

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIRIQUÍ
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA

**DIVERSIDAD DE BRIÓFITOS DEL SUELO, EN EL SENDERO LA CASCADA, PARQUE
INTERNACIONAL LA AMISTAD (PILA), CHIRIQUÍ, PANAMÁ**

PRESENTADO POR

Cristian De Jesús González Montero

C.I.P. 1-729-21

PROFESORES ASESORES

M. Sc. Clotilde Arrocha

M. Sc. Loraine Pérez

M. Sc. Rodolfo Mendoza

Trabajo de graduación presentado
en la Facultad de Ciencias
Naturales y Exactas como
requisito para optar por el título de
Licenciatura en Biología

David Chiriquí República de Panamá

2017-2018

DEDICATORIA

A mis padres y quienes me apoyaron en este sueño y a quienes me impulsan a superarme cada día más.

BBJST432

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la fuerza y la sabiduría necesaria para culminar con éxito el presente trabajo.

A mis asesores profesora Clotilde Arrocha, profesora Loraine Pérez y profesor Rodolfo Mendoza, por la enseñanza brindada y apoyo y confianza en el transcurso de esta investigación.

A los encargados del Herbario UCH de la Universidad Autónoma de Chiriquí, por el apoyo de equipos, literaturas e instalaciones necesarias para el desarrollo de esta investigación.

Al Ministerio de Ambiente y a los guardaparques del PILA por el apoyo brindado.

A aquellos compañeros y amigos que participaron como asistentes de campo, Ángel Romero, Thania Ríos, Eduardo Duran, Macario González, Lester Valdés, Katherin De Gracia por acompañarme y ayudarme en el trabajo de campo.

A mi amiga Evelyn Caballero, por ayudarme en la planificación y ayudarme a plantear las bases de mi investigación.

Por ultimo a aquellas personas que son mi motor, mi familia, Graciela Montero, Rogelio Rodríguez, Ricardo González, quienes brindaron enseñanzas, valores, amor y apoyo durante mis años de estudio. También a Thania Ríos que eres parte de mi familia y que estuviste conmigo en altas y bajas, dándome tu amor, amistad, tu voz de aliento y fortaleza para sobrellevar las adversidades.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE CUADROS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
RESUMEN.....	IX
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Parque Internacional La Amistad.....	1
1.2. Diversidad florística del PILA.....	3
1.2.1. Diversidad de briófitos.....	4
1.3. Los briófitos y la importancia que representan para el ecosistema del PILA.....	5
1.4. Briófitos del suelo.....	8
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
2.1. Área de estudio.....	11
2.2. Trabajo de campo.....	13
2.2.1. Método de colecta.....	13
2.2.2. Procesamiento de muestras en campo.....	16

2.3.	Trabajo de laboratorio.....	16
2.3.1.	Procesamiento de muestras.....	16
2.4.	Análisis de datos.....	17
III.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
IV.	CONCLUSIONES.....	44
V.	RECOMENDACIONES.....	46
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
VII.	ANEXOS.....	60

ÍNDICES DE CUADROS

Cuadro 1. Coordenadas, altitudes y características de puntos de muestreo.....	15
Cuadro 2. Especies de Marchantiophytas y Antocerotophytas del suelo identificados en el sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.....	18
Cuadro 3. Especies de bryophytas del suelo identificados en el sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá	20
Cuadro 4. Distribución de hepáticas y antocerotes del suelo identificados según las parcelas del sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.....	26
Cuadro 5. Distribución de musgos del suelo identificados según las parcelas del sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.....	27
Cuadro 6. Especies que comparten las parcelas 3 y 6.....	43
Cuadro 7. Especies de briofitos que comparten las parcelas 2 y 3.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.....	12
Figura 2. Diagrama de la ubicación de los senderos del Parque Internacional La Amistad-Pacífico, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.....	13
Figura 3. Mapa de ubicación del sendero La Cascada y localización de cada uno de los puntos de estudio en el Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá	14
Figura 4. Diversidad de Margalef por parcelas y grupos taxonómicos del sendero La Cascada Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá	30
Figura 5. Riqueza de géneros y especies por familia de hepáticas del suelo en el sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.....	33
Figura 6. Riqueza de especies de hepáticas por géneros en el sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.....	34

Figura 7. Riqueza de géneros y especies por familia de musgos del suelo en el sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.....	38
Figura 8. Riqueza de especies de musgos por géneros en el sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.....	39
Figura 9. Curva de acumulación de especies de briófitos del suelo en el sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.....	41
Figura 10. Porcentaje del índice de similitud entre las parcelas evaluadas en el sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.....	42
Figura 11. Análisis de clúster que muestra la relación d similitud entre las parcelas evaluadas en el sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.....	42
Figura 12. Pallaviciniaceae: A. <i>Symphyogyna brasiliensis</i> (a1: Involucro en forma de escama, a2: Células del margen y de la lámina); B. <i>Symphyogyna brongniartii</i> (b1: Célula hialina en la parte dorsal del talo, b2: Diente apical en el margen del talo); C. <i>Symphyogyna marginata</i> (c1: Célula hialina en la parte dorsal del talo, c2: Células del margen y de la lámina).....	61

Figura 13. Balantiopsidaceae: A. *Isotachis multiceps* (a1: Filoide lateral, a2: Anfigastro); B. *Isotachis serrulata* (b1: Filoide lateral, b2: Anfigastro); Lophocoleaceae C. *Lophocolea trapezoides* (c1: Anfigastro, c2: filoide lateral); D. *Trichocolea tomentosa* (d1: filoide); Lejeunaceae E. *Lejeunea debilis* (e1: Anfigastro).....62

Figura 14. Pilotrichaceae A. *Lepidopilum brevipes* (a1: filoide, a2: Capsula con peristoma); B. *Lepidopilum diaphanum* (a1: Zeta papilosa); C. *Hypnella pilifera* (a1: Células de la lámina con papilas).....63

Figura 15. Pilotrichaceae: A. *Cyclodictyum subtortifolium*; B. *Cyclodictyum rorodum*; Sematophyllaceae: C. *Sematophyllum subsimplex*; D. *Sematophyllum galipense* (d1: Celulas alares); E. *Sematophyllum swartzii* (e1: Celulas alares).....64

Figura 16. Dicranaceae: A. *Campylopus reflexisetus* (a1: Corte transversal del filoide); B. *Campylopus anderssonii* (b1: Corte transversal del filoide); C. *Campylopus alvidovirens* (c1: Corte Transversal del filoide 4X, c2: Corte transversal del filoide 10X); D. *Campylopus concolor* (Corte transversal del filoide); E. *Campylopus areodictyon* (Corte transversal del filoide).65

RESUMEN

Se documentó la riqueza y diversidad de especies de briofitos del suelo en el Sendero La Cascada (2,400m de altitud s.n.m.), Parque Internacional La Amistad, Chiriquí, Panamá; y se determinó si hay diferencias significativas entre los puntos de muestreo.

El muestreo se realizó en seis puntos separados cada 200m a lo largo del sendero, que tiene una longitud de 1.2 km en cada punto se delimitaron parcelas de 5x10m² y se colectaron muestras al azar de los sustratos roca y suelo. Se identificaron los especímenes presentes en cada parcela, se calculó la diversidad Margalef total del sendero, la diversidad por grupo taxonómico y la diversidad de cada parcela, se calculó el índice de similitud de Jaccard, para conocer la similitud de especies entre las parcelas.

Se registró un total de 79 especies de briófitos de suelo, en la división Bryophyta (musgos) se encontró 18 familias, 26 géneros y 47 especies.; para Marchantiophyta (hepáticas), 15 familias, 18 géneros y 31 especies; y Antocerotophyta (antocerotes) solo el género *Megaceros* de la Dendrocerotaceae. Según el índice de Margalef Los musgos fueron el grupo más diverso ($D_{mf}=7.74$) y el género con mayor riqueza de especie fue el género *Campylopus*, mientras que las hepáticas ($D_{mf}=7.05$) presento una menor diversidad y el grupo con mayor riqueza de especie fue el género *Riccardia*. Se reportan seis nuevos registros para Panamá: *Telaranea apiahyna*, *Bazzania falcata*, *Frullania serrata*, *Frullania atrata*, *Radula mammosa*, *Thuidium urceolatum*. La especie más común a lo largo del sendero fue *Symphyogyna brogniartii*, presente en todas las parcelas seguido de *Cyclodictyon roridum*, *Fissidens asplenioides*, *Trichocolea tomentosa*, *Monoclea gottschei* y *Thuidium delicatulum* se reportan para cinco de las seis parcelas.

Según el índice de similitud de Jaccard, la parcela tres presento mayor diversidad y mayor riqueza dentro del sendero. Se encontró una similitud baja entre las parcelas, pero entre las más similares entre sí fueron la parcela 3 y 6. Según el

índice de Jaccard los cuadrantes presentan un índice de similitud menor del 50 %, por lo tanto el sendero es heterogéneo.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Parque Internacional La Amistad

El Parque Internacional La Amistad (PILA), fue creado por los gobiernos de Panamá y Costa Rica en el año 1988. El PILA se extiende por el Corredor Biológico Mesoamericano y el área total comprendida entre Costa Rica y Panamá es de 401,000 hectáreas. En la región panameña se encuentra en las montañas de la cordillera central entre las provincias de Chiriquí y Bocas del Toro, con una superficie de 207,000 hectáreas, de estas 95 % localizadas en la provincia de Bocas del Toro y el resto en Chiriquí (ANAM, 2004a; INBio, 2004). El PILA está catalogado como Reserva de la Biosfera por la UNESCO desde 1982 y en 1983 se le otorga la categoría de sitio de patrimonio mundial (MINAET, 2012).

El clima dentro del parque es muy variable, los puntos más elevados tienen una temperatura media anual que ronda los 5 °C, mientras en la vertiente caribeña, en su mayoría planicies sedimentarias, alcanza los 24 °C. Dependiendo de la estación, ya sea seca o lluviosa, la precipitación media anual puede variar entre 2,500 mm y 10,000 mm de lluvia respectivamente, estas características convierten este Parque en una de las zonas más húmedas del país. En esta área protegida, nacen gran número de ríos, en la vertiente Pacífica, se pueden mencionar el río Chiriquí Viejo, Chiriquí, Macho de Monte, Majagua, Colorado, entre otros; y en la vertiente Atlántica las cuencas altas de los ríos Teribe y Changuinola (ANAM, 2004b).

La gran diversidad del PILA se debe a que hay nueve de las doce zonas de vida que se encuentran en Panamá, según el sistema de clasificación de Holdridge, las cuales son: bosque pluvial montano (bp-M), bosque muy húmedo montano (bmh-M), bosque pluvial montano bajo (bp-MB), bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB), bosque húmedo montano bajo (bh-MB), bosque pluvial premontano (bp-P), bosque muy húmedo premontano (bmh-P), bosque muy húmedo tropical (bmh-T), bosque húmedo tropical (bh-T) y páramo pluvial subalpino (pp-S). La variedad de zonas es lo que determina que estos ecosistemas tengan una gran diversidad de fauna y flora y se encuentran poblaciones amenazadas o en un peligro de extinción (ANAM, 2004b).

El PILA se encuentra dentro de la ecoregión de Selvas de Talamanca y del Istmo, que incluye los bosques montaños de Talamanca del bioma de los bosques húmedos latifoliados tropicales y subtropicales (INBIO & SOMASPA, 2005). Estos bosques son reconocidos como "puntos calientes de biodiversidad", vulnerables por la actividad antropogénica (Olson y Dinerstein 2002). De acuerdo al mapa de vegetación de Panamá del 2000, el PILA es el área protegida con mayor variación de vegetación natural del país, debido a su estructura y composición se distinguen siete clases de vegetación y dos clases de usos de suelo; la mayoría de su territorio corresponde a bosques perennifolios latifoliados (ANAM, 2004c).

Los bosques del Parque Internacional La Amistad están amenazados constantemente por actividades antropogénicas como, la pérdida de cobertura boscosa ya sea por la agricultura, muy común en la comunidad de Las Nubes, o

por la ganadería, ya que provocan variaciones en las condiciones ecológicas del área, lo que induce cambios en la distribución de la vegetación (García *et al.*, 2001). Desde su creación, el parque se ha visto afectado por la cacería, explotación de recursos naturales, extracción selectiva de especies de plantas y animales amenazados y más recientemente, por el uso intensivo de agroquímicos. Estas amenazas ponen en peligro el ecosistema, sus componentes y las funciones, lo que implica cambios en su equilibrio ecológico (INBIO & SOMASPA, 2005).

Dado el potencial hidrológico del Parque, es un objetivo para la construcción de proyectos hidroeléctricos en zonas muy cercanas, creando una amenaza latente por la transformación del caudal de ríos y quebradas y al no contar, los proyectos, con los estudios de impacto ambiental estratégicos para un buen manejo de las cuencas que nacen dentro del Parque, lo que ha provocado que el Parque se encuentre en la lista de patrimonios en peligro (Arcia, 2015).

1.2. Diversidad florística del PILA

Las montañas del PILA gracias a sus variaciones altitudinales y de zonas de vida se ven favorecidas en el desarrollo de una extraordinaria biodiversidad. Debajo de los 1500 m s.n.m. se reconoce una gran diversidad de organismos y altos índices de endemismo, gran parte del área protegida está dominada por bosques nubosos que presentan vegetación primaria que ayuda a sostener y preservar una

diversidad muy alta (Monro *et al.*, 2017). Esta extraordinaria diversidad florística se ve reflejada en la gran variedad de angiospermas, gimnospermas, helechos y musgos, sumando unas 1568 especies de plantas (ANAM, 2004c). Los valores máximos de abundancia y diversidad se encuentran por encima de los 600 m s.n.m. (Samudio, 2001).

El proyecto financiado por la Iniciativa Darwin de Reino Unido (2010), con el objetivo de generar herramientas básicas para el manejo del Parque Internacional La Amistad (PILA): Costa Rica/Panamá, reportó unas 3000 especies de plantas, donde destacan más de 35 registros nuevos para Panamá y uno para Costa Rica; este número de especies varió a 3046 especies en publicaciones más recientes (Monro *et. al*, 2017) lo que nos dice que la diversidad puede ser mayor por lo tanto es necesario un esfuerzo mayor en investigaciones de flora vascular y no vascular; en ese sentido, Sánchez (2016) y Rodríguez (2016) han contribuido con el conocimiento de orquídeas y epífitas vasculares.

1.2.1. Diversidad de briófitos

A nivel mundial se reconocen más de 20000 especies de briófitos, de las cuales aproximadamente 13000 son musgos, 9000 hepáticas y 250 especies de antocerotes, por lo que es considerado el segundo grupo de plantas terrestres más diverso. Si bien su distribución es mayor en ambientes mesotróficos, se encuentran distribuidos por todo el mundo, solo están ausentes en las aguas marinas (Estébanez-Pérez *et al.*, 2011). Para Panamá se han registrado 1,152

especies de briófitos de los cuales 756 son musgos, 488 hepáticas y 13 antocerotes (Dauphin *et al.*, 2015 y Ellis *et. al*, 2016). Después de Costa Rica, Panamá ocupa el segundo lugar en cuanto a diversidad de especies a nivel de Centroamérica (Salazar, 2001).

Se han realizado hasta la fecha varios estudios de la brioflora del PILA, de los cuales podemos mencionar Caballero (2016), Cascante & Valdés (2005), Charles (2001), Fossatti (2014), Gonzalez (1998), Guerra (2016), Rodríguez-Quiel (2011) y Pineda (1999), la mayoría son estudios sobre briófitos epífitos, exceptuando el trabajo de Guerra (2016) sobre briófitos epífilos. Sin embargo, de los mencionados solo los realizados por Caballero (2016) y Pineda (1999) han evaluado la diversidad de la brioflora del suelo. De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada se reportan para el PILA un total de 242 especies de briófitos pertenecientes a 49 familias, las cuales se distribuyen así: Musgos (Bryophyta) 148 especies en 32 familias y hepáticas (Marchantiophyta) 94 especies pertenecientes a 17 familias.

1.3. La importancia de los briófitos para el ecosistema del PILA.

Los briófitos son un grupo de plantas poiquilohidricas, las cuales entran en un rápido equilibrio de su contenido de agua interna con el agua potencial del medio ambiente en donde se encuentran. Esto se debe a que pueden ganar o perder agua rápidamente y no hay control sobre la pérdida de agua por la sencillez de su estructura, carencia de cutícula en la mayoría y falta de tejidos especializados.,

además se caracterizan por tener alternancia de generaciones con un gametofito dominante en el ciclo, el cual es ramificado y presenta una diversidad morfológica muy variada (Vanderpoorten & Goffinet, 2009).

