

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

**CAMBIOS EN LA DIVERSIDAD DE MUSGOS EPÍFITOS EN UN GRADIENTE
DE INTERVENCIÓN EN EL PARQUE NACIONAL VOLCÁN BARÚ, CHIRIQUÍ,
PANAMÁ**

GLORIA KATIUSKA RODRÍGUEZ VARGAS

PROFESORES ASESORES:

M.Sc. CLOTILDE ARROCHA

PhD. ÁNGEL BENÍTEZ

M.Sc. RODOLFO MENDOZA

Trabajo de Graduación presentado a la
Escuela de Biología como requisito
parcial para optar por el título de
Licenciada en Biología.

DAVID, CHIRIQUÍ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2018

8 5

DEDICATORIA

A mi abuelito Andrés Vargas Q.E.P.D. quien fue mi guía en mis primeros pasos
educativos.

A toda mi familia quienes me inculcaron la importancia de la educación y la
superación personal.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso por ser luz en mi camino y brindarme la capacidad para cumplir esta meta.

A mis padres Augusto Rodríguez y Gloria Vargas, hermanos Augusto Miguel y César Augusto por su apoyo incondicional.

A mis profesores asesores Clotilde Arrocha, Ángel Benítez y Rodolfo Mendoza por todos sus aportes para la presentación de esta investigación.

Al PhD. Ángel Benítez por su guía y ayuda en el establecimiento de la metodología y el análisis de los datos obtenidos.

A los profesores Eyvar Rodríguez y Clotilde Arrocha por enseñarme acerca de la taxonomía de briófitos y transmitirme esos deseos de investigar sobre este grupo de plantas.

Al Herbario de la Universidad Autónoma de Chiriquí y todo su personal, especialmente a la profesora Rosa Villarreal, por poner a mi disposición las instalaciones, equipo y literatura para realizar esta investigación.

Al Ministerio de Ambiente por otorgar el permiso para coleccionar las muestras que fueron analizadas en esta investigación.

A la Vicerrectoría de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Chiriquí por otorgar el subsidio para el financiamiento parcial de esta investigación.

A Georgina Guerra por su colaboración en el trabajo de campo, además por su apoyo y amistad a lo largo de toda la carrera.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1. LOS BOSQUES MONTANOS TROPICALES.....	1
2. PARQUE NACIONAL VOLCÁN BARÚ.....	3
3. DIVERSIDAD FLORÍSTICA DEL PARQUE NACIONAL VOLCÁN BARÚ ..	5
4. DIVERSIDAD DE MUSGOS.....	6
5. FUNCIÓN E IMPORTANCIA DE LOS MUSGOS.....	7
6. FACTORES MICROCLIMÁTICOS Y SU RELACIÓN CON LA DIVERSIDAD DE MUSGOS	8
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	11
2. DISEÑO EXPERIMENTAL	14
3. RECOLECCIÓN DE DATOS.....	15
4. ANÁLISIS DE LOS DATOS	16

III.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
1.	ESFUERZO DE MUESTREO	17
2.	RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES.....	19
3.	EFFECTOS DE LAS VARIABLES SOBRE LA RIQUEZA DE ESPECIES.....	28
4.	COMPOSICIÓN DE ESPECIES Y ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD.....	29
IV.	CONCLUSIONES.....	33
V.	RECOMENDACIONES.....	34
VI.	BIBLIOGRAFÍA.....	35
VII.	ANEXOS.....	44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Listado de especies de musgos epífitos en dos tipos de bosques del Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.....	20
Cuadro 2. Índices de diversidad Shannon Weaver y Simpson de musgos epífitos de dos tipos de bosque del Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.....	23
Cuadro 3. Índice de diversidad de Shannon Weaver (H') de musgos epífitos por árbol en dos tipos de bosque del Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.....	24
Cuadro 4. Resultados de los Modelos Lineales Generalizados (GLM) de las variables entrada de luz, humedad, pH de la corteza, tipo de bosque y diámetro del árbol (DAP) sobre la riqueza de especies de musgos epífitos de dos tipos de bosques del Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.....	28
Cuadro 5. Resultado del análisis multivariante PERMANOVA de las variables tipo de bosque, diámetro del árbol (DAP), humedad, entrada de luz y pH de la corteza sobre la composición de especies de musgos epífitos de dos tipos de bosque del Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio, Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá; tomado de Google Earth, 2016.....	11
Figura 2. Bosque conservado (Bosque A), Bosque de las Brujas, Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.....	12
Figura 3. Bosque intervenido (Bosque B), Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.....	13
Figura 4. Curva de acumulación de especies de musgos epífitos del bosque conservado (Bosque A), ubicado en el Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.....	17
Figura 5. Curva de acumulación de especies de musgos epífitos del bosque intervenido (Bosque B), ubicado en el Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.....	18
Figura 6. Riqueza de especies de musgos epífitos por familia en dos tipos de bosques del Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.....	19
Figura 7. Riqueza de especies de musgos epífitos en dos tipos de bosques, bosque conservado (Bosque A) y bosque intervenido (Bosque B), Parque	

Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí,
Panamá.....22

Figura 8. Riqueza estimada de musgos epífitos en dos tipos de bosques, bosque conservado (Bosque_A) y bosque intervenido (Bosque_ B), ubicados en el Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.....26

Figura 9. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de la composición de las especies de musgos epífitos de dos tipos de bosques del Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.....29

Figura 10. *Thuidium delicatulum* (Hedw.) Schimp. A. Hábito de crecimiento, B. Filoide (10x), C. Ápice del filoide con dos papilas (40x), D. Parafilos ramificados (10x).....45

Figura 11. *Leucodon curvirostris* Hampe. A. Hábito de crecimiento, B. Filoide (4x), C. Células alares (10x), D. Ápice del filoide (10x).....46

Figura 12. *Fissidens* sp. Hedw. A. Hábito de crecimiento (4x), B. Filoide con borde diferenciado (10x), C. Lámina vaginante con borde diferenciado (40x).....47

Figura 13. *Racopilum tomentosum* (Hedw.) Brid. Hábito de crecimiento, B. Filoide dorsal (10x), C. Costa excurrente del filoide lateral (40x).....48

Figura 14. <i>Neckera ehrenbergii</i> Müll. Hal. A. Hábito de crecimiento, B. Filoide asimétrico (4x), C. Esporófito con cápsula inmersa, D. Dientes del peristoma (4x).....	49
Figura 15. <i>Squamidium livens</i> (Shwägr.) Broth. A. Hábito de crecimiento, B. Ápice del filoide (10x), C. Base del filoide con células alares (10x), D. Filoide con costa (4x).....	50
Figura 16. <i>Meteoridium remotifolium</i> (Müll. Hal.) Manuel. A. Hábito de crecimiento, B. Filoide (4x) C. Ápice del filoide (10x), D. Células alares (40x).....	51
Figura 17. <i>Orthostichella versicolor</i> (Müll. Hal.) B.H. Allen & W.R. Buck. A. Hábito de crecimiento, B. Filoide (4X), C. Células alares (10x), D. Esporófito inmerso.....	52
Figura 18. <i>Prionodon densus</i> (Sw. ex Hedw.) Müll. Hal. A. Hábito de crecimiento, B. Filoide (4x), C. Margen del filoide dentado (10x), D. Células papilosas (40x).....	53
Figura 19. Pottiaceae. A. Hábito de crecimiento B. Filoide (10x), C. Corte transversal del filoide (40x), D. Células pluripapilosas (40x).....	54

RESUMEN

Los bosques montanos tropicales son frágiles a los procesos naturales y a las actividades antropogénicas porque causan su disminución y fragmentación. En estos ecosistemas destacan diferentes plantas epífitas, como los musgos, que por sus características fisiológicas y morfológicas son sensibles a cambios en el ambiente y son considerados bioindicadores de cambios ambientales.

Se evaluó los cambios en la diversidad y composición de las comunidades de musgos epífitos en dos bosques con diferentes niveles de intervención (conservado e intervenido), ubicados en la ladera occidental del Parque Nacional Volcán Barú, en Paso Ancho.

En cada bosque se establecieron diez parcelas de 5 x 5 m, en cada una se seleccionaron dos árboles de los cuales se tomaron cuatro muestras de musgos epífitos en cuadrantes de 20 x 30 cm o 10 x 60 cm. Además, se determinó el diámetro del árbol (DAP) y el pH de la corteza; y se midieron las variables temperatura, humedad y entrada de luz en cada parcela. Se determinó la diversidad alfa mediante la riqueza específica, los índices de diversidad (Shannon y Simpson) y los modelos lineales generalizados (GLM); y los cambios en las comunidades con un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), un análisis de similitud (ANOSIM) y un análisis multivariante (PERMANOVA).

Se registró un total de 36 especies de musgos epífitos, pertenecientes a 31 géneros y 18 familias, donde Meteoriaceae, Hypnaceae, Pottiaceae y Sematophyllaceae fueron las familias más representativas. La ecuación de Clench señaló el 82 % de la riqueza estimada en el bosque conservado con 20 especies y el 86 % para el bosque intervenido con 25 especies. Las curvas de acumulación de especies presentaron una estabilización, indicando que se conoce cerca del total de especies y esto fue corroborado con la ecuación de Clench. Los índices de diversidad fueron similares en el bosque conservado ($1-D=0.91$, $H'=2.68$) y en el bosque intervenido ($1-D=0.94$, $H'=2.98$). El índice de diversidad por árbol indicó que el árbol #35 es el más diverso y el menos diverso es el #34, ambos ubicados en el bosque intervenido.

Se determinó que la composición de las comunidades difiere de un bosque a otro, esto se debe a que se da el reemplazo de las especies de lugares sombríos por aquellas que presentan adaptaciones para lugares abiertos y fue observado con el análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) que resultó en un patrón bidimensional y mostró una clara separación de los dos tipos de bosques y fue corroborado con el análisis de similitud (ANOSIM), el cual estableció que existen diferencias significativas entre la composición de las comunidades de musgos epífitos de los dos tipos de bosques ($R_2=0.747$, $p=0.001$), y se determinó con el análisis multivariante PERMANOVA que la composición de musgos epífitos estaba influenciada de acuerdo a las variables tipo de bosque que explica el 19 % de variabilidad, seguido del pH de la corteza de los árboles en un 3 %.

