiella sp.</i>						1	
<i>Jungermania callithrix</i>			1				
<i>Kurzia brasiliensis</i>			1			1	
<i>Kurzia capillaris</i>			1	1			
<i>Lejeunea cerina</i>				1		1	
<i>Lejeunea cladogyna</i>	1		1				
<i>Lejeunea cristulata</i>			1				1
<i>Lejeunea flava</i>					1		
<i>Lejeunea glausescens</i>	1				1		
<i>Lejeunea laetevirens</i>	1		1		1		
<i>Lejeunea minutiloba</i>	1					1	1
<i>Lejeunea sp1</i>	1	1	1		1		
<i>Lejeunea sp2</i>							
<i>Lejeunea sp3</i>						1	
<i>Lepidozia patens</i>	1		1	1			
<i>Lepidozia sp.</i>	1						
<i>Leptolejeunea elliptica</i>					1	1	
<i>Leptocyphus amphybolius</i>						1	
<i>Leptoscyphus gibbosus</i>						1	1
<i>Leptoscyphus quadridentatus</i>							
<i>Leptoscyphus sp.</i>			1				
<i>Leucolejeunea sp</i>					1		
<i>Lophocolea martiana</i>	1	1			1	1	
<i>Lophocolea muricata</i>			1				
<i>Lophocolea peruviana</i>							
<i>Lophocolea trapezoidea</i>	1	1				1	
<i>Lopholejeunea cf, subfusca</i>							1
<i>Lopholejeunea sp</i>		1					
<i>Macrolejeunea cerina</i>	1	1	1	1		1	1
<i>macrolejeunea sp.</i>							1
<i>Marchantia chenopoda</i>	1			1	1	1	1
<i>Marchantia inflexa</i>	1	1	1	1		1	
<i>Marchantia papillata</i>							1
<i>Marchesinia brachiata</i>	1				1		1
<i>Metzgeria albina</i>					1		
<i>Metzgeria decipiens</i>	1		1	1	1		1
<i>Metzgeria scyphigera</i>	1						
<i>Metzgeria leptoneura</i>			1	1			
<i>Metzgeria sp.</i>			1				
<i>Metzgeria uncigera</i>		1	1		1		
<i>Microljeunea acutifolia</i>	1						

<i>Microlejeunea bullata</i>	1						1
<i>Microlejeunea monoica</i>		1					
<i>Monoclea sp.</i>			1		1		1
<i>Monoclea gottschiei</i>	1	1	1	1	1	1	
<i>Neurolejeunea spp</i>					1	1	
<i>Neurolejeunea breuttelii</i>		1	1		1		
<i>Nowellia evansii</i>		1					
<i>Nowellia spp</i>	1						
<i>Odontolejeunea decemdentata</i>							1
<i>Odontolejeunea lunulata</i>	1		1	1	1		
<i>Odontolejeunea rhomalea</i>							
<i>Odontolejeunea sp.</i>			1		1		
<i>Odontoschisma brasiliense</i>		1	1				
<i>Odontoschisma denudatum</i>			1	1			
<i>Odontoschisma postratum</i>				1			
<i>Omphalantus filiformis</i>		1					
<i>omphalantus sp.</i>		1					
<i>Pallavicina lyellii</i>	1		1	1		1	1
<i>Plagiochila arcuata</i>	1		1				
<i>Plagiochila abrupta</i>		1					
<i>Plagiochila bicornis</i>				1			
<i>Plagiochila bifaria</i>	1		1	1	1		
<i>Plagiochila bursata</i>			1	1	1		1
<i>Plagiochila chinantlana</i>		1					
<i>Plagiochila confundens</i>				1			
<i>Plagiochila corrugata</i>					1		
<i>Plagiochilla cristata</i>					1		
<i>Plagiochila dicotoma</i>			1				
<i>Plagiochila distinctifolia</i>				1			
<i>Plagiochila divaricata</i>	1	1	1	1	1	1	
<i>Plagiochila dominicensis</i>			1				
<i>Plagiochila dubia</i>	1		1	1			1
<i>Plagiochila exigua</i>					1		
<i>Plagiochila hypnoides</i>	1		1	1		1	1
<i>Plagiochila ludoviciana</i>		1		1			
<i>Plagiochila martiana</i>			1				
<i>Plagiochila macrostachya</i>						1	1
<i>Plagiochila micropteris</i>					1		
<i>Plagiochila montagnesi</i>		1					1
<i>Plagiochila raddiana</i>					1		
<i>Plagiochila rutilans</i>		1		1	1		
<i>Plagiochila simplex</i>		1	1		1		
<i>Plagiochila stricta</i>			1				
<i>Plagiochila subplana</i>			1				1
<i>Plagiochila superba</i>				1			
<i>Plagiochila sylvicultrix</i>		1	1	1	1		1
<i>Plagiochila sp</i>	1		1	1	1	1	1