Estos carecen de las raíces y los tejidos conductores de las plantas vasculares, obtienen agua y nutrientes absorbiéndolos por toda la superficie del gametofito. El agua se mueve externamente por espacios capilares que se forman por la arquitectura de los filoides y por estructuras adicionales en tallos y hojas, tales como papilas y células alares, entre otras.

También se conoce que algunos géneros, sobre todo de las familias Polytrichaceae y Mniaceae, presentan un sistema de conducción interno compuesto de hidroides (Slack, 2011).

Muchos briófitos, en casos de deshidratación, son capaces de sobrevivir en un estado metabólicamente inactivo y recuperar sus funciones vitales al volver a tener agua disponible en el ambiente, esta estrategia les permite aprovechar los períodos favorables incluso especialmente en ambientes extremos como desiertos (Proctor *et al.*, 2007).

Existen otras adaptaciones para sobrevivir a la falta de agua, como la formación de tubérculos, los cuales permanecen fuertemente adheridos al sustrato hasta que mejoren las condiciones ambientales, también presencia de pelos hialinos en el ápice de las hojas o disposición torcidas, crispadas o enrolladas a manera de tubo.

Estrategias adaptativas que facilitan la absorción y conducción del agua por toda la superficie de la hoja (ectohídrico) y en algunas especies, la presencia de abundantes papilas y rizoides que facilitan el movimiento externo del agua son parte de los mecanismos que les permiten la adaptación exitosa a muchos ambientes. (Zepeda *et al.*, 2014).

Los briófitos son un grupo exitoso de plantas en término de número de especies, distribución geográfica en los continentes y diversidad de hábitats; se caracterizan por mantener alta productividad y acumulación de biomasa; como grupo están implicados en el ciclo de nutrientes y son de gran valor para la colonización por plantas vasculares, estos también son utilizados como bioindicadores en monitoreo del ambiente (Slack, 2011).

Desempeñan un rol imprescindible en los ecosistemas al interceptar, absorber y retener los minerales disueltos en el agua lluvia, permitiendo la incorporación de éstos en el ecosistema y disminuyendo su lavado hacia los ríos y mares. En bosques lluviosos y en los ecosistemas dominados por musgos las comunidades de briófitas actúan como grandes esponjas que regulan el cauce de los ríos, protegiendo el suelo de inundaciones violentas, es decir que ayudan a mantener agua constante durante los meses de verano a los ríos y arroyos que las desaguan (Aguirre, 2015).

Algunas especies de briófitos tienen la habilidad de fijar nitrógeno atmosférico por su asociación con colonias de Cyanobacteria que viven en burbujas de mucílago

entre sus talos, contribuyendo en gran medida con la incorporación de este elemento en el ecosistema. Otras especies tienen un hábitat tan específico como los briófitos de suelo que su sola presencia puede indicar condiciones ecológicas como suelos quemados, acidez del suelo, alto contenido de potasio o cobre (Glime, 2007a).

En Panamá hay poca información sobre la riqueza de briófitos de suelo del Parque Internacional La Amistad, a pesar de que se han realizado por lo menos 9 trabajos sobre briófitos de esos solo dos (Pineda, 1999 y Caballero, 2016) tratan de los briófitos de suelo, por lo que hay vacíos en el conocimiento sobre la diversidad de estos en el PILA.

Por otro lado, en el PILA Pacífico, los senderos en que más estudios de briófitos se han realizado es El Retoño, con 2 estudios realizados por Pineda (1999) y Charles (2001) y Panamá Verde, también con 2 estudios realizados por Fosatti (2014) y Guerra (2016). Mientras que en el sendero La Cascada, a pesar de ser uno de los más visitados, no cuenta con estudios previos.

1.4. Briófitos del suelo

Los briófitos son pioneros de los ecosistemas, debido a su capacidad de captar nutrientes y acumular partículas de polvo para formar su propio sustrato. En los bosques tropicales, el suelo briofítico juega un papel de suma importancia en la fijación de vegetación epífita (Pócs, 1982 y LaFarge, 2002). Estos también pueden regular el traspaso de nutrientes al ecosistema; en bosques, a los tapices

briofíticos se les considera como fertilizantes de lenta liberación, ya que transfieren, a lo largo de varios años, nutrientes retenidos a las capas subyacentes (Weber & Van Cleve, 1984; Glime, 2007b).

En áreas semidesérticas y desérticas, los briófitos se ven involucrados en la costra criptogámica, ayudando en la creación y estabilización del suelo y permitiendo el desarrollo de comunidades de plantas vasculares (Belnap & Lange, 2001). De igual manera, en estudios de recolonización tras incendios, realizados en Tasmania por Duncan y Dalton (1982) y en el SE ibérico por De Las Heras *et al.* (1990), los briófitos eran los primeros en aparecer, teniendo ejemplares identificables poco tiempo después de la quema (Estébanez-Pérez *et al.*, 2011).

Así como los briófitos juegan un papel de gran importancia para el establecimiento de plantas superiores, también, pueden competir con estas; en ocasiones formando barreras físicas que impiden la germinación de las semillas de las plantas vasculares (Zamfir, 2000) y a veces logran limitar de forma efectiva la propagación de plantas invasoras (Morgan, 2006).

Algunas especies de briófitos acumulan grandes concentraciones de cobre en el sustrato lo que los vuelve buenos indicadores de componentes del suelo como por ejemplo las especies *Mielichhoferia elongata* y *M. mielichhoferi*, por esto se les conoce como "musgos del cobre", ya que prácticamente solo crecen en zonas con un contenido alto de este metal (Glime, 2007b; Estebanéz-Pérez *et al.*, 2011).

Estas plantas forman un grupo ecológico dominante en los ecosistemas forestales y desempeñan una función importante en procesos como los ciclos del carbono y del nitrógeno. Por ejemplo, en un bosque boreal, los briófitos sirven como el principal sumidero de carbono sobre las maderas en descomposición y son los principales contribuyentes al equilibrio de este elemento (DeLucia *et al.*, 2003).

El objetivo general de esta investigación fue determinar la riqueza y la composición de briófitos del suelo en el sendero La Cascada en el Parque Internacional la Amistad y documentar la riqueza de especies, de allí que contribuirá en la generación de la línea base del conocimiento sobre los briófitos que crecen en este sustrato y contribuirá a la realización de estudios ecológicos posteriores.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

El sitio de estudio está ubicado en el Sendero La Cascada en la región Pacífica del Parque Internacional La Amistad, en el poblado de Las Nubes, Cerro Punta, Distrito de Tierras Altas, Provincia de Chiriquí, República de Panamá. Este sendero es uno de los más visitados dentro del parque y se localiza entre las coordenadas 8° 53' 44.5" Norte y 82° 37' 00.7" Oeste (Figura 1 y 2).

La Cascada se localiza a una altura entre los 2200 a 2400 m s.n.m., presentando una topografía accidentada con pendientes muy inclinadas, compuestas de material litológico de origen ígneo, metamórficos y sedimentario (ANAM, 2010). Presenta un clima tropical de montaña media y alta descrito por el Dr. Alberto A. McKay en el 2000 (ANAM, 2010), también detalla que, las lluvias de montaña son de gran intensidad en la parte baja y disminuyen a medida que aumenta la altura, es frecuente las gotas de lluvia fina comúnmente conocidas como "bajareques". A lo largo del sendero destaca el bosque Pluvial Montano Bajo (bp-MB), también presenta bosques vírgenes y en sucesión secundaria, con una gran diversidad de árboles y arbustos como *Alnus* sp. y *Wercklea* sp. (ANAM, 2014).

Dentro del parque existen varios senderos demarcados, destacando El Retoño y el Sendero Panamá Verde, estos dos son los más frecuentados por que son cortos y requieren poco esfuerzo (Fossatti, 2014). También está el sendero La Cascada, de gran vistosidad por los miradores que posee como La Nevera, Pino y el

Barranco. La Cascada tiene una longitud de 3,2 Km, medidos desde la casa administrativa, pero el estudio se llevará a cabo desde la bifurcación del Sendero El Retoño – La Cascada hasta el mirador conocido como la cascada, por lo que abarca una longitud de 1,2 Km y una altitud promedio de 2,400 m s.n.m., hay elevaciones montañosas acompañadas con valles en la zona final del sendero (MIAMBIENTE, 2016). La zona donde se encuentra el sendero tiene una precipitación pluvial anual entre 2,500-5,500 mm, por lo que es considerado una de las áreas protegidas más húmedas del país, con una temperatura entre los 10-22 °C (Valdés & Villarreal, 2005).



Figura 1. Localización del Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá (Google Earth <https://www.google.com/earth/>, 2017).

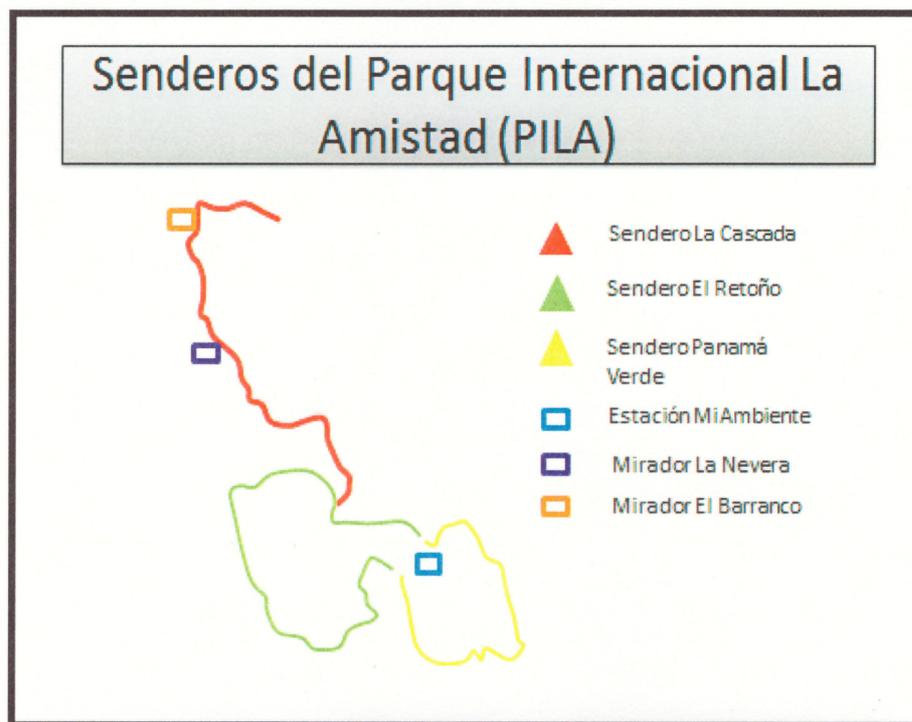


Figura 2. Diagrama de la ubicación de los senderos del Parque Internacional La Amistad-Pacífico, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.

2.2. Trabajo de campo

2.2.1. Método de colecta

Se usó el sendero como eje para ubicar cada 200m (Figura 3) un punto de muestreo y en este se delimitaron parcelas de 5m x 10m (50m²), perpendicular al camino para que abarcara el camino y porciones a ambos lados de este. Dentro de esta se colectaron al azar todos los briófitos que se encontraron sobre suelo o roca, se utilizaron cintas refractarias para marcar las parcelas. En cada punto se registraron datos microclimáticos de humedad relativa y temperatura con

registradores digitales o dattaloggers modelo Extech-RHT10; también se tomaron datos de altitud y coordenadas de ubicación de cada área, con GPS modelo Garmin Etrex 30, se estimó la cobertura boscosa (Cuadro 1), especies vasculares dominantes y fotos del área con la cámara Canon Powershot SX420.

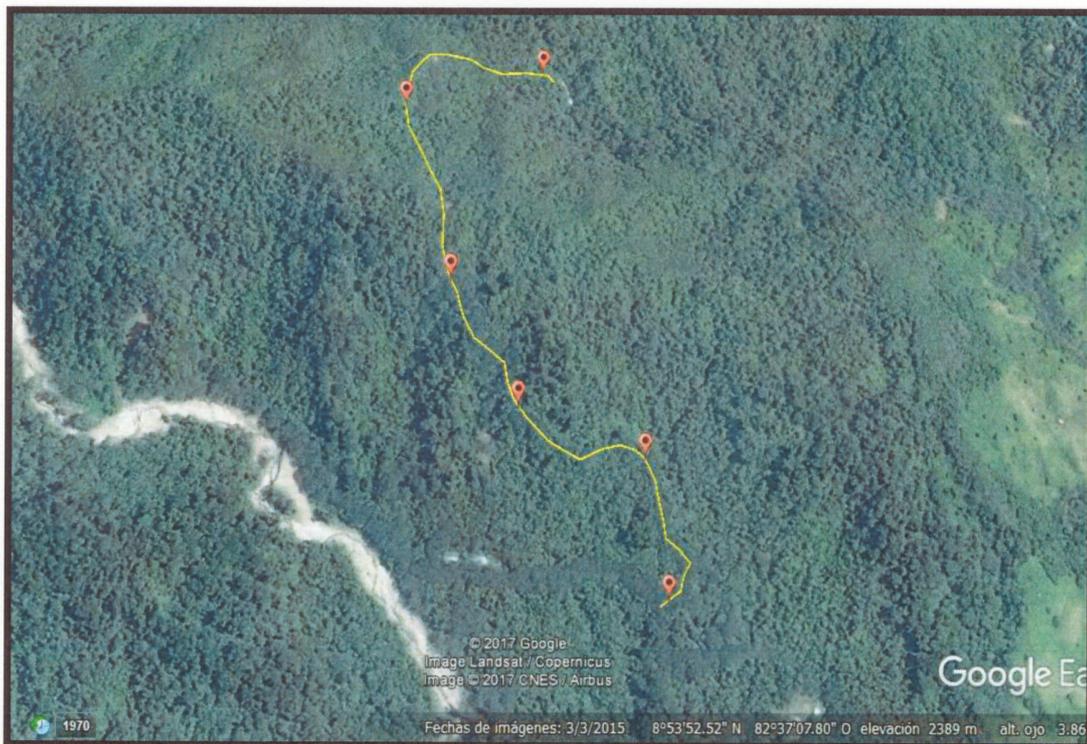


Figura 3. Mapa de ubicación del sendero La Cascada y localización de cada uno de los puntos de estudio en el Parque Internacional La Amistad. Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá (Google Earth <https://www.google.com/earth/>, 2017).

Cuadro 1. Coordenadas, altitudes y características de puntos de muestreo.

Parcela	Coordenada	Características
1	N 8° 53' 44.5" W 82° 37' 00.7"	2,269 m s.n.m., con buena vegetación arbórea, cercano a fuente de agua, temperatura 18°C y humedad relativa 85.9%.
2	N 8° 53' 47.9" W 82° 37' 04.3"	2,312 m s.n.m., con buena vegetación arbórea, cercano a fuente de agua, temperatura 17.6°C y humedad relativa 87%
3	N 8° 53' 52.1" W 82° 37' 09.3"	2,390 m s.n.m., con mucha vegetación arbórea, cercano a fuente de agua, temperatura 17.3°C y humedad relativa 89.1%.
4	N 8° 53' 57.9" W 82° 37' 11.3"	2,429 m s.n.m., con poca vegetación arbórea, <i>mínima</i> fuente de agua cercana, temperatura 17.1°C y humedad relativa 89%.
5	N 8° 54' 05.3" W 82° 37' 12.6"	2,431 m s.n.m., con buena vegetación arbórea, sin fuentes de agua cercana, temperatura 17.2°C y humedad relativa 86%.
6	N 8° 54' 06.3" W 82° 37' 07.06"	2,396 m s.n.m., con mucha vegetación arbórea, sin fuentes de agua cercana, temperatura 17.2°C y humedad relativa 88%.

2.2.2. Procesamiento de muestras en campo

Las muestras fueron extraídas del sustrato con navajas, se depositaron en bolsas de papel manila rotuladas con los datos de colecta. Se anotaron en el cuaderno de campo datos relevantes de la muestra como: color, presencia de estructuras reproductoras u otras características que pudieran perderse por el secado. Para el traslado de las muestras se colocaron en cajas plásticas para evitar el deterioro, especialmente de las hepáticas talosas. Las muestras fueron documentadas en campo por medio de fotografías utilizando la cámara Canon Powershot SX420.