Las comunidades de musgos del bosque conservado estuvieron dominadas por musgos característicos de lugares sombríos y el bosque intervenido por especies que están adaptadas a soportar alta intensidad lumínica. En conclusión, la riqueza y diversidad de musgos no presentó cambios en los dos tipos de bosques, pero la composición de las comunidades es diferente destacando en el bosque intervenido los musgos adaptados a condiciones de alta intensidad lumínica (e.g. *Macromitrium*, *Groutiella* y *Cryphaea*), a diferencia de los bosques conservados donde los epífitos de sombra fueron dominantes (e.g *Prionodon* y *Porotrichodendron*).

I. INTRODUCCIÓN

1. LOS BOSQUES MONTANOS TROPICALES

Los bosques montanos tropicales son ecosistemas que presentan pendientes y montañas pronunciadas con condiciones ambientales diferentes, que incluyen temperaturas templadas a frías con fluctuaciones, precipitación y humedad de rangos variables, lo que provoca que sean zonas ricas en biodiversidad y endemismo (Chaverri Polini, 1998). Por sus características ecosistémicas, un componente importante de este tipo de bosques son las plantas epífitas, las cuales se mantienen sobre los árboles durante todo el año y juegan un papel importante en la dinámica de las comunidades, en el ciclo hidrológico y los ciclos de nutrientes (Ceja Romero et al., 2008).

Estos bosques son muy valiosos por que funcionan como cobertura protectora de las laderas, evitando deslizamientos de tierra, interceptando el agua y manteniendo su flujo natural. Constituyen un ecosistema muy frágil por las pendientes, lo que los hace vulnerables a la erosión provocada por las lluvias. Además, son considerados como los más amenazados del planeta (Bruijnzeel y Hamilton, 2000).

No existen datos precisos de cuanto es el área de terreno que queda, de este tipo de ecosistemas, pero se conoce que se están reduciendo y fragmentando (Aldrich et al., 2000); principalmente, como consecuencia de las actividades

humanas y el crecimiento de la población. Según Bruijnzeel y Hamilton (2000), estos ecosistemas tienen muchas amenazas como:

- La conversión a tierras de pastoreo para ganado bovino, ovino y caprino.
- La conversión a tierras de cultivos agrícolas u hortícolas.
- La tala de árboles para madera o leña.
- El turismo descontrolado.
- El fuego en áreas adyacentes que logra extenderse hasta sus límites.
- La extracción de plantas y animales para uso doméstico o para el comercio.
- La colocación de estaciones de transmisión de telecomunicaciones y de medios de comunicación.
- La contaminación y el calentamiento global.

Sus ubicaciones apartadas y los accesos difíciles implican que no cuentan con controles para evitar las amenazas que se presentan. Sin embargo, la preocupación de los científicos por su conservación ha provocado un aumento de los estudios e investigaciones sobre la diversidad y la ecología de estos bosques (Kessler y Kluge, 2008).

2. PARQUE NACIONAL VOLCÁN BARÚ

El Parque Nacional Volcán Barú es un área protegida localizada en la Cordillera de Talamanca, en su vertiente pacífica, en la provincia de Chiriquí, Panamá. Cuenta con una superficie de 14.322,5 hectáreas y forma parte integral de la Reserva de la Biosfera La Amistad (ANAM, 2004).

Esta área protegida, contiene ecosistemas únicos y valiosos. Debe su nombre a que dentro de sus límites se encuentra el Volcán Barú, punto más alto del país. El cual forma parte de un conjunto de montañas medias y altas, así como valles intermontanos. Sus bosques captan y regulan el agua, lo cual es de gran importancia para las actividades que se realizan en toda la provincia. En sus faldas se unen los flujos de aguas, formando cuatro cuencas hidrográficas importantes: la del río Chiriquí Viejo, Escárrea, Chirigagua - Río Chico y Caldera - David - Cochea (FUNDICCEP y ANCON, 2012).

El Parque fue creado el 24 de junio de 1976, mediante Decreto Ejecutivo N° 40, publicado en Gaceta Oficial 18619 del 13 de julio de 1978. Su finalidad es proteger una muestra significativa de los recursos naturales encontrados en esa área, conservar las cuencas hidrográficas superiores de la región de Talamanca, evitar el desarrollo de suelos con poca o muy poca capacidad agrológica, promover la oportunidad de investigación, educación, esparcimiento de la población y generar fuentes alternativas de desarrollo de las comunidades locales (ANAM, 2004).

Presenta el tipo de bosque perennifolio ombrófilo tropical latifoliado altimontano (BPOTLA) y según el sistema de clasificación de Holdridge, se ubican en el Parque las siguientes zonas de vida: bosque pluvial premontano (BPP), bosque pluvial montano (BPM), bosque muy húmedo montano (BMHM), bosque pluvial montano bajo (BPMB), bosque húmedo montano bajo (BHMB) y bosque muy húmedo montano bajo (BMHMB). Además, cuenta con una zona de vegetación herbácea que probablemente sea de origen antropogénico, por deforestación y quemas (Ministerio de Ambiente, 2016). Presenta dos tipos principales de clima, tropical de montaña, en la vertiente del pacífico entre los 900 y 1600 m s.n.m. y el de montaña media y alta, que se localiza en las partes superiores de la cordillera a más de 1600 m s.n.m. Su precipitación pluvial es elevada oscilando entre 2500 y más de 3500 mm al año y la temperatura varía entre 12.5 y 20 °C (Candanedo y Polanco, 2011).