<i>Plagiochia tenuis</i>			1	1				
<i>Prionolejeunea sp.</i>	1	1	1	1	1	1	1	
<i>Protocephalozia sp</i>	1							
<i>Radula evansii</i>		1						
<i>Radula kegelli</i>				1				
<i>Radula machrostachya</i>			1			1	1	
<i>Radula paganii</i>	1							
<i>Radula recubans</i>	1							
<i>Radula saccatiloba</i>	1				1	1		1
<i>Radula shaefer-verwunpii</i>						1		
<i>Radula sinuata</i>						1		
<i>Radula subsimplex</i>		1			1			
<i>Radula stenocalyx</i>						1		
<i>Radula tenera</i>						1		1
<i>Riccardia spp</i>		1	1	1	1	1	1	
<i>Riccardia amazonica</i>	1							
<i>Riccardia digitiloba</i>	1		1	1	1	1	1	1
<i>Riccardia metzgeriformis</i>	1							1
<i>Riccardia schwaneckeii</i>				1				
<i>Riccardia sprucei</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Riccardia tenuicola</i>				1				1
<i>Scapania nemorea</i>			1					
<i>Scapania portoricensis</i>				1	1		1	
<i>Schiffneriolejeunea sp</i>					1			1
<i>Symphiogina apiculispina</i>			1	1				
<i>Symphiogina aspera</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Symphiogina brasiliensis</i>	1	1	1	1				
<i>Symphiogina brongniartii</i>	1		1	1		1	1	1
<i>Symphiogina trivittata</i>							1	
<i>Taxilejeuna isocalycina</i>			1					
<i>Taxilejeuna ptorigonia</i>		1	1			1		1
<i>Taxilejeunea sulphurea</i>	1			1		1	1	
<i>Taxilejeunea sp</i>					1	1		1
<i>Telaranea nematodes</i>				1	1	1	1	
<i>Trachylejeunea aquaris</i>		1						
<i>Trichocolea breviffisa</i>					1		1	
<i>Trichocolea filicaulis</i>				1				
<i>Trichocolea flaccida</i>		1	1			1		
<i>Trichocolea tomentosa</i>						1	1	

Anexo 4: Especies de distribución amplia, presentes en al menos 4 de los puntos de muestreo del sendero interpretativo “los musgos” del Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal.