2.3. Trabajo de laboratorio

2.3.1. Procesamiento de muestras

El procesamiento de las muestras incluyó secado al aire libre de los briófitos foliosos; las hepáticas talosas, se prensaron y secaron en hornos proporcionados por el Herbario de la universidad Autónoma de Chiriquí (UCH), todo ello según los métodos tradicionales (Bridson & Forman, 1992). Luego se procedió a la separación e identificación de las muestras de cada bolsa por observación al estereoscopio Zeiss-Stemi DV-4, y luego se prepararon placas que fueron revisadas en el microscopio Zeiss-PrimoStar y se identificaron los especímenes con ayuda de claves taxonómicas hasta la menor categoría taxonómica posible.

Entre las claves taxonómicas que se utilizaron están: Allen (1994, 2002, 2010), Buck (1998), Churchill *et al.* (1995), Costa (2008), Gradstein (1989), Gradstein *et al.* (2001), Gradstein y Costa (2003). Las muestras identificadas fueron

depositadas en el Herbario de la Universidad Autónoma de Chiriquí (UCH) y duplicadas para posibles intercambios con otros herbarios.

Los resultados obtenidos fueron tabulados y organizados según grupo taxonómico. Se documentaron las especies encontradas por medio de láminas y utilizando la bibliografía disponible se elaboró la lista base de las especies de briófitos del suelo identificadas para el PILA.

2.4. Análisis de datos

Se tabularon los resultados en un listado general de especies encontradas en el sendero. Seguido se analizó la diversidad de Margalef (1958) por categoría taxonómica, con la ayuda del software estadístico Past versión 2.17; para separar las categorías taxonómicas se emplearon las clasificaciones de Goffinet, Buck & Shaw (2009) y Allen (1994, 2002 y 2010) para musgos y Crandall-Stotler, Stotler & Long (2009) para las hepáticas. Posteriormente se elaboraron cuadros sobre la distribución de los grupos taxonómicos por parcelas y se graficó la diversidad de Margalef para cada parcela y grupo taxonómico en cada una. También se cuantificó la riqueza de géneros y especies según grupo taxonómico.

Mediante el software estadístico EstimateS 9.1.0 se confeccionó una curva acumulativa de especies para estimar el esfuerzo de muestreo y verificar su fiabilidad, también se estimó la diversidad Beta de las seis (6) parcelas y se evaluó la similitud entre las parcelas estudiadas mediante el índice de similitud de Jaccard, con el cual se generó un cluster para graficar los resultados.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las seis parcelas de 50m² establecidas en el Sendero La cascada del Parque Internacional La Amistad (PILA), se colectó un total de 154 muestras de briófitos del suelo; Los cuales representan 33 familias, 44 géneros y 79 especies. De la división Bryophyta se identificaron 18 familias, 26 géneros y 47 especies y para Marchantiophyta se reportan 15 familias, 18 géneros y 31 especies; y con respecto a la división Antocerotophyta solo se encontró una especie (Cuadro 2 y 3). Algunas de las especies enlistadas en el Cuadro 2 y 3, fueron fotografiadas y se elaboraron láminas ilustrativas que muestran algunos caracteres diagnósticos útiles para su identificación taxonómica (ver anexos).

De las 79 especies reportadas aquí, seis son nuevos registros de hepáticas y un musgo para Panamá.

Cuadro 2. Especies de Marchantiophyta y Antocerotophyta del suelo, identificados en el sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Nuevos registros para Panamá.

Marchantiophyta	
Familia	Especie
Adelanthaceae	<i>Syzygiella anomala</i> (Lindenb. & Gottsche) Steph.
Aneuraceae	<i>Riccardia fucoidea</i> (Sw.) C. Massal.
	<i>Riccardia</i> morfo sp. 1
	<i>Riccardia</i> morfo sp. 2
	<i>Riccardia</i> morfo sp. 3

	<i>Riccardia morfo</i> sp. 4
Balantiopsidaceae	<i>Isotachis multiceps</i> (Lindenb. & Gottsche) Gottsche <i>Isotachis serrulata</i> (Swartz) Gottsche.
Frullaniaceae	* <i>Frullania atrata</i> (Sw.) Nees ex Mont. * <i>Frullania serrata</i> Gottsche
Herbertaceae	<i>Herbertus juniperoideus</i> (Sw.) Grolle
Lejeunaceae	<i>Harpalejeunea</i> morfo sp. 1 <i>Lejeunea</i> morfo sp. 1 <i>Lejeunea debilis</i> (Lehm. & Lindenb.) Nees & Mont.
Lepidoziaceae	* <i>Telaranea apiahyna</i> (Steph.) Fulford * <i>Bazzania falcata</i> (Lindenb.) Trevis.
Lophocoleaceae	<i>Lophocolea</i> morfo sp. 1 <i>Leptoscyphus trapezoides</i> Mont.
Marchantiaceae	<i>Marchantia chenopoda</i> L.
Metzgeriaceae	<i>Metzgeria</i> morfo sp. 1 <i>Metzgeria</i> morfo sp. 2 <i>Metzgeria rufula</i> Spruce
Monocleaceae	<i>Monoclea gottschei</i> Lindb.
Pallaviciniaceae	<i>Symphyogyna brongniartii</i> Mont. <i>Symphyogyna brasiliensis</i> Nees <i>Symphyogyna marginata</i> Steph.
Plagiochilaceae	<i>Plagiochila</i> morfo sp. 1 <i>Plagiochila disticha</i> (Lehm. & Lindenb.) Lehm. & Lindenb. <i>Plagiochila aerea</i> Taylor
Radulaceae	* <i>Radula mammosa</i> Spruce
Trichocoleaceae	<i>Trichocolea tomentosa</i> (Sw.) Gottsche
Antocerotophyta	
Dendrocerotaceae	<i>Megaceros</i> morfo sp. 1

* nuevos registros para Panamá

Cuadro 3. Especies de Bryophyta del suelo identificados en el sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Nuevo registro para Panamá.

Bryophyta	
Familia	Especie
Bartramiaceae	<i>Breutelia tomentosa</i> (Sw. ex Brid.) A. Jaeger <i>Breutelia chrysea</i> (Müll. Hal.) A. Jaeger
Brachytheciaceae	<i>Aerolindigia capillacea</i> (Hornsch.) M. Menzel <i>Brachythecium frigidum</i> (Müll. Hal.) Besch.
Bryaceae	<i>Bryum morfo</i> sp. 1
Dicranaceae	<i>Campylopus concolor</i> (Hook.) Brid. <i>Campylopus anderssonii</i> (Müll. Hal.) A. Jaeger <i>Campylopus densicoma</i> (Müll. Hal.) Paris <i>Campylopus albidovirens</i> Herzog <i>Campylopus aerodictyon</i> (C. Muell.) Mitt <i>Campylopus reflexisetus</i> (Müll. Hal.) Broth.
Fissidentaceae	<i>Fissidens asplenioides</i> Hedw. <i>Fissidens elegans</i> Brid. <i>Fissidens weirii</i> var. <i>hemicraspedophyllus</i> (Cardot) Pursell <i>Fissidens weirii</i> var. <i>weirii</i> Mitt.
Hypnaceae	<i>Ctenidium malacodes</i> Mitt. <i>Isopterygium subbrevisetum</i> (Hampe) Broth.
Hypopterygiaceae	<i>Hypopterygium tamarisci</i> (Sw.) Brid. ex Müll. Hal.
Leucobryaceae	<i>Leucobryum martianum</i> (Hornsch.) Hampe ex Müll. Hal.
Meteoriaceae	<i>Meteorium laevifolium</i> Mitt.
Mniaceae	<i>Plagiomnium rhynchophorum</i> (Hook.) T.J. Kop.
Neckeraceae	<i>Porotrichum lancifrons</i> (Hampe) Mitt. <i>Porotrichum mutabile</i> Hampe <i>Porotrichum longirostre</i> (Hook.) Mitt.
Orthotrichaceae	<i>Orthotrichum pycnophyllum</i> Schimp.
Pilotrichaceae	<i>Cyclodictyon subtortifolium</i> (E.B. Bartram) W.R. Buck

	<i>Cyclodictyon roridum</i> (Hampe) Kuntze
	<i>Hypnella pilifera</i> (Hook. f. & Wilson) A. Jaeger
	<i>Lepidopilum brevipes</i> Mitt.
	<i>Lepidopilum diaphanum</i> (Sw. ex Hedw.) Mitt.
	<i>Trachyxiphium guadalupense</i> (Brid.) W.R. Buck
	<i>Trachyxiphium repens</i> (Hook. & Grev.) B.H. Allen
	<i>Thamniopsis undata</i> (Hedw.) W.R. Buck
Polytrichaceae	<i>Polytrichastrum formosum</i> (Hedw.) G.L. Sm.
	<i>Pogonatum barnesii</i> Cardot
	<i>Pogonatum procerum</i> (Lindb.) Schimp.
	<i>Pogonatum comosum</i> (Müll. Hal.) Mitt.
Potiaceae	<i>Leptodontium morfo</i> sp. 1
Prionodontaceae	<i>Prionodon fuscolutescens</i> Hampe
	<i>Prionodon luteovirens</i> (Taylor) Mitt.
Sematophyllaceae	<i>Sematophyllum subsimplex</i> (Hedw.) Mitt.
	<i>Sematophyllum galipense</i> (Müll. Hal.) Mitt.
	<i>Sematophyllum swartzii</i> (Schwägr.) W.H. Welch & H.A. Crum
Thuidiaceae	<i>Thuidium delicatulum</i> (Hedw.) Schimp.
	* <i>Thuidium urceolatum</i> Lorentz
	<i>Cyrto-hypnum sharpii</i> (H.A. Crum) W.R. Buck & H.A. Crum
	<i>Cyrto-hypnum minutulum</i> (Hedw.) W.R. Buck & H.A. Crum

*: Nuevos registros para Panamá

Según datos obtenidos de revisión bibliográfica de trabajos realizados en el PILA, que no han sido publicados, se reportan para el PILA-Pacífico un total de 242 especies de briófitos pertenecientes a 49 familias, las cuales se distribuyen en Musgos (Bryophyta) 148 especies en 32 familias y hepáticas (Marchantiophyta), 94 especies dentro de 17 familias en todos los sustratos (corteza, suelo, roca, hojas, troncos en descomposición).

En dos investigaciones realizadas sobre briófitos del suelo en el PILA, en el trabajo realizado por Pineda (1999) se reportan 33 especies de musgos terrestres y saxícolas del sendero El Retoño, de las cuales se comparten 10 especies con el presente estudio y se le añaden 37 especies a las reportadas por Pineda. Mientras que en la investigación de Caballero (2016), se reportan 27 especies de hepáticas talosas en los sustratos de suelo, roca y tronco en descomposición, en el sendero Culebra, de las cuales se comparten seis (6) especies entre el presente trabajo y el mencionado. Cabe destacar que la lista de hepáticas foliosas presentada en esta investigación es la primera que se elabora para el Sendero La Cascada, ya que a pesar de ser uno de los más visitados es de los menos conocidos con respecto a la diversidad de briófitos.

Según el índice de Margalef, cuyo valor fue de ($D_{mg}=7.26$) la diversidad de briófitos en este sendero es relativamente alta. En la mayoría de los ecosistemas naturales el valor varía entre 2 (baja biodiversidad) a 5 (alta biodiversidad); exceptuando los bosques tropicales y los arrecifes de corales que poseen valores muy por encima de 5 (Margalef, 1958; Emanuelli, 2010). La alta diversidad observada, puede deberse según Gil & Morales (2013) a que el suelo proporciona un microambiente ideal por la baja incidencia de luz y alto porcentaje de humedad constante, que favorece el establecimiento de las especies que llegan a través de ramas que caen del dosel del bosque y aquellas que migran desde las bases de los árboles gracias a las esporas o propágulos, además de las especies específicas del suelo.

De los tres grupos taxonómicos en los cuales se ubican las especies identificadas, el grupo con mayor diversidad en el sendero, según el índice de Margalef, , son los musgos ($D_{mf}=7.74$), seguido por las hepáticas ($D_{mf} =7.05$) y por último los antocerotes ($D_{mf} =1.82$). Estos valores concuerdan con la literatura consultada, ya que en múltiples estudios sobre diversidad de briofitos se ha reportado que los antocerotes presentan la menor cantidad de especies en comparación con las hepáticas y los musgos en todos los sustratos (López, 2008). Al igual que en este estudio, en otras investigaciones, la diversidad de musgos en comparación con las hepáticas es mayor (Fossatti, 2014; Gil y Morales, 2013; González-Mancebo *et al.* 2003; García-Martínez & Mercado-Gómez, 2017 y García-Martínez *et al.*, 2016). Los resultados obtenidos en el sustrato suelo son contrarios a lo que se observa para los briófitos epífitos en un bosque nuboso como el PILA, en donde es de esperarse que la diversidad sea mayor en el linaje de las hepáticas que en el linaje de los musgos y antocerotes (Salazar, 2001).

El sendero La Cascada presenta bosques vírgenes y en sucesión secundaria, con una gran diversidad de especies vegetales como *Alnus* sp. y *Wercklea* sp. que van entre los 20-30 m de altura, hay pequeños claros en el dosel que permiten la entrada de luz y el desarrollo de vegetación arbustiva, estas características ayudan a mantener las condiciones y características necesarias para que los briófitos y principalmente las hepáticas talosas prevalezcan en estas zonas (Salazar, 2001).

Las seis parcelas muestreadas se localizan en altitudes distintas, que van desde los 2 431 m.s.n.m. a 2 269 m.s.n.m. siendo la primera la más baja y la cuarta la más alta. De las familias de briófitos con presencia en todas las parcelas encontramos a Pallaviciniaceae, Aneuraceae y Pilotrichaceae. Mientras que la familia Potiaceae solo se encontró en la parcela 3 ubicada a 2 390 m s.n.m., Meteoriaceae, Mniaceae y Orthotrichaceae únicamente en la parcela 2 (2 312m s.n.m.), una especie de cada una que solo estaba allí (Cuadro 4 y 5).

En todas las parcelas hubo presencia de *Symphyogyna brogniartii*, mientras que *Cyclodictyon roridum*, *Fissidens asplenioides*, *Trichocolea tomentosa*, *Monoclea gottschei* y *Thuidium delicatulum* se reportan para cinco de las seis parcelas.

Los géneros *Symphyogyna* y *Riccardia* son hepáticas talosas que pertenecen a la división Marchantiophyta y debido a que la mayor parte del sendero presenta características de humedad, temperatura y sombra que son propicias para el desarrollo de las especies pertenecientes a estas familias, de allí su presencia (Cuadro 1).

Así también, géneros de las familias Pilotricaceae (*Cyclodictyon*), Fissidentaceae (*Fissidens*), Monocleaceae (*Monoclea*), entre otras mencionadas en el Cuadro 4 y 5, están ampliamente distribuidas en el sendero ya que por lo general sus especies son colonizadores típicos de sotobosques, los cuales se caracterizan por la poca penetración de luz (Freire, 2004) condición de iluminación en todas las parcelas en estudio (Cuadro 1).

Al contrario de resultados obtenidos en estudios realizados por Churchill (1995), donde se menciona que los musgos terrestres son más frecuentes en áreas despejadas con buena penetración de luz. La amplia distribución observada en condiciones de escasa iluminación, principalmente de los musgos, puede ser gracias a los diversos sistemas de adaptaciones que estos presentan, que le permiten sobrevivir en condiciones muy adversas y cambiantes (During, 1992).

Cuadro 4. Distribución de hepáticas y antocerotes del suelo identificados según las parcelas del sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.