En cuanto a biodiversidad, esta área protegida es considerada de gran relevancia, ya que forma parte de una zona que presenta especies de distribución restringida y endemismo, especialmente de plantas, aves y anfibios. Lo que puede estar relacionado con la gran diversidad de microhábitats y el aislamiento geográfico de sus montañas. Sin embargo, estas especies son susceptibles a alteraciones y perturbaciones (ANAM, 2004).

Las actividades humanas son la principal amenaza que presenta esta área protegida, siendo la más importante la agricultura, seguido de la ganadería, la cacería y el turismo. En cuanto al turismo, son muchas las visitas anuales, aproximadamente de 5500 a 5800, según estadísticas del 2015, y que en la

actualidad sigue en aumento, debido al interés y las mejoras de accesibilidad al Parque, provocando mayor impacto sobre el medio natural (Ministerio de Ambiente, 2016).

3. DIVERSIDAD FLORÍSTICA DEL PARQUE NACIONAL VOLCÁN BARÚ

En los estudios relacionados con la diversidad de la flora del Parque Nacional Volcán Barú se han reportado alrededor de 704 especies de plantas, pertenecientes a 129 familias, entre ellas las familias Lauraceae, Asteraceae, Araceae y Ericaceae. En la parte conocida como los Llanos de Volcán se identificaron 32 especies de monocotiledóneas y 119 especies de dicotiledóneas, de las cuales 62 especies son endémicas de la provincia de Chiriquí y dos especies endémicas de las tierras altas de Panamá que son *Senecio boquetensis* y *Echeandia venusta*. Mientras que, en los lados del camino de acceso a la cima, en la vertiente oriental, se han reportado 80 especies, de las cuales 67 son dicotiledóneas y 13 monocotiledóneas (ANAM, 2004).

En el estudio de Rincón et al. (2015) destacan que, en la cima del Volcán Barú, específicamente desde la altitud de 3300 hasta 3474 m s.n.m., se han documentado 44 especies de plantas vasculares, entre las que se mencionan especies de las familias Ericaceae, Asteraceae, Rosaceae, además de especies pertenecientes a los helechos y gramíneas. En este estudio también se incluyen

nuevos reportes para Panamá, que son las especies *Polystichum orbiculatum* (Dryopteridaceae), *Asplenium heterochroum* y *Asplenium resiliens* (Aspleniaceae).

4. DIVERSIDAD DE MUSGOS

Los musgos crecen en gran variedad de sustratos, dentro de los que se encuentran el suelo, roca, corteza, troncos en descomposición, cutículas de las hojas, estiércol, y cadáveres de animales; su éxito en cuanto a colonización radica en que muchas especies están especializadas para un hábitat específico, en lugar de ser generalistas (Vanderpoorten y Goffinet, 2009). De todos los sustratos donde se pueden establecer los musgos, se conoce que el más favorable es la corteza viva y aquellos que crecen en este sustrato se les denomina musgos epífitos o cortícolas; los bosques montanos se consideran muy ricos en ese tipo de musgos (De Almeida Campelo, 2005).

La diversidad de musgos se define por la cantidad de especies que presenta un determinado lugar, ya sea un país, un sitio de estudio o un árbol. Se conoce que son el grupo de briófitos más diverso, pero estas cantidades han ido variando con el avance de las técnicas moleculares y filogenéticas. Existen aproximadamente 13000 especies en el mundo, aunque se sugiere que este número puede ser menor y se está comenzando a redefinir, pero sigue siendo difícil de establecer con certeza (Magill, 2010). En Panamá se han reportado 751 especies de musgos (Salazar Allen, 2011) a esto se suman cuatro especies

reportadas en Ellis et al. (2016) y una reportada por Gudiño y Salazar Allen (2017), lo que hace un total de 756 especies de musgos reportadas.

Se han realizado algunos estudios sobre la diversidad de briófitos en Chiriquí, a pesar de ello la mayoría no hace referencia a su ecología (González, 1998; Pineda, 1999; Charles, 2001; Cascante y Valdés, 2005; Rodríguez Quiel et al. 2010; Fossatti, 2014; Caballero, 2016 y Guerra, 2016). Regiones similares a las tierras altas de Panamá, han sido objeto de varias investigaciones relacionadas con la ecología de musgos y otros briófitos epífitos, en estas se han estudiado aspectos como la diversidad y los microhábitats, por ejemplo, los trabajos de Wolf (1995), Gradstein et al. (2001), Holz et al. (2002), Holz y Gradstein (2005), Nöske et al. (2008), Sporn et al. (2010) y Benítez et al. (2015).