<b>Especies más frecuentes</b>	<b>pto1</b>	<b>pto2</b>	<b>pto3</b>	<b>pto4</b>	<b>pto5</b>	<b>pto6</b>	<b>pto7</b>	<b>pto8</b>
<i>Aneura sp</i>		1		1		1		1
<i>Arachniopsis diacantha</i>	1	1	1			1		
<i>Bazzania falcata</i>			1	1	1	1	1	
<i>Bazzania hookeri</i>			1	1	1	1	1	1
<i>Bazzania stolonifera</i>		1			1	1	1	
<i>Calypogegia peruviana</i>		1	1	1	1	1	1	1
<i>Cephalozia crassifolia</i>		1	1	1			1	
<i>Cheilolejeunea rigidula</i>	1	1	1	1		1		
<i>Cheilolejeunea sp.</i>	1	1			1			1
<i>Cololejeunea obliqua</i>	1			1	1	1	1	
<i>Displasiolejeunea sp.</i>	1		1				1	1
<i>Drepanolejeunea liquenicola</i>	1		1			1		1
<i>Frullania atrata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Frullania brasiliensis</i>		1				1	1	1
<i>Herbertus prensilis</i>		1		1	1		1	1
<i>Lejeunea sp1</i>	1	1		1		1		
<i>Lophocolea martiana</i>	1	1				1	1	
<i>Macrolejeunea cerina</i>	1	1	1	1			1	1
<i>Marchantia chenopoda</i>	1			1	1	1	1	1
<i>Marchantia inflexa</i>	1	1	1	1		1		
<i>Metzgeria decipiens</i>	1		1	1	1			1
<i>Monoclea gottschi</i>	1	1	1	1		1	1	
<i>Odontolejeunea lunulata</i>	1		1	1		1		
<i>Pallavicina lyellii</i>	1		1	1			1	1
<i>Plagiochila bifaria</i>	1		1	1		1		
<i>Plagiochila bursata</i>			1	1		1		1
<i>Plagiochila divaricata</i>	1	1	1	1	1	1	1	
<i>Plagiochila dubia</i>	1		1	1			1	
<i>Plagiochila hypnoides</i>	1		1	1			1	1
<i>Plagiochila rutilans</i>		1		1	1	1		
<i>Plagiochila sylvicultrix</i>		1	1	1	1		1	
<i>Plagiochila sp</i>	1		1	1	1	1	1	
<i>Prionolejeunea sp.</i>	1	1	1	1	1	1	1	
<i>Radula saccatiloba</i>	1				1	1		1
<i>Riccardia spp</i>		1	1	1	1	1	1	
<i>Riccardia digitiloba</i>	1		1	1	1	1	1	1
<i>Riccardia sprucei</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Symphiogina aspera</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Symphiogina brasiliensis</i>	1	1	1	1				
<i>Symphiogina brongniartii</i>	1		1	1		1	1	1
<i>Taxilejeuna ptorigonia</i>		1	1			1		1
<i>Taxilejeunea sulphurea</i>	1			1		1	1	
<i>Telaranea nematodes</i>				1	1	1	1	

## Anexo 5. Galería fotográfica.



Fotografía 1. Bosque nuboso del Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal, Mario Dary Rivera (BUCQ).



Fotografía 2. Areas aledañas al BUCQ, destinadas a cultivos de exportación. Los bosques son talados para introducir el cultivo del “leather leaf fern” bajo sombra artificial. El problema de la deforestación tiene un impacto sobre las comunidades de hepáticas en áreas aledañas.



Fotografía 3: *Bazzania*, un género de hepática foliosa dominante en el BUCQ por su alta diversidad y distribución amplia. Obsérvense las ramas flageliformes en la parte ventral de las plantas.



Fotografía 4: *Plagiochila*, un género de hepática foliosa dominante en el BUCQ por su alta diversidad y distribución amplia.



Fotografía 5: *Frullania*, un género de hepática foliosa dominante en el BUCQ por su alta diversidad y distribución amplia.



Fotografía 6: *Riccardia*, un género de hepática talosa simple dominante en el BUCQ por su alta diversidad y distribución amplia.



Fotografía 7: *Symphyogina*, una hepática talosa simple dominante en el BUCQ: Obsérvese su talo disectado en lóbulos y la presencia de esporofitos.



Fotografía 8: *Monoclea gottscheii*, una hepática talosa simple de distribución amplia en el BUCQ, crece principalmente en rocas o cortes de suelo.