Marchantiophyta							
Familia	Especie	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Pallaviciniaceae	<i>Symphyogyna brongniartii</i>	*	*	*	*	*	*
	<i>Symphyogyna brasiliensis</i>	*	*		*		*
	<i>Symphyogyna marginata</i>						*
Monocleaceae	<i>Monoclea gottschei</i>	*	*	*		*	*
Metzgeriaceae	<i>Metzgeria</i> sp. 1	*					
	<i>Metzgeria</i> sp. 2		*				
	<i>Metzgeria rufula</i>			*			
Aneuraceae	<i>Riccardia</i> sp. 1	*	*		*	*	
	<i>Riccardia fucoidea</i>		*	*			*
	<i>Riccardia</i> sp. 2						*
	<i>Riccardia</i> sp. 3				*	*	
	<i>Riccardia</i> sp. 4				*		
Plagiochilaceae	<i>Plagiochila</i> sp. 1	*					
	<i>Plagiochila disticha</i>			*			
	<i>Plagiochila aérea</i>			*	*		
Frullaniaceae	<i>Frullania atrata</i>	*					
	<i>Frullania serrata</i>					*	
Lejeunaceae	<i>Harpalejeunea</i> sp.	*					
	<i>Lejeunea</i> sp.		*				
	<i>Taxilejeunea debilis</i>		*				
Trichocoleaceae	<i>Trichocolea tomentosa</i>		*	*	*	*	*
Lepidoziaceae	<i>Telaranea apiahyna</i>		*		*	*	
	<i>Bazzania falcata</i>						*
Lophocoleaceae	<i>Lophocolea</i> sp.						*
	<i>Lophocolea trapezoides</i>					*	
Marchantiaceae	<i>Marchantia chenopoda</i>		*	*	*	*	
Radulaceae	<i>Radula mammosa</i>			*		*	
Balantiopsidaceae	<i>Isotachis multiceps</i>		*		*		
	<i>Isotachis serrulata</i>				*		
Adelanthaceae	<i>Syzygiella anómala</i>				*		
Herbertaceae	<i>Herbertus juniperoideus</i>				*		
Antocerotophyta							
Dendrocerotaceae	<i>Megaceros morfo</i> sp. 1				*	*	*

Cuadro 5. Distribución de musgos del suelo identificados según las parcelas del sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.

		Bryophyta						
Familia	Especie	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Fissidentaceae	<i>Fissidens asplenioides</i>	*	*	*		*	*	
	<i>Fissidens elegans</i>	*						
	<i>Fissidens weirii</i> var. <i>hemicraspedophyllus</i>			*				
	<i>Fissidens weirii</i> var. <i>weirii</i>			*		*		
	Pilotrichaceae	<i>Cyclodictyon subtortifolium</i>	*					
<i>Cyclodictyon roridum</i>		*	*	*	*		*	
<i>Hypnella pilifera</i>				*	*	*	*	
<i>Lepidopilum brevipes</i>				*				
<i>Lepidopilum diaphanum</i>			*					
<i>Trachyxiphium guadalupense</i>			*	*				
<i>Trachyxiphium repens</i>						*	*	
<i>Thamniopsis undata</i>		*	*	*			*	
Neckeraceae		<i>Porotrichum lancifrons</i>	*					
		<i>Porotrichum mutabile</i>			*			*
	<i>Porotrichum longirostre</i>			*		*		
Hypnaceae	<i>Ctenidium malacodes</i>	*	*	*		*		
	<i>Isopterygium subbrevisetum</i>			*	*			
Thuidiaceae	<i>Thuidium delicatulum</i>	*	*	*		*	*	
	<i>Thuidium urceolatum</i>				*			
	<i>Cyrto-hypnum sharpii</i>			*				
	<i>Cyrto-hypnum minutulum</i>			*				
Brachytheciaceae	<i>Aerolindigia capillacea</i>	*						
	<i>Brachythecium frigidum</i>		*					
Sematophyllaceae	<i>Sematophyllum subsimplex</i>	*						
	<i>Sematophyllum galipense</i>			*				
	<i>Sematophyllum swartzii</i>				*		*	
	<i>Bryum</i> sp. 1	*						
Dicranaceae	<i>Campylopus concolor</i>						*	
	<i>Campylopus anderssonii</i>			*			*	
	<i>Campylopus densicoma</i>					*		
	<i>Campylopus albidovirens</i>					*		
	<i>Campylopus aerodictyon</i>				*			

	<i>Campylopus reflexisetus</i>			*
Leucobryaceae	<i>Leucobryum martianum</i>			*
Bartramiaceae	<i>Breutelia tomentosa</i>			*
	<i>Breutelia chrysea</i>	*		
Polytrichaceae	<i>Polytrichastrum formosum</i>		*	*
	<i>Pogonatum barnesii</i>		*	
	<i>Pogonatum procerum</i>		*	
	<i>Pogonatum comosum</i>		*	*
Prionodontaceae	<i>Prionodon fuscolutescens</i>	*		*
	<i>Prionodon luteovirens</i>	*		*
Hypopterygiaceae	<i>Hypopterygium tamarisci</i>	*	*	
Potiaceae	<i>Leptodontium morfo</i> sp. 1		*	
Meteoriaceae	<i>Meteorium laevifolium</i>	*		
Orthotrichaceae	<i>Orthotrichum pycnophyllum</i>	*		
Mniaceae	<i>Plagiomnium rhynchophorum</i>	*		

El índice de Margalef se aplicó a las seis parcelas estudiadas, tanto para los musgos como para las hepáticas. De estas parcelas las más diversas están localizadas en los puntos P3 con 29 especies de briofitos y un índice total de ($D_{mf}=8.31$), el punto P2 con 27 especies y un índice total de ($D_{mf}=7.89$) y el punto P4 con 26 especies con un índice de ($D_{mf}=7.67$); mientras que los puntos P6, P5 y P1 muestran una menor diversidad de especies de briófitos.

Los musgos fueron el grupo más diverso, en cinco de las seis parcelas estudiadas; sin embargo, las hepáticas fueron más diversas en el punto P4 (Figura 4), esto se puede atribuir a la alta humedad relativa (89%) de esta parcela, que a pesar de no tener fuente de agua cercana de gran fluidez, al ser una pared de barranco presentaba muchas filtraciones de humedad a las cuales se aferraban muchas especies de hepáticas entre talosas y foliosas (*Marchantia*, *Monoclea*,

Symphyogyna, *Isotachis*, *Trichocolea*, *Herbertus*, entre otras), este punto de muestreo fue el segundo más alto, 2429 m s.n.m. (Cuadro 1), lo que concuerda con Leon-Yanez *et al.* (2006) la diversidad de hepáticas varía con la altitud alcanzando sus valores mayores entre los 2000 a 2500 m. s.n.m., estando este punto (P4) en dicho rango.

Los briófitos prefieren los ambientes donde la humedad se mantiene sin grandes variaciones durante todo el año, pero las exigencias de cada especie con respecto no solamente a la humedad sino también a la iluminación y temperatura son muy variables (Fernández *et al.*, 2003). La humedad relativa promedio del sendero es ideal para el desarrollo de briófitos del suelo ya que según Soloaga (2014), el valor crítico de la humedad para los briófitos es 80%, basado en observaciones en el campo, de acuerdo con que éstos se secan por debajo del 80% de humedad relativa del ambiente, pero permanecen turgentes por encima de 80% de humedad relativa.

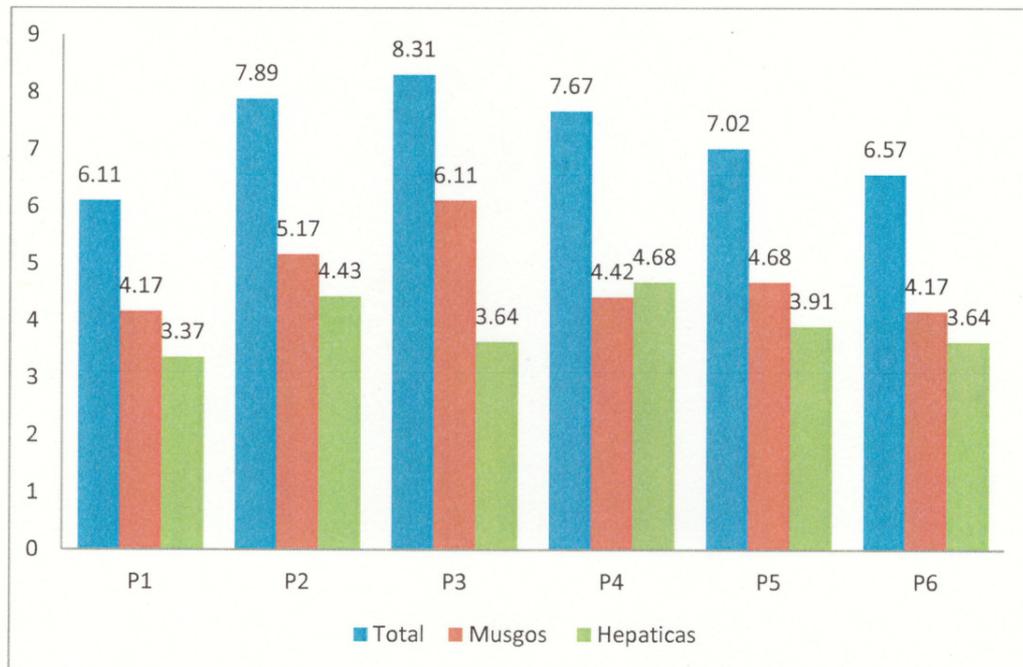


Figura 4. Diversidad de Margalef por parcelas y grupos taxonómicos del sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.

Las familias de hepáticas Lejeuneaceae, Lophocoleaceae y Lepidoziaceae sobresalen de las demás por poseer mayor porcentaje de riqueza por géneros con un 11.11%, ya que las demás se mantienen con un porcentaje de riqueza menor .

Con respecto a la riqueza de especies según familia, encontramos a Aneuraceae con el mayor valor (16.13%), Pallaviciniaceae, Metzgeriaceae, Plagiochilaceae y Lejeuneaceae con 9.68% cada una. Con un 6.45% de riqueza, tenemos a Frullaniaceae, Lepidoziaceae, Lophocoleaceae y Balantiopsidaceae y el menor

valor, 3.23%, cada una, Monocleaceae, Trichocoleaceae, Marchantiaceae, Adelantaceae, Radulaceae, y Herbertaceae (Figura 5).

Como se observa en los bosques tropicales, especies de las familias de hepáticas como Pallaviciniaceae, Marchantiaceae, Aneuraceae, Monocleaceae, Balantiopsidaceae, Metzgeriaceae que son típicas de suelo, asociado a la base de los troncos y especies de las familias Plagiochilaceae, Herbertaceae, Lejeunaceae, Frullaniaceae, que son en su mayoría epifitas se logran encontrar en las bases de los árboles y en el suelo circundante (Clement *et al.*, 2001; Hietz & Hietz-Seifert, 1995 y Holz *et al.*, 2002).

En cuanto a la riqueza de especies por género de hepáticas, el que presenta mayor porcentaje es *Riccardia* con 16.13%, seguido por *Symphyogyna*, *Metzgeria* y *Plagiochila* con 9.68% cada una y *Frullania*, *Lejeunea* e *Isotachis* con 6.45% cada uno, los géneros restantes 3.23% cada uno (Figura 6). De estos géneros únicamente *Plagiochila* y *Frullania* han sido reportados como epifitos, los demás según la literatura son exclusivos del suelo (Clement *et al.*, 2001 y Holz *et al.*, 2002).

Los géneros de hepáticas como *Monoclea*, *Metzgeria*, *Symphyogyna*, *Radula* y *Lejeunea* fueron las predominantes (aunque *Metzgeria*, *Radula* y *Lejeunea* están reportadas mayormente como epifitas); esto se debe a que en las grietas de rocas y suelo se forman depósitos de agua y materia orgánica, que favorece su colonización (Vargas & Morales, 2014; Lisboa & Ilkiu, 1995). También, a lo largo

del sendero el suelo presenta una capa mínima de hojarasca que, junto con la humedad del ambiente permite el crecimiento de otros géneros de hepáticas como: *Lophocolea*, *Telaranea*, *Taxilejeunea*, *Isotachis*, *Marchantia*, entre otras.

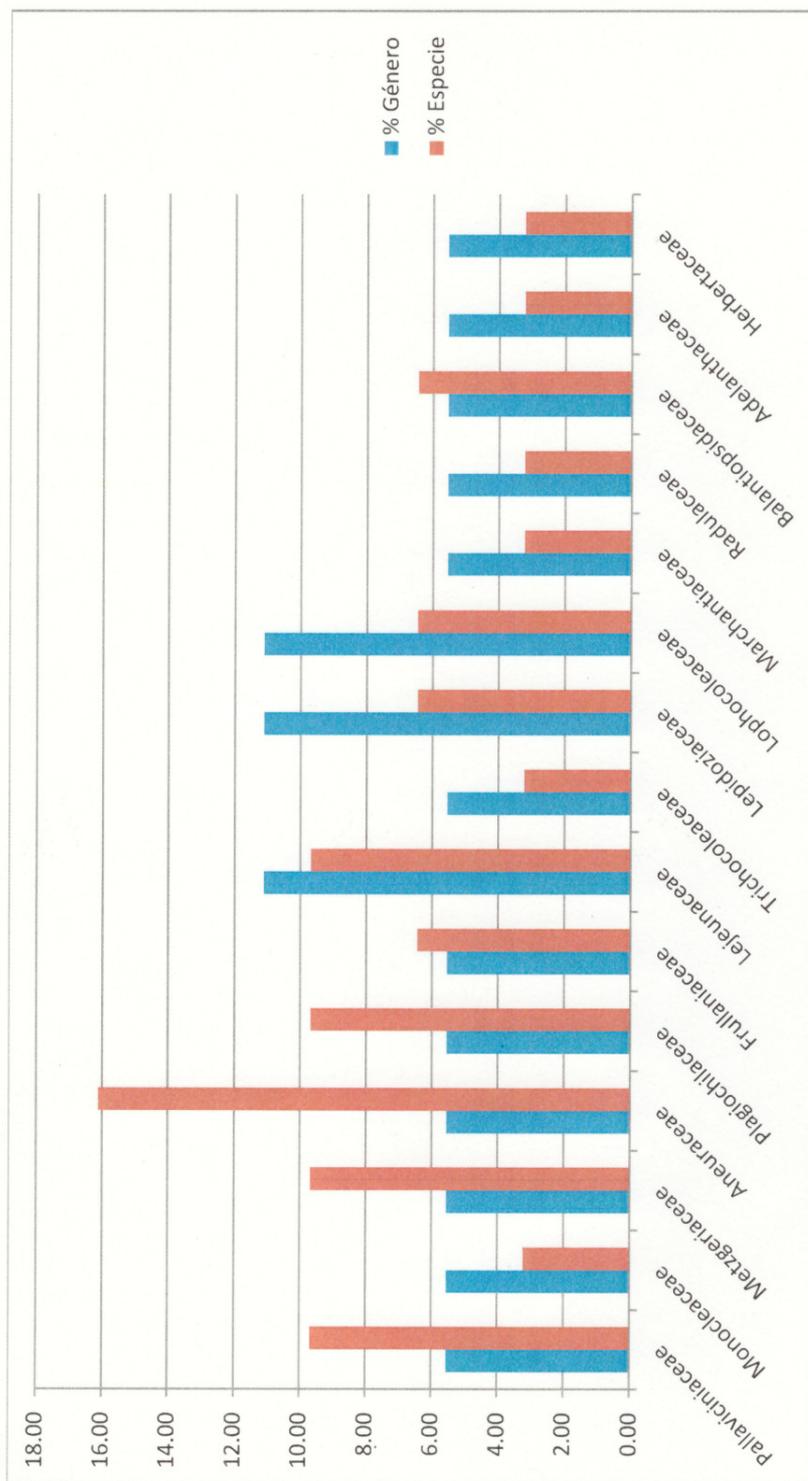


Figura 5. Riqueza de géneros y especies por familia de hepáticas del suelo en el sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.