5. FUNCIÓN E IMPORTANCIA DE LOS MUSGOS

Los musgos al igual que los demás grupos de briófitos cumplen funciones ecosistémicas importantes. Estas funciones incluyen la alta productividad, la acumulación de biomasa a través de su crecimiento y descomposición, también participan en la fijación de nitrógeno y activamente en el equilibrio hídrico, ya que absorben grandes cantidades de agua, nutrientes y contaminantes por su cuerpo vegetativo, denominado gametofito (Proctor, 2011).

Al formar capas densas sobre el suelo y troncos del bosque, cumplen la función de ser grandes interceptores de lluvia, que al caer es retenida, infiltrada y evaporada lentamente, protegiendo los suelos de procesos como la erosión.

Contribuyen en conjunto con otras plantas en el mantenimiento de la humedad del bosque y favorecen el desarrollo de muchas plantas vasculares, fauna de vertebrados e invertebrados, hongos y microorganismos, convirtiéndose en sustrato para que puedan habitar (Gradstein et al., 2001).

6. FACTORES MICROCLIMÁTICOS Y SU RELACIÓN CON LA DIVERSIDAD DE MUSGOS

Existe una estrecha relación entre la diversidad de musgos y los factores microclimáticos del ambiente en el que habitan. La distribución de las especies de musgos epifitos en los diferentes microhábitats forestales se correlaciona principalmente con los regímenes de humedad, debido a que son plantas poiquilohídricas por lo tanto dependen de la humedad ambiental, pueden secarse y al humedecerse logran reanudar su actividad fisiológica y metabólica. También, factores como la luminosidad, tienen influencia sobre su diversidad, de allí que existen briofitos especialistas de luz o de sombra y, en menor medida, los factores físicos y químicos del sustrato afectan el establecimiento y colonización (Holz et al., 2002).

Las alteraciones de los ecosistemas provocan cambios en la estructura del bosque y en los factores microclimáticos lo que influyen en las comunidades de musgos y conduce a una disminución de la diversidad y otras graves consecuencias, como la desaparición de las especies más sensibles; esto principalmente porque se da la fragmentación y pérdida del hábitat (Zepeda

Gómez et al., 2014). Sin embargo, diferentes especies son capaces de vivir en condiciones restringidas de nutrientes y humedad, ya que presentan adaptaciones para responder fisiológicamente de forma eficiente a períodos desfavorables, por ejemplo, para la fotosíntesis. La tolerancia a la desecación varía mucho entre las especies, incluso en ambientes relativamente húmedos, como es el caso de las epífitas de los bosques templados (Proctor, 2011).

Holz y Gradstein (2005), demostraron que los hábitats poco intervenidos pueden albergar mayor o similar diversidad que los intervenidos, debido a los rangos variables en los factores microclimáticos de un mismo sitio; a diferencia de otros estudios que señalan que existe una disminución de la diversidad en los ecosistemas alterados y que ésta disminución es más grave en los musgos que en los demás grupos de briófitos (Acebey et al., 2003).

Los musgos epífitos representan un recurso, en gran medida, sin explotar para controlar e indicar los efectos de la deforestación de los bosques y en consecuencia los cambios ambientales; sin embargo en la actualidad los conocimientos sobre la estructura y la composición de las comunidades de epífitas criptogámicas, como musgos, hepáticas y macrolíquenes, están siendo utilizados para evaluar el estado de los bosques, debido a que la perturbación provoca cambios en los factores microclimáticos de los que dependen estas comunidades (Benítez et al., 2012; Benítez et al., 2015).

En el presente estudio se evaluó los cambios en la diversidad de las comunidades de musgos epífitos en dos bosques del Parque Nacional Volcán

Barú, Chiriquí, Panamá. Específicamente se determinó la riqueza y la diversidad de las comunidades y se analizó los efectos de las variables microclimáticas sobre la riqueza y la composición en ambos bosques.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el corregimiento de Paso Ancho, en la falda occidental del Parque Nacional Volcán Barú, situado sobre la cordillera de Talamanca, en la región norte de la provincia de Chiriquí y en la parte occidental de la República de Panamá (Figura 1). El Parque Nacional Volcán Barú tiene una extensión de 14322.5 hectáreas, aproximadamente, y se encuentra entre los 1800 y 3474 m s.n.m. (Ministerio de ambiente, 2013).



Figura 1. Ubicación del área de estudio, Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá; tomado de Google Earth, 2016.

El área de estudio consta de dos bosques montañosos tropicales con diferentes niveles de intervención, y con una vegetación dominada por un bosque

perennifolio ombrófilo tropical latifoliado altimontano, con predominio de especies como *Quercus* sp., *Chusquea* sp., *Piper* sp. y especies pertenecientes a las familias Rubiaceae, Melastomataceae, Ericaceae, Solanaceae, Asteraceae, Poaceae, entre otras (Ministerio de ambiente, 2004). Se caracteriza por tener una temperatura media de 14.7 °C, precipitación promedio anual de 218.6 mm y la humedad relativa porcentual de 91.1% (ETESA, 2016).

El primer bosque (Bosque A) se encuentra a los 8°48'55.13"N y 82°34'33.50"O, a una altitud de 2040 m s.n.m, con una temperatura promedio de 16.69 °C, humedad promedio de 62.96 % y entrada luz de 49.05 %. Está localizado en el camino de ascenso a la cima del Volcán. Presenta un dosel cerrado, terrenos generalmente planos, donde predominan árboles de *Quercus* sp., con un sotobosque denso, se le conoce como Bosque de Brujas y para los efectos de este trabajo se le denominará bosque conservado (Figura 2).

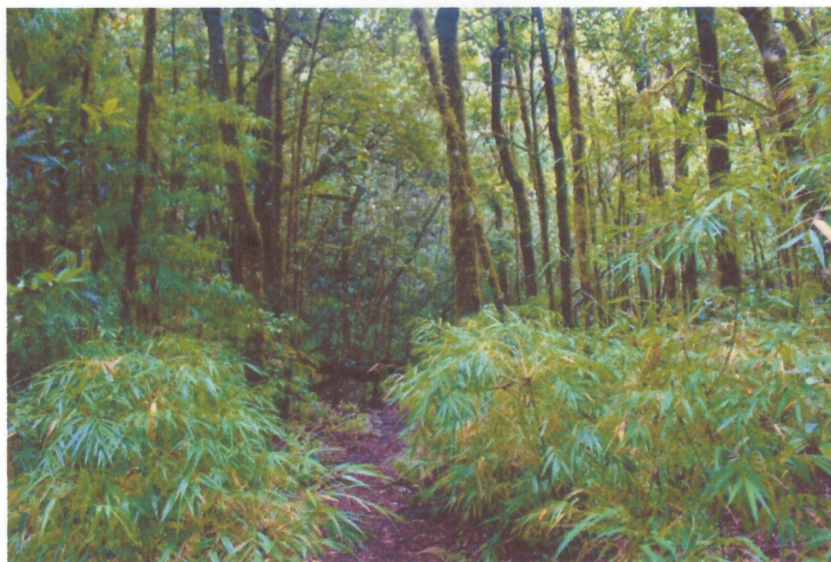


Figura 2. Bosque conservado (Bosque A), Bosque de las Brujas, Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.

El segundo bosque (Bosque B) se encuentra a los 8°48'51.28"N y 82°34'50.68"O, a una altitud de 1936 m s.n.m., con una temperatura promedio de 20.62 °C, humedad promedio de 92.14 % y entrada luz de 39.81 %. Está localizado próximo al área de acceso al Parque Nacional Volcán Barú, en Paso Ancho. Presenta un dosel abierto, terrenos irregulares, formados por flujo de lava, con suelos rocosos y se considerará como bosque intervenido, donde la vegetación predominante son pastizales y algunos grupos de árboles dispersos (Figura 3).



Figura 3. Bosque intervenido (Bosque B), Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.

2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se seleccionaron dos bosques con diferentes niveles de intervención, uno conservado y el otro intervenido, en ambos bosque se delimitaron 10 parcelas de 5 x 5 m. En cada parcela se tomaron muestras de dos árboles, para un total de 20 árboles por cada bosque. En los 40 árboles seleccionados se estimó la cobertura de las especies de musgos epífitos, mediante cuadrantes de 20 x 30 o 10 x 60 cm, a alturas de 1 m y 2 m del tronco del árbol y en las orientaciones Norte y Sur, método modificado según el protocolo establecido por Gradstein et al., (2003).

A nivel de parcela se registraron las coordenadas y la altitud utilizando un GPS Garmin, modelo eTrex 10, mientras que la temperatura y la humedad atmosférica se midieron utilizando dataloggers Extech-RHT10.

Además, se midió el diámetro de los árboles (DAP) y se determinó el pH de su corteza, pesando 2 g de muestra de la corteza triturada y secada al aire libre durante 21 días, se le agregó 40 mL de agua destilada y se registró las medidas utilizando un medidor de pH testr 30 Eutech Instruments, previamente calibrado, tomando como referencia el protocolo establecido por Bates (s.f.).

Se determinó la entrada de luz utilizando un densiometro esférico modelo C, contando los puntos de entrada de luz que presentaba el instrumento y multiplicándolos por 1,04 se obtuvo el porcentaje de superficie no ocupada por el dosel, esto ubicado a un metro de distancia desde el tronco del árbol y en las direcciones cardinales norte, sur, este y oeste (Lemmon, 1957).

3. RECOLECCIÓN DE DATOS

Las muestras de musgos fueron colectadas, bajo el permiso de colecta No. SE/P-4-17 otorgado por la Dirección de Áreas Protegidas y Vida Silvestre del Ministerio de Ambiente; se extrajeron de la corteza de los árboles utilizando una navaja, se guardaron en bolsas de papel, se trasladaron al laboratorio de investigación del Herbario (UCH), de la Universidad Autónoma de Chiriquí. Para su procesamiento como material de herbario, se secaron al aire libre para evitar el crecimiento de hongos, no se prensaron para evitar daños en sus estructuras de sujeción (Glime y Wagner, 2013).