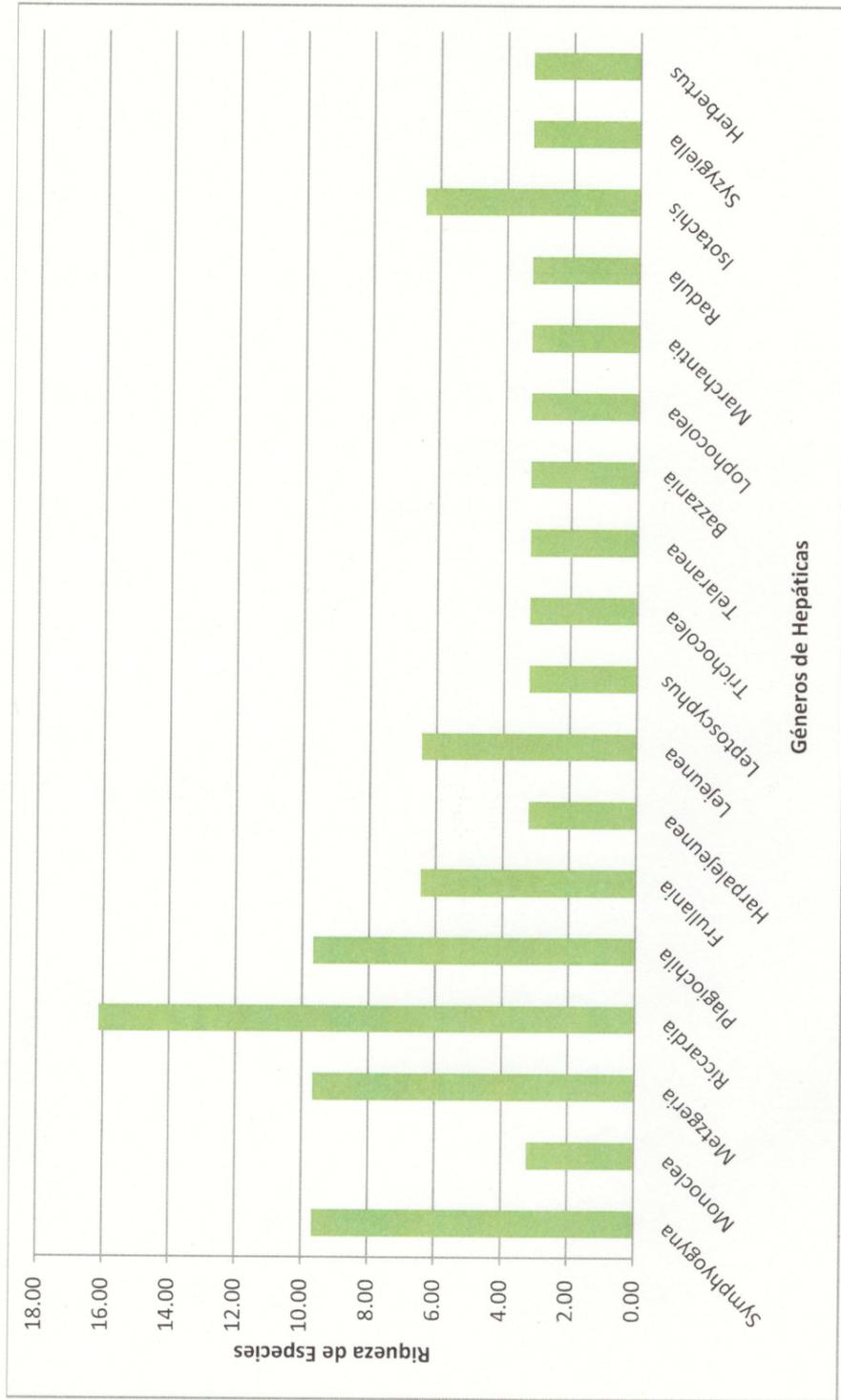


Figura 6. Riqueza de especies de hepáticas por géneros en el sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.

Entre los musgos identificados encontramos que la mayor riqueza de géneros está en las familias Pilotrichaceae con el 19.23%, Hypnaceae, Thuidiaceae, Brachytheciaceae y Polytrichaceae con un 7.69% cada una; las otras familias no sobrepasan el 3.85%.

Con respecto al porcentaje de riqueza de especies en cada familia (Fig. 7) se puede observar que el valor más alto corresponde a Pilotrichaceae con 17.02%, seguida por Dicranaceae (12.77%) y las familias Fissidentaceae, Thuidiaceae y Polytrichaceae con 8.51% cada una. Las familias con una menor riqueza de especies son Bryaceae, Leucobryceae, Hypopterigiaceae, Potiaceae, Meteoraceae, Orthotrichaceae y Mniaceae con el 2.13% cada una; el resto de las familias presentan valores entre el 6.38% (Sematophyllaceae y Neckeraceae) y 4.26% (Hypnaceae, Brachytheciaceae, Bartramiaceae y Prionodontaceae).

Los géneros de musgos con mayor porcentaje de especies fueron *Campylopus* con un 12.77%, seguido de *Fissidens* con 8.51%, continuando en orden descendente: *Porotrichum*, *Sematophyllum* y *Pogonatum* con 6.38% cada uno, seguido de *Cyclodictyon*, *Trachyxiphium*, *Lepidopilum*, *Thuidium*, *Cyrto-hypnum*, *Breutelia* y *Prionodon* con 4.26% cada uno, mientras que el resto de los géneros con 2.13% de especies cada uno (Figura 8).

Algunos géneros típicamente epífitos como: *Sematophyllum*, *Cyclodictyon*, *Trachyxiphium*, *Lepidopilum*, *Cyrtohypnum*, *Prionodon*, *Thamniopsis*, *Aerolindigia*, *Brachythecium*, *Hypnella*, *Meteorium* y *Orthotrichum* se encuentran en el suelo

porque son especies oportunistas que se establecen cuando se caen del dosel o que están en la base de los árboles y logran extenderse hasta el suelo (Clement *et al.*, 2001 y Holz *et al.*, 2002).

Campylopus es el género con mayor riqueza de especies entre los musgos (Figura 8) y se debe a adaptaciones como la presencia de márgenes enrolladas, costa gruesa y robusta, y la presencia de pelos hialinos en los extremos de las hojas, que favorecen su establecimiento en ambientes con poco suministro de agua, como el suelo que no tiene agua permanente; crecen principalmente sobre rocas y barrancos expuestos formando almohadillas que permiten aumentar la retención de humedad (Stark & Castetter, 1987; Moore & Scott, 1979 y Zander, 1993).

La gran diversidad de especies de musgo en este sendero puede estar favorecida por la continua presencia de fisuras y agujeros en el suelo, que tal como indica la literatura, permite la acumulación de polvo, materia orgánica y temporalmente agua, favoreciendo así el desarrollo de un buen número de especies, principalmente aquellas de crecimiento acrocárpico, como *Campylopus concolor*, *C. anderssonii*, *C. densicoma*, *C. albidovirens*, *C. aerodictyon*, *C. reflexisetus* (Pinzón & Linares, 2006). Hay que destacar que el género *Campylopus*, además de ser eminentemente terrestre, crece en sustratos ácidos (Shaw, 1985), lo que sugiere que en las parcelas (P3, P4, P5 y P6), donde fueron encontradas, el suelo es probablemente ácido; por ende, podrían utilizarse como indicadores de suelos ácidos. Para estudios futuros en el sendero serían necesarios estudios de PH del suelo, para confirmar lo anteriormente mencionado.

Fissidens presenta 8.51% de riqueza de especie, siendo uno de los géneros con valores más altos (Figura 8), esto se atribuye a adaptaciones que posee, como sus filoides dispuestos dísticamente y la hoja conduplicada que le permite desarrollarse en suelos donde la temperatura, la humedad y la intensidad lumínica son cambiantes (Pinzón & Linares, 2006).

Siendo una familia característica de suelos, se esperaba encontrar gran riqueza de especies de Pottiaceae, lo cual no se pudo confirmar ya que solo se encontró una especie, es posible que se deba a que esta se asocia a lugares muy perturbados y con caracteres micro ambientales extremos (Pinzón & Linares, 2006; Vilas & Passos, 1998).

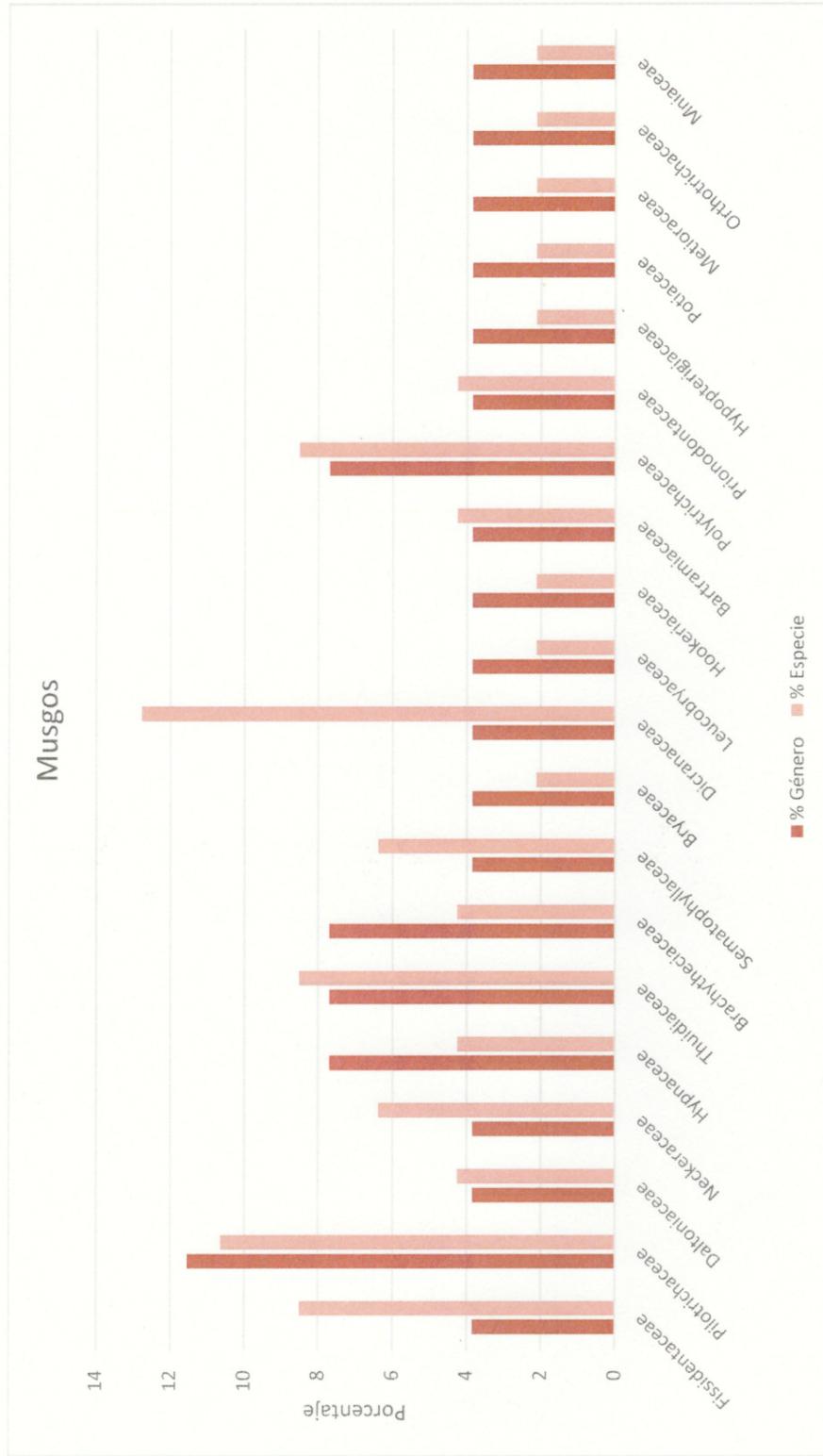


Figura 7. Riqueza de géneros y especies por familia de musgos del suelo en el sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.

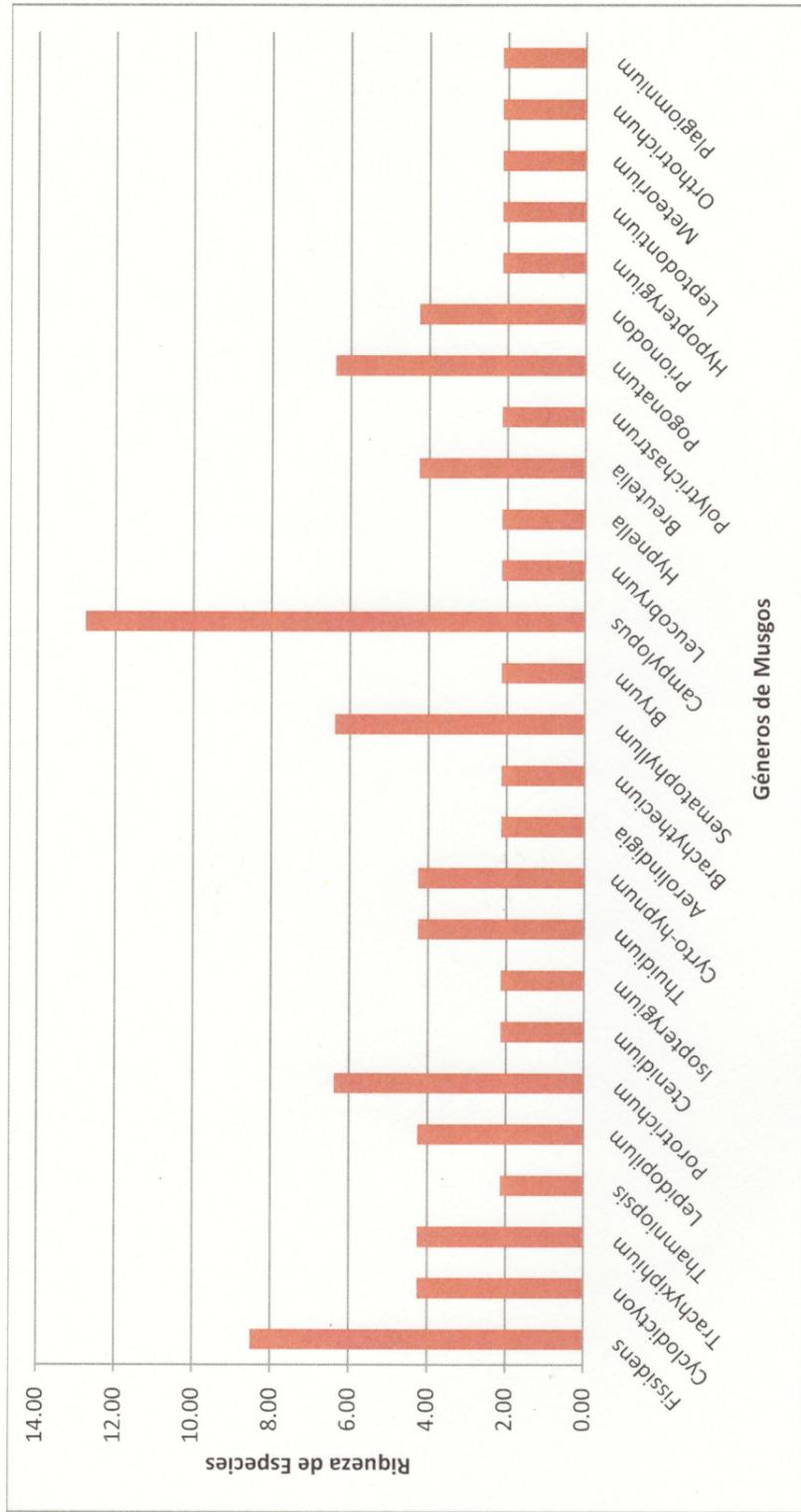


Figura 8. Riqueza de especies de musgos por géneros en el sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.

Según (Gray, 2002) uno de los graves problemas metodológicos en los estudios de biodiversidad es no poder registrar el total de especies, por lo cual se evalúa la calidad de un estudio de biodiversidad mediante la curva de acumulación de especies, ya que la riqueza de especies es la principal variable descriptiva de la biodiversidad.

La curva de acumulación de especie, contrasta el número de especies acumulado en el estudio versus el número de parcelas, al aplicarla a nuestros datos se observa que la riqueza aumenta a medida que aumenta el número de parcelas. El comportamiento normal de las curvas acumulativas, es ir en aumento hasta alcanzar un máximo de estabilización en una asíntota (Fossatti, 2014), en ese punto cualquier colecta adicional no aumentará el número de especies. En la curva (Figura 9) se observa que no se estabiliza, lo que indica que se deben realizar más colectas en el Sendero La Cascada, para conocer la verdadera riqueza del sitio. Según el modelo de Clench el estimado de especies es de 151, por lo que se recolectó un 52% del total, 79 especies. Para recolectar el 95% de las especies, es decir 106 especies, se debe incrementar el esfuerzo de muestreo a 106. Este estudio es el primero que se realiza y sirve como base para futuras investigaciones.

En la Figura 10, se presentan los porcentajes de similitud de Jaccard obtenidos al comparar la composición de especies en las diferentes parcelas; se observa que los puntos 3 y 6, tienen el mayor porcentaje de similitud (31.58%) y 12 especies

en común (cuadro 6 y 7) este nivel de similitud puede deberse a que están a 600m de distancia y que las características del relieve y las alturas son muy similares 3390m (punto 3) y 3396m (punto 6), con respecto a los valores microclimáticos, las temperaturas muestran poca diferencia (17.3°C y 17.2°C) respectivamente y la misma humedad relativa se registró en ambas parcelas, en general son muy similares (Cuadro 1).

Los puntos 2 y 3, presentan un porcentaje de similitud del 27.27%, también comparten 12 especies (Cuadro 7). En la Figura 12 se observa valores muy cercanos entre el punto 5 y los punto 3, 2, 4 y 6, que van desde el 26.83% (punto 5 y 3) hasta 18.92% (punto 5 y 6) compartiendo desde 12 hasta 7 especies.

La similitud más baja se observa entre los puntos 4 y 1 (9.76%), otros que muestran poca similitud son los puntos 1 y 5 con 16.66% (Figura 10 y 11).

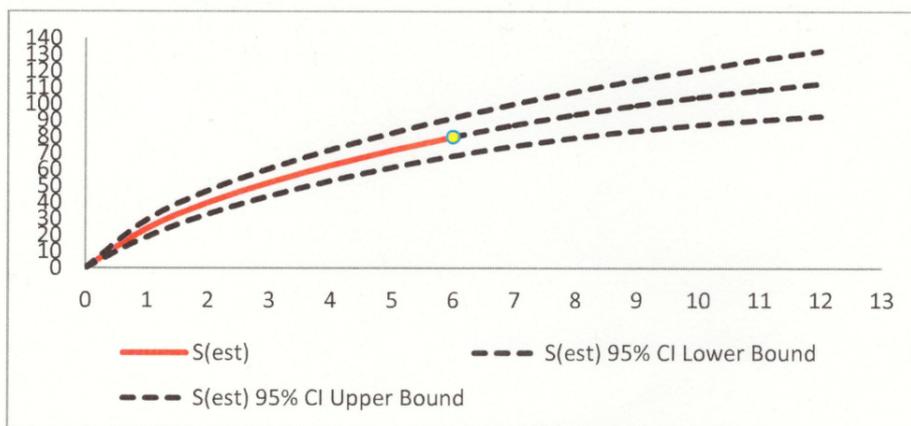


Figura 9. Curva de acumulación de especies de briófitos del suelo en el sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.

1						
2	24.32%					
3	17.07%	27.27%				
4	9.76%	20.45%	17.02%			
5	16.66%	21.95%	26.83%	22.5%		
6	21.21%	23.07%	31.58%	17.5%	18.92%	
	1	2	3	4	5	6

Figura 10. Porcentaje del índice de similitud entre las parcelas evaluadas en el sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.

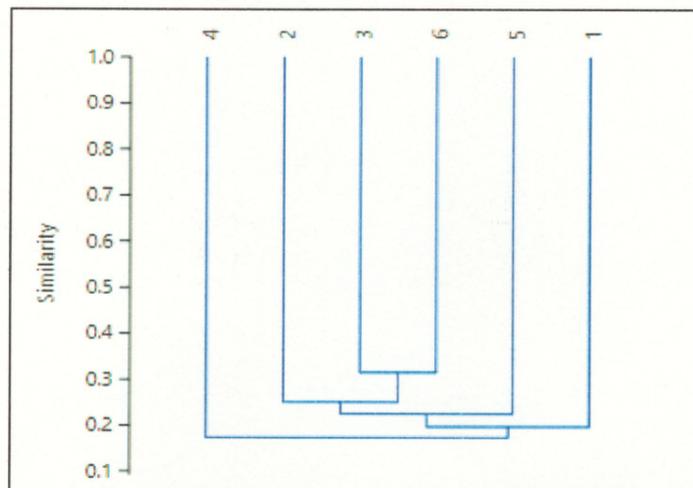


Figura 11. Análisis de clúster que muestra la relación de similitud entre las parcelas evaluadas en el sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.

Cuadro 6. Especies que comparten las parcelas 3 y 6.

Parcela # 3		Parcela # 6	
N° de sp. Total	29	N° de sp. Total	21
<i>Symphyogyna brongniartii</i> <i>Monoclea gottschei</i> <i>Riccardia fucoidea</i> <i>Trichocolea tomentosa</i> <i>Fissidens asplenioides</i> <i>Cyclodictyon roridum</i> <i>Thamniopsis undata</i> <i>Porotrichum mutabile</i> <i>Thuidium delicatulum</i> <i>Campylopus anderssonii</i> <i>Hypnella pilifera</i> <i>Megaceros morfo sp. 1</i>			

Cuadro 7. Especies de briofitos que comparten las parcelas 2 y 3.

Parcela # 2		Parcela # 3	
N° de sp. Total	27	N° de sp. Total	29
<i>Symphyogyna brongniartii</i> <i>Monoclea gottschei</i> <i>Riccardia fucoidea</i> <i>Trichocolea tomentosa</i> <i>Marchantia chenopoda</i> <i>Fissidens asplenioides</i> <i>Cyclodictyon roridum</i> <i>Trachyxiphium guadalupense</i> <i>Thamniopsis undata</i> <i>Ctenidium malacodes</i> <i>Thuidium delicatulum</i> <i>Hypopterygium tamarisci</i>			

V. CONCLUSIONES

La biodiversidad de briófitos de suelo en el sendero La Cascada, en el PILA, es alta ($D_{mg}=7.26$), en donde los musgos (Bryophyta) son el linaje con mayor diversidad seguido por las hepáticas (Marchantiophyta) y último los antocerotes (Anthocerotophyta).

A lo largo del sendero el total de especies encontradas en el linaje de los Bryophyta es de 47, mientras que para Marchantiophyta fue de 31 especies y solo se reporta una especie de Anthocerotophyta.

De las especies reportadas 6 son nuevos registros para Panamá: *Telaranea apiahyna*, *Bazzania falcata*, *Frullania serrata*, *Frullania atrata*, *Radula mammosa*, *Thuidium urceolatum*.

La familia de la División Bryophyta con mayor diversidad de géneros fue Pilotrichaceae, (19.23%) seguido de Polytrichaceae, Hypnaceae, Thuidiaceae y Brachytheciaceae (7.69% cada una).

Los géneros de musgos con mayor riqueza de especies son *Campylopus* con seis especies (12.77%), seguido por *Fissidens* con cuatro especies (8.51%).

Las familias de la División Marchantiophyta con mayor diversidad de géneros fueron, Lejeunaceae, Lophocoleaceae y Lepidoziaceae con un 11.11% cada una .

Los géneros de hepáticas con mayor riqueza de especies son *Riccardia*, con cinco especies (16.13%), *Symphyogyna*, *Metzgeria*, *Plagiochila* con tres especies (9.68%), el resto de los generos solo tienen una o dos especies.

De la División (Antocerotophyta) únicamente se reporta una especie de la familia Dendrocerotaceae, *Megaceros sp.* presente en tres de las seis parcelas estudiadas.

El 41% de las especies reportadas son obligadas del suelo, el 59% restante se reconocen como epífitos provenientes de las partes aéreas de las plantas circundantes a las parcelas.

La curva de acumulación de especie no se estabilizó, lo que indica que se debe continuar la recolección en el Sendero La Cascada, para conocer cabalmente su diversidad.

El índice de Jaccard muestra que las parcelas más similares son la 3 y 6; y las más diferentes entre sí son la 4 y 1, en general según el índice de Jaccard los cuadrantes presentan un índice de similitud menor del 50 %, por lo tanto el sendero es heterogéneo. Esto apoyado por la homogeneidad de datos microclimáticos que se registró en el Sendero La Cascada.

Este estudio es el primero que se realiza relacionado con el sustrato suelo en este Sendero del PILA y servirá como base para futuras investigaciones.

VI. RECOMENDACIONES

- Ampliar el número de parcelas muestreadas hasta lograr que la curva de acumulación de especies se estabilice, ya que aún falta por conocer la riqueza total de briofitos de suelo en el Sendero La Cascada.
- Realizar estudios de riqueza de briofitos en otros sustratos como cortícola, hojarasca, troncos en descomposición y folioso para así compararlos con este estudio y obtener el sustrato de mayor riqueza en el Sendero La Cascada ya que es el más visitado dentro del parque.
- Tomar en cuenta factores ambientales como pH del suelo e incidencia de luz, que son características determinantes en los microclimas y evaluar si éstos se relacionan con la riqueza de especies de briofitos.
- Realizar estudios ecológicos sobre las relaciones interespecíficas de las comunidades briofitos de suelo y los microinvertebrados que las habitan a lo largo del sendero La Cascada.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre, J. F. (2015). *Importancia de los musgos para el medio ambiente en Navidad*. Consultado el 7/11/2016. Disponible en revista Vinculando: http://vinculando.org/ecologia/importancia_musgos_medio_ambiente_adornos_navidenos.html
- Allen, B. H. (1994). Moss Flora of Central America. Part 1. Sphagnaceae – Calymperaceae. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. 49,1-242
- Allen, B. H. (2002). Moss Flora of Central America. Part 2. Encalyptaceae – Orthotrichaceae. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. 90,1-699
- Allen, B. H. (2010). Moss Flora of Central America. Part 3. Anomodontaceae – Symphyodontaceae. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. 117,1-731
- Arcia Jaramillo, O. (2015). PILA, Un Patrimonio en Peligro. La Prensa. Recuperado de: http://prensa.com/sociedad/PILA-patrimonio-peligro_0_4252824802.html#sthash.YHSC5b3I.dpu
- Autoridad Nacional del Ambiente, (ANAM). (2004a). Proyecto Corredor biológico Mesoamericano del Atlántico Panameño, CBMAP. Plan de manejo Parque Internacional La Amistad: Bocas Del Toro y Chiriquí. 264 pág

- Autoridad Nacional del Ambiente, (ANAM). (2004b). Guía de parques nacionales. Panamá, Panamá: Editorial: Novo Art.
- Autoridad Nacional del Ambiente, (ANAM). (2004c). Elaboración del plan de manejo del Parque Internacional La Amistad – Diagnostico biológico y sociocultural del Parque Internacional La Amistad. Panamá, Panamá.
- Autoridad Nacional Del Ambiente (ANAM). (2010). United Nations Environment Programme (UNEP) y Global Environment Facility (GEF). Cuarto Informe Nacional De Panamá Ante El Convenio Sobre La Diversidad Biológica Panamá, Panamá.
- Autoridad Nacional Del Ambiente (ANAM). (2014). Geo Panamá 2014 Informe Del Estado Del Ambiente. Panamá.
- Belnap, J. & Lange, O.L. (Ed.). (2001). Biological soil crusts: structure, function, and management. Nueva York, EE.UU: Springer
- Bridson, D. & Forman, L. (1992). The Herbarium Handbook. Great Britain: Whistable Litho Printers Ltd
- Buck, W. (1998). Pleurocarpous mosses of the West Indies. Memoirs of the New York Botanical Garden. 82,1-400
- Caballero, E. (2016). Inventario de hepáticas talosas del Sendero Culebra, Parque Internacional La Amistad, Los Naranjos, Boquete, Chiriquí, Panamá (Tesis de Licenciatura en Biología). Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI), Panamá.
- Charles, B. (2001). Inventario florístico y aspectos de la ecología de los musgos sobre tronco en descomposición en el sendero El Retoño, Parque

- Internacional La Amistad. Las Nubes, Cerro Punta. Altitud 2125 a 2200 m.s.n.m. (Tesis de Licenciatura en Biología con especialización en Botánica). Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI), Panamá.
- Cascante, C. & Valdés, I. (2005). Distribución altitudinal de musgos de la ladera Oriental del Volcán Barú. Altitud 2300, 2800 y 3100 m.s.n.m. (Tesis de Licenciatura en biología con especialización en Botánica). Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI), Panamá.
- Churchill, S., Linares, E. & Gonzalez, G. (1995). Prodomus Bryological novo-Granatensis. Introducción a la Flora de Musgos de Colombia. Tomos 1 y 2. Biblioteca José Jerónimo Triana. 2,1-924
- Clement, J. P., Moffet, M. W., Shaw, D. C., Lara, A., Alarcon, D. & O. Larrain. (2001). Crown Structure and Biodiversity in *Fitzroya cupressoides*, the Giant Conifers of Alerce Andino National Park. Chile, *Selbyana* 22,76-88
- Crandall-Stotler, B., R. E. Stotler & D. G. Long (2009). Morphology and classification of the Marchantiophyta. Pages 1-54. In B. Goffinet & A. J. Shaw (eds.) *Bryophyte Biology*, ed. 2. Cambridge University Press, Cambridge.
- Costa, D. (2008). Metzgeriaceae (hepaticae). *Flora neotropica Monograph* 102,1-169
- Dauphin, G., Morales, T. & Moreno, E. (2008). Catalogo preliminar de las Lejeuneaceae (Hepaticae) de Venezuela, *Cryptogamie, Bryol. Lichénol.* 29: 215-265

- Dauphin, G., Salazar Allen, N., Gudiño, J. L., Sierra, A. & Reyes, D. (2015).
Nuevas adiciones de especies de hepáticas (Marchantiophyta) para la flora
de Panamá II. *Brenesia* 83-84,6-21
- De las Heras, J., Guerra, J. & Herranz, J.M. (1990). Bryophyte colonization of soils
damaged by fire in South-East Spain: a preliminary report on dynamics.
Journal of Bryology 16,275-288
- DeLuca, T.H., Zackrisson, O., Gentili, F., Sellstedt, A. & Nilsson, M.C. (2007).
Ecosystem controls on nitrogen fixation in boreal feather moss communities.
Oecologia 152,121-130
- DeLucia, E.H., Turnbull, M.H., Walcroft, A.S., Griffin, K.L., Tissue, D.T., Glenn, D.,
et al., (2003). The contribution of bryophytes to the carbon exchange for a
temperate rainforest, *Glob. Change Biol.* 9,158–1170
- Duncan, D. & Dalton, P.J. (1982). Recolonisation by bryophytes following fire.
Journal of Bryology 12,53-63
- During, H. J. (1992). Ecological Classifications of Bryophytes and lichens. Pp 1-5
In Bates, J. and Farmer, A. M. (Ed.) *Bryophytes and Lichens in a changing
Environment..* New York United State: Oxford University
- L. T. Ellis, M. Aleffi, A. Alegro, V. Segota, A. K. Asthana, R. Gupta, V. J. Singh, V.
A. Bakalin, H. Bednarek-Ochyra, B. Cykowska-Marzencka, A. Benitez, E. A.
Borovichev, A. A. Vilnet, N. A. Konstantinova, W. R. Buck, C. Cacciatoro, C.
Sérgio, J. Csiky, J. Deme, D. Kovács, K. Damsholt, J. Enroth, P. Erzberger,

V. E. Fedosov, E. Fuertes, S. R. Gradstein, N. J. M. Gremmen, T. Hallingbäck, I. Jukonienė, T. Kiebacher, J. Larraín, M. Lebouvier, M. Lüth, Yu. S. Mamontov, A. D. Potemkin, Cs. Nemeth, J. A. W. Nieuwkoop, M. Nobis, M. Węgrzyn, P. Wietrzyk, F. Osorio, I. Parnikoza, V. M. Virchenko, D. F. Peralta, D. M. Carmo, V. Plášek, Z. Skoupá, S. Poponessi, R. Venanzoni, F. Puche, D. Purger, C. Reeb, R. Rios, E. Rodriguez-Quiel, C. Arrocha, M. S. Sabovljević, N. Nikolić, A. D. Sabovljević, E. L. dos Santos, J. G. Segarra-Moragues, S. Ștefănuț & D. Stončius (2016) New national and regional bryophyte records, 48, *Journal of Bryology*, 38:3, 235-259, DOI: 10.1080/03736687.2016.1206685

Emanuelli, F. (2010). Metodología para la medición y evaluación de la biodiversidad en inventarios forestales. Consultado 12/7/2018 en <https://docplayer.es/13858975-Metodologia-para-la-medicion-y-evaluacion-de-la-biodiversidad-en-inventarios-forestales.html>

Estébanez-Pérez, B., Draper, I., Díaz de Atuari & Medina, R. (2011). Briófitos: una aproximación a las plantas terrestres más sencillas. *Memorias R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 2(9), 19-73

Fernández, C., Miguel, A. & Collado, P. (2003). *Briófitos de la Reserva Natural Integral de Muniellos*. Consejería de Medio Ambiente del Principado de Asturias. Asturias, España. KRK, ediciones.