Se identificaron en base a criterios morfológicos y anatómicos utilizando un microscopio Zeiss, modelo Primo Star y un estéreo microscopio Zeiss, modelo Stemi DV-4, las claves taxonómicas utilizadas principalmente fueron: Gradstein et al. (2001), Allen (1994, 2002 y 2010), Buck (1998), entre otras. También fueron comparadas con muestras de los herbarios UCH y PMA. Se tomaron microfotografías de las muestras identificadas utilizando una cámara digital Cannon Power Shot D10, para elaborar láminas ilustrativas.

Luego de ser identificadas el montaje de las muestras se realizó, según los procedimientos estándares (Bridson y Forman, 1992) para muestras de herbario, en sobres con un tamaño de 10 x 15 cm en hojas de papel de algodón y se les colocó sílica gel para extraer la humedad, fueron etiquetadas colocando datos como el nombre científico, colector, lugar de colecta, sustrato, coordenadas, altitud, número y fecha de colecta (Glime y Wagner, 2013) y siguiendo el

protocolo establecido en el Herbario UCH, en el cual pasaron a formar parte de la colección de briófitos y se registraron en la base de datos utilizando la clasificación de Goffinet et al (2009) y para la categoría de familia la clasificación de Allen (1994, 2002, 2010).

4. ANÁLISIS DE LOS DATOS

Para determinar el esfuerzo de muestreo en cada tipo de bosque se realizaron curvas de acumulación de especies, utilizando el programa EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013). El análisis de los datos de la riqueza y diversidad de especies se realizó mediante gráficos y el índice de diversidad de Shannon Weaver (H') se calculó para cada tipo de bosque y para cada árbol y el de Simpson (D) para cada tipo de bosque en ambos casos utilizando el programa PAST.

Para analizar los efectos de las variables microclimáticas sobre la riqueza de especies se realizaron modelos lineales generalizados (GLM). Los cambios en la composición y estructura de las comunidades en los dos bosques se observaron con el análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS). La diferencia entre la composición de las comunidades de musgos epífitos de ambos tipos de bosque se determinó mediante un análisis de similitud (ANOSIM). Se comparó la composición de musgos epífitos de los dos bosques de acuerdo a las variables tipo de bosque, DAP, entrada de luz, humedad y pH con un análisis multivariante (PERMANOVA). Estas pruebas se realizaron utilizando el programa R versión 3.3.1 (R Core Team, 2013).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. ESFUERZO DE MUESTREO

En las figuras 4 y 5, se muestran las curvas de acumulación de especies de musgos epífitos del bosque A y bosque B respectivamente, mediante los estimadores Chao 1, Chao 2, Jack 1 y Jack 2, los cuales representan un aumento del número de especies a medida que aumenta la cantidad de árboles hospederos muestreados, pero que se comienza a estabilizar al terminar el muestreo de los 20 árboles, lo que nos indica que se conoce cerca de la totalidad de especies de musgos epífitos presentes en ambos bosques.

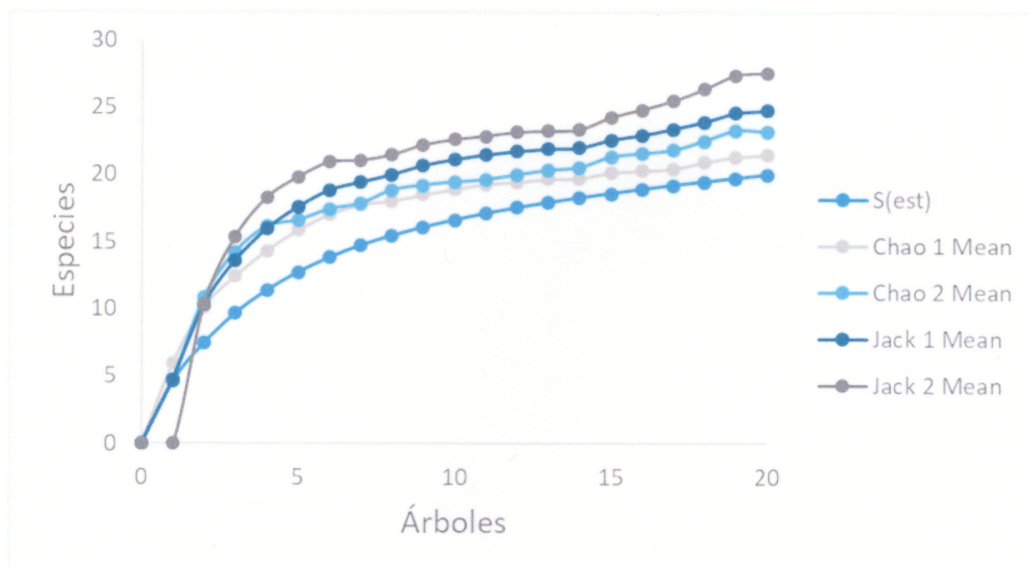


Figura 4. Curva de acumulación de especies de musgos epífitos del bosque conservado (Bosque A), ubicado en el Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.