- Fossatti, I. (2014). Brioflora Corticícola del Sendero Panamá Verde en el Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá (Tesis de Licenciatura en Biología). Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI), Panamá.
- Freire, V. (2004). Distribución de las hepáticas presentes en el sendero interpretativo "los musgos" del Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal " Universidad de San Carlos de Guatemala. Disponible. <http://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puirna/INF-2004-015.pdf> Consultado el 17/5/2018
- García, M., Basilio, B., Herazo, V., Mercado, G. & Morales, P. (2016). Diversidad de Briófitos en los montes de María, Colosó (Sucre, Colombia). *Colombia Forestal* 19(1),41-52
- García-Martínez, S. & Mercado-Gómez, J. (2017). Diversidad de briófitos en fragmentos de bosque seco tropical, Montes de María, Sucre, Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88,824-831
- Gil, J. E. & Morales, M. E. (2013). Estratificación Vertical de briófitos epifitos encontrados en *Quercus humboldtii* (Fabaceae) de Boyacá, Colombia. *Rev. Biol. Trop.* 62(2):719-727
- Glime, J. M. (2007a). Economic and Ethnic Uses of Bryophytes, In: Flora of North America Editorial Committee, (eds.). Flora of North America North of Mexico. 15 vols. New York & Oxford 27:14-41

- Glime, J.M. (2007b). Bryophyte ecology. Vol. 1: Physiological ecology. Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. Consultado el 17/6/17, Libro electrónico disponible en <http://www.bryoecol.mtu.edu/>
- González, I.L. (1998). Inventario Florístico de los musgos presentes en dos parcelas de estudios de sucesión ecológica en el Parque Internacional La Amistad, durante 1994-1996 (Tesis de Licenciatura en Biología con especialización en Botánica). Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI), Panamá
- González-Mancebo, J., Losada-Lima, A. & Patiño, J. (2003). Sobre la variación de la biodiversidad de briófitos en el Parque Nacional de Garajonay (La Gomera, islas Canarias). Análisis preliminar. *Vierafa* 31,421-445
- Google Earth (2017). Parque Internacional La Amistad. Consultado el 12/11/2016. Disponible en <https://www.google.com/earth/>
- Gradstein, S. R. (1989). A key to the Hepaticae and Anthocerotae of Puerto Rico and the Virgin Islands. *The Bryologist* 92,329-348
- Gradstein, S. R. (1992). The vanishing tropical rain forest as an environment for Bryophytes and Lichens pp 234-258 in J.W. Bates & A.M. Farmer (eds) *Bryophytes and Lichens in a Changing Environment*. Oxford

- Gradstein, S. R., Churchill, S. P. & Salazar Allen, N. (2001). A Guide to the Bryophytes on Tropical America. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 86,1-577
- Gradstein, S. R. & Costa, D. (2003). The Hepaticae an Anthocerotae of Brazil. *Mem. New York Botanical Garden*, 87,1-318
- Gray, J. S. (2002). Species richness of marine soft sediments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 244,285-297
- Guerra, N. (2016). Composición de comunidades de briófitos epífilos en diferentes niveles del estrato arbóreo del sendero Panamá Verde, Parque Internacional La Amistad (PILA), Chiriquí, República de Panamá (Tesis de Licenciatura en Biología). Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI), Panamá
- Hietz, P. & Hietz-Seifert, U. (1995). Structure and ecology of epiphyte communities of a cloud forest in central Veracruz, Mexico. *Journal of Vegetation Science* 6, 719-728
- Holz, I., Gradstein, S. R., Heinrichs, J. & M. Kappelle. (2002). Bryophyte diversity, microhabitats differentiations and distribution of life forms in Costa Rican upper montane Quercus forest. *The Bryologist* 105, 334-348
- Instituto Nacional De Biodiversidad, Costa Rica (INBio). (2004). Informe Binacional Sobre la Evaluación de la Gestión de las Autoridades Ambientales de Costa Rica y Panamá en el Manejo Integral del Parque Internacional La Amistad.

Disponible en: www.inbio.ac.cr/pila/pdf/informe_pila_contraloria.pdf

Consultado el 7/11/2016

Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio) y Sociedad Mastozoológica de Panamá (SOMASPA). (2005). Biota Panamá: Informe de la biodiversidad del Parque Internacional La Amistad Costa Rica Panama. Disponible en: <http://biota.wordpress.com/2007/08/12/informe-de-la-biodiversidad-del-parque-internacional-la-amistad-costa-rica-panama/>. Consultado el 20/11/2017.

LaFarge, C. (2002). Leucoloma I: A revision of subgenus Leucoloma (Dicranaceae, Bryopsida) in Africa and Madagascar. *The Bryologist* 105,509-590

León-Yáñez, S.; Gradstein, S.; Wegner, C. (2006). "Hepáticas (Marchantiophyta) y Antoceros (Anthocerotophyta) del Ecuador, catálogo." Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador: Quito.

Lisboa, R., & Ilkiu, A. (1995). Diversidade das briofitas de Belem (pa) e seu potencial como indicadores de poluicao urbana. Boletim do Museu Paraense "Emilio Goeldi". Nova serie, *Botanica* 11:199-225

López, A. L. (2008). Uso de las Plantas no Vasculares. (Tesis de Maestria en Ciencias, Biología Vegetal). Universidad del Quindío. Quindío, Colombia.

Margalef, D.R. 1958. Information Theory In Ecology. *General Systematics*, 3, 36-71.

- Ministerio del Ambiente y Telecomunicaciones (MINAET). (2012). Plan de Manejo Parque Internacional La Amistad Talamanca. San José, Costa Rica: Infoterra Editores S.A.
- Ministerio Del Ambiente (MIAMBIENTE). (2016). MIAMBIENTE Rehabilita El Sendero La Cascada. Consultado el 12/11/2016. Disponible en <http://www.miambiente.gob.pa/old/index.php/site-map/1801-miambiente-rehabilitan-sendero-la-cascada>
- Monro, A. K., Santamaría-Aguilar, D., González, F., Chacón, O., Solano, D., Rodríguez, A., Zamora, N., Fedele, E. & Correa, M. (2017). A first checklist to the vascular plants of La Amistad International Park (PILA), Costa Rica-Panamá. *Phytotaxa* 332,1-283
- Moore C.J. & Scott, A.M. (1979). The Ecology of Mosses on a Sand Dune in Victoria, Australia. *Journal of Bryology* 10,291-311
- Morgan, J.W. (2006). Bryophyte mats inhibit germination of non-native species in burnt temperate native grassland remnants. *Biological Invasions* 8,159-168
- Olson, D. M. & Dinerstein, E. (2002). The Global 200: Priority Ecoregions for Global Conservation. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 89,199–224
- Pineda, D. (1999). Inventario florístico de los musgos terrestres y saxícolas del sendero El Retoño, Parque Internacional La Amistad. Las Nubes, Cerro Punta. (Tesis de Licenciatura en Biología con especialización en Botánica). Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI), Panamá

- Pinzón, M. & Linares, E. L. (2006). Diversidad de Liqueenes y Briofitos en la Region Subxerofítica de la Herrera Mosquera (Cundinamarca-Colombia), I. Riqueza y Estructura. *Caldasia* 28(2),243-257
- Pócs, T., (1982). Tropical forest bryophytes. In A.J.E. Smith (Ed.): Bryophyte ecology (pp 59-104). Londres, United Kingdom: Chapman & Hall.
- Proctor, M.C.F., Alpert, P., Cleavitt, N., Mishler, B.D., Oliver, M.J., Stark, L.R. & Wood, A.J. (2007). Desiccation tolerance in bryophytes: a review. *The Bryologist* 110, 595-621
- Rodríguez-Quiel, E. (2011). Brióflora y Biomonitorio de la contaminación por agroquímicos en el Parque Internacional La Amistad, Chiriquí, Panamá(Tesis de Maestría en Biología con especialización en Biología Vegetal). Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI), Panamá
- Rodríguez, C. (2016). Diversidad y distribución vertical de las epifitas vasculares en el bosque tropical montano de la Reserva Forestal Fortuna, Chiriquí, Republica de Panamá (Tesis de Licenciatura en Biología). Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI), Panamá.
- Slack, N. G (2011). The Ecological Value of Bryophytes as Indicators of Climate Change In: Tuba, Z., N.G Slack & L. Stark (Ed.) Bryophyte Ecology and Climate Change (pp. 1-12). Ciudad, País: Cambridge University Press.

- Salazar, N. (2001). Las briofitas o musgos de los bosques nubosos. En:
Heckadon, S., (Ed.). Panamá: Puente Biológico (pp. 81-86). Panamá,
Panamá: Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales.
- Samudio, R. Jr. (2001). Panamá. In: Kappelle, M.; Brown, A. (Eds.), Bosques
Nublados del Neotropico (371-395). Heredia, Costa Rica: INBio.
- Sánchez, Y. (2016). Orquídeas del sendero La Cascada de Parque Nacional La
Amistad (PILA), Cerro punta, Chiriquí, Panamá (Tesis de Licenciatura en
Biología). Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI), Panamá.
- Shaw, J. (1985). The Relevance of Ecology to Species Concepts in Bryophytes.
The Bryology 3,199-202
- Soloaga, M. A. (2014). Diversidad de Musgos en cuatro tipos de uso de suelo en el
Caserio San Agustín, Distrito Hermilio Valdizan, Huánuco. (Tesis Ing. En
Recursos Naturales Renovables). Universidad Nacional Agraria de la Selva.
Tingo Maria, Perú.
- Stark, L. & Castetter, R.C. (1987). A Gradient Analysis of Bryophyte Populations in
a Desert Mountain Range. *Memoirs of the New York Botanical Garden*,
45,186-197
- Valdés, L. & Villarreal, R. (2005). Diversidad de Carábidos (Coleóptera: Carabidae)
Y Hongos Ectoparásitos Asociados (Laboubeniales) Del Sendero El Retoño
Del Parque Internacional La Amistad, Cerro Punta (Tesis De Licenciatura En
Biología). Universidad Autónoma De Chiriquí (UNACHI). Panamá.

- Vanderpoorten, A. & Goffinet, B. (2009). Introduction to bryophytes. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 312 pág
- Vargas-Rojas D.L. & Morales-Puentes M. E. (2014). Hepáticas del Parque Natural Municipal "Robledales de Tipacoque", Boyacá-Colombia. *Universitas Scientiarum* 19(3): 201-211
- Vilas, S., & Passos, J. (1998). Briofitas de uma area de Cerrado no municipio de Alagoinhas, Bahia, Brasil. *Tropical Bryology* 15,101-110
- Weber, M.G. & Cleve, K. Van. (1984). Nitrogen transformations in feather moss and forest floor layers of anterior Alaska, U.S.A., black spruce (*Picea mariana*) ecosystems. *Can. J. Forest Res.* 14,278-290
- Zamfir, M. (2000). Effects of bryophytes and lichens on seedling emergence of alvar plants: evidence from greenhouse experiments. *Oikos* 88,603-611
- Zander, R.H. (1993). Genera of the Pottiaceae: Mosses of Harsh Environments. *Bulletin of the Buffalo Society of Natural Sciences*, 32, 1-385

VIII. ANEXOS

Briófitos del suelo del Sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriqui, Panamá 2017-2018

Elaborado por: González, C.

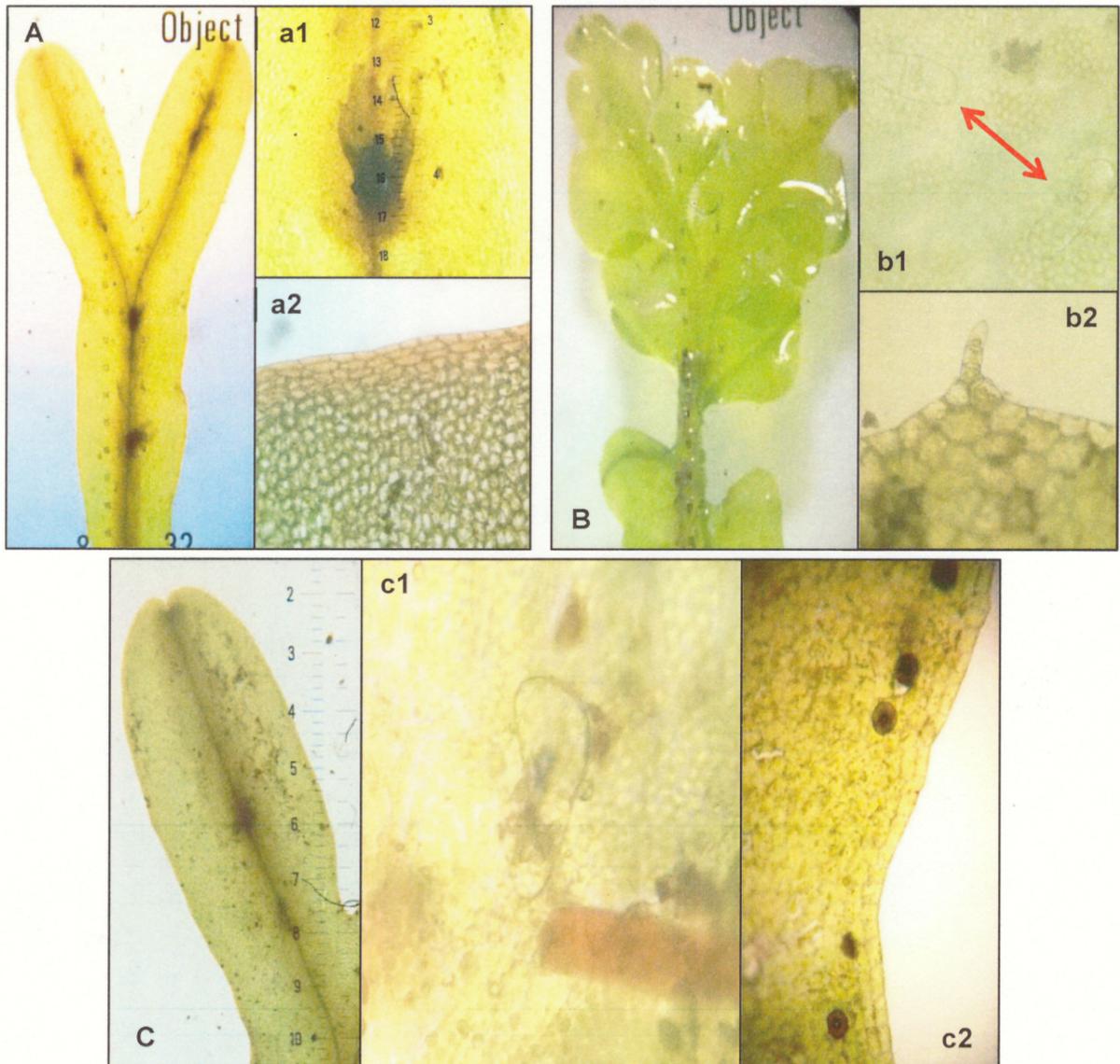


Figura 12. **Pallaviciniaceae**: A. *Symphyogyna brasiliensis* (a1: Involucro en forma de escama, a2: Células del margen y de la lámina); B. *Symphyogyna brongiartii* (b1: Célula hialina en la parte dorsal del talo, b2: Diente apical en el margen del talo); C. *Symphyogyna marginata* (c1: Célula hialina en la parte dorsal del talo, c2: Células del margen y de la lámina).

Briófitos del suelo del Sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriqui, Panamá 2017-2018

Elaborado por: González, C.

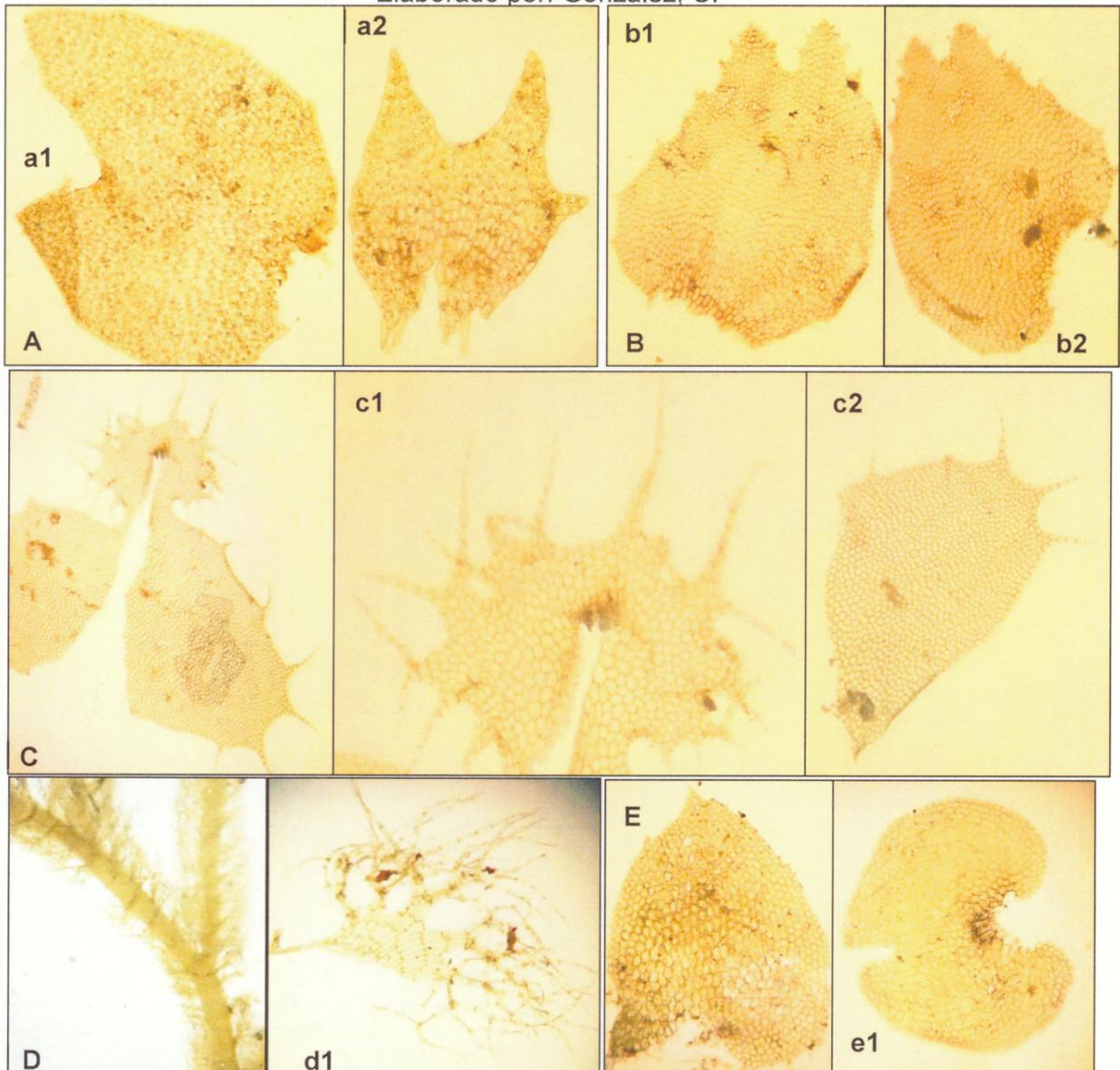


Figura 13. **Balantiopsidaceae**: A. *Isotachis multiceps* (a1: Filoide lateral, a2: Anfigastro); B. *Isotachis serrulata* (b1: Filoide lateral, b2: Anfigastro); **Lophocoleaceae** C. *Leptoscyphus trapezoides* (c1: Anfigastro, c2: filoide lateral); **D. *Trichocolea tomentosa*** (d1: filoide); **Lejeunaceae** E. *Lejeunea debilis* (e1: Anfigastro).

Briófitos del suelo del Sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriqui, Panamá 2017-2018

Elaborado por: González, C.

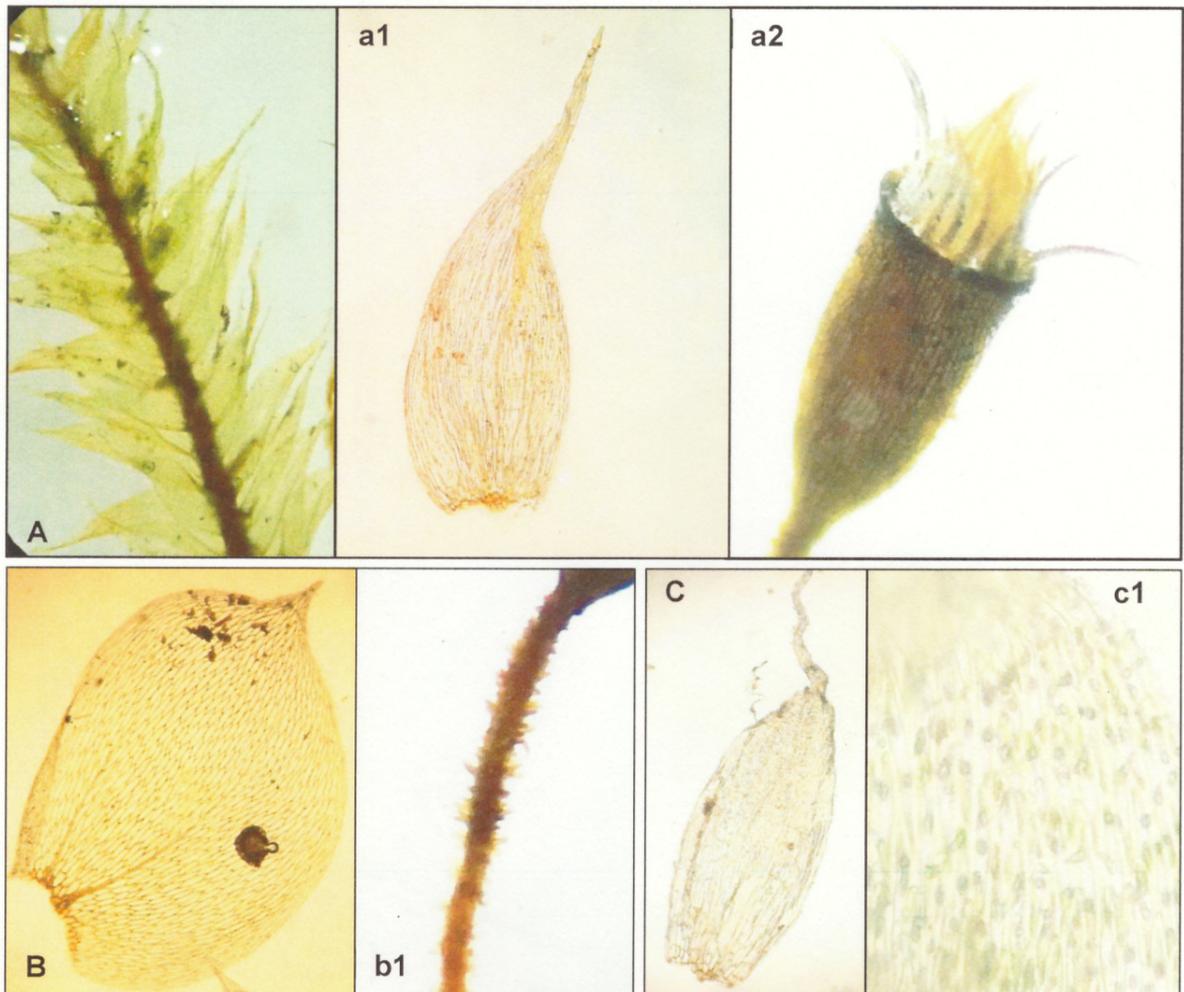


Figura 14. **Pilotrichaceae** A. *Lepidopilum brevipes* (a1: filoides, a2: Capsula con peristoma); B. *Lepidopilum diaphanum* (a1: Seta papilosa); C. *Hypnella pilifera* (a1: Células de la lámina con papilas).

Briófitos del suelo del Sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriqui, Panamá 2017-2018

Elaborado por: González, C.

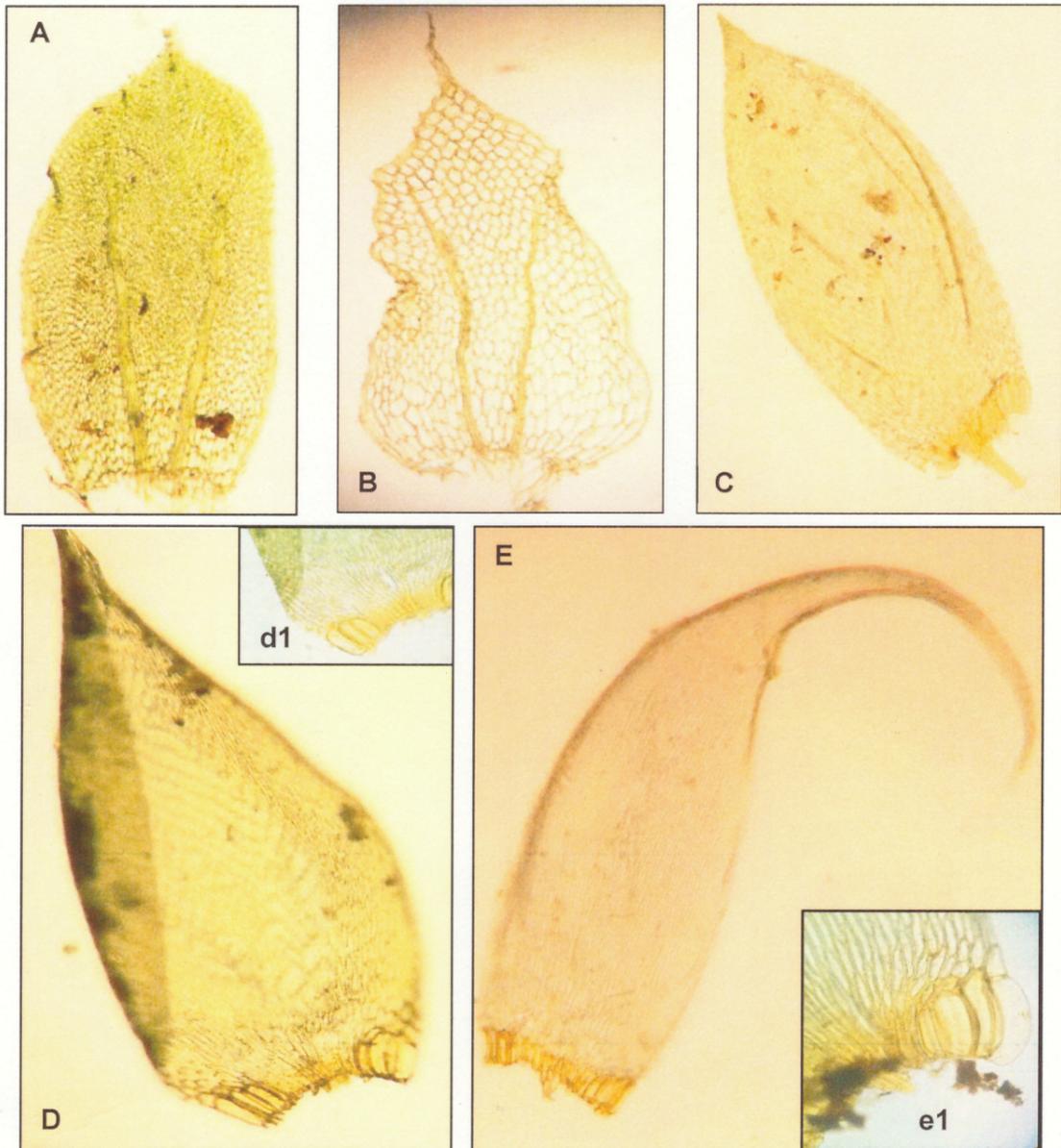


Figura 15. **Pilotrichaceae**: A. *Cyclodictyum subtortifolium*; B. *Cyclodictyum roridum*; **Sematophyllaceae**: C. *Sematophyllum subsimplex*; D. *Sematophyllum galipense* (d1: Celulas alares); E. *Sematophyllum swartzii* (e1: Celulas alares).

Briófitos del suelo del Sendero La Cascada, Parque Internacional La Amistad, Las Nubes, Cerro Punta, Chiriqui, Panamá 2017-2018

Elaborado por: González, C.

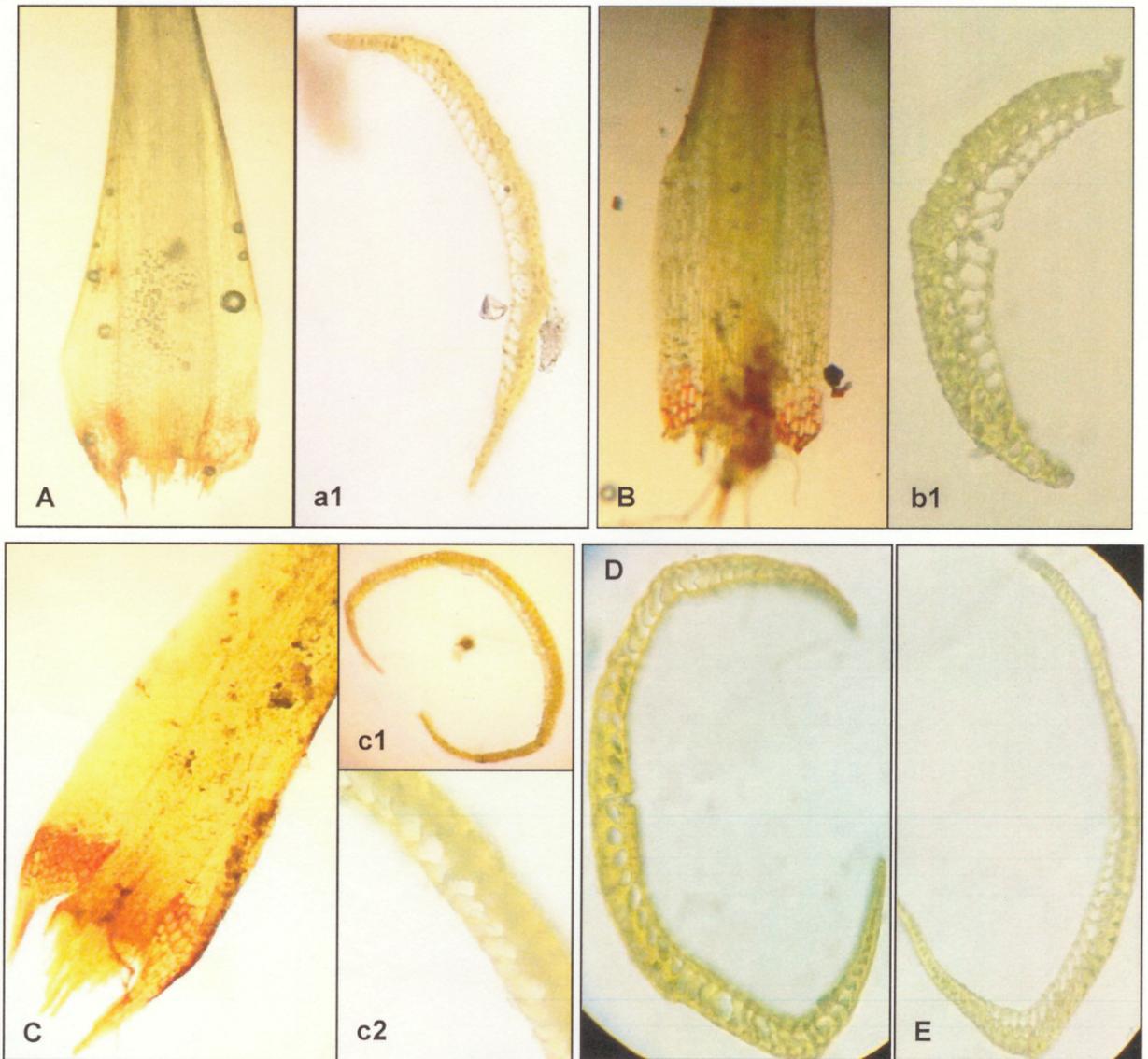


Figura 16. **Dicranaceae**: A. *Campylopus reflexisetus* (a1: Corte transversal del filoide); B. *Campylopus anderssonii* (b1: Corte transversal del filoide); C. *Campylopus alvidoviensis* (c1: Corte Transversal del filoide 4X, c2: Corte transversal del filoide 10X); D. *Campylopus concolor* (Corte transversal del filoide); E. *Campylopus areodictyon* (Corte transversal del filoide).