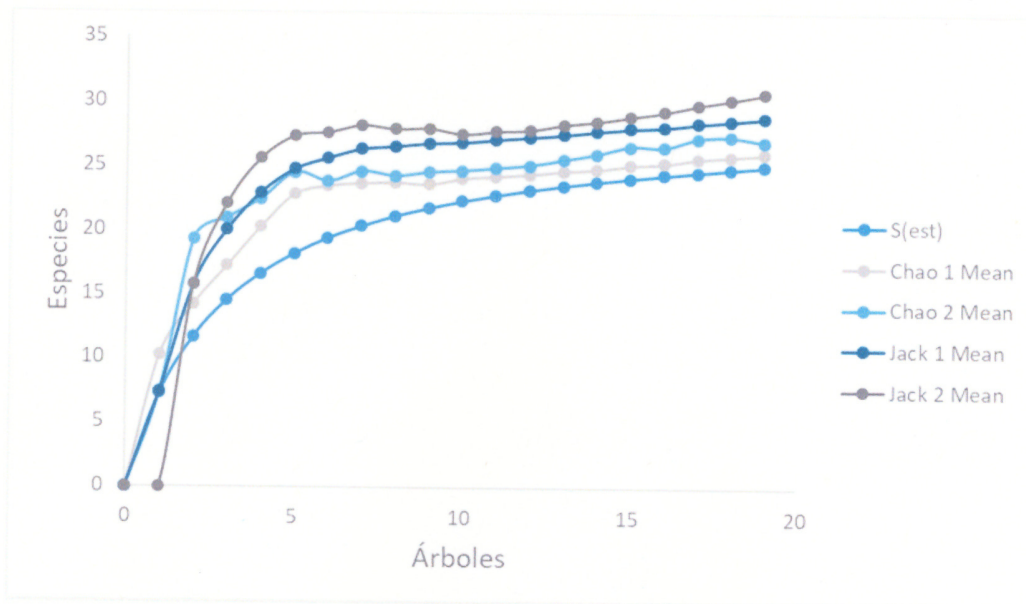


Figura 5. Curva de acumulación de especies de musgos epífitos del bosque intervenido (Bosque B), ubicado en el Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.

Los datos de la ecuación de Clench en el bosque A resultan con una asíntota de 24, la pendiente de la curva de 0.18, la proporción de especies registradas es de 82 % y para un esfuerzo de muestreo a 95 % se requiere de 86 árboles, mientras que en el bosque B se obtuvo una asíntota de 28, la pendiente de la curva de 0.11, la proporción de especies registradas de 86 % y para un esfuerzo de muestreo de 95 % se requiere muestrear 56 árboles. Ambos resultados reflejan que se ha realizado un inventario bastante completo de las especies de musgos epífitos en estos bosques.

2. RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES

Se registraron un total de 36 especies de musgos epífitos, pertenecientes a 31 géneros y 18 familias en los 40 árboles muestreados (Cuadro 1). La familia con mayor cantidad de especies fue Meteoriaceae con un total de siete especies, seguido de la familia Hypnaceae con cuatro y las familias Pottiaceae y Sematophyllaceae con tres cada una (Figura 6). De las 36 especies, una solo fue posible identificarla hasta familia y ocho hasta género.

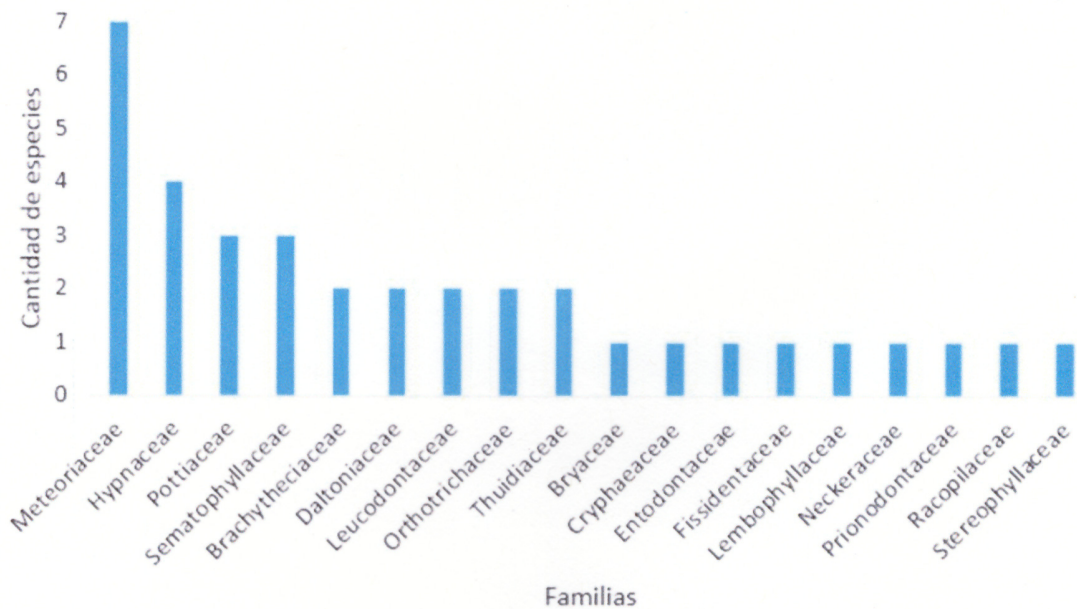


Figura 6. Riqueza de especies de musgos epífitos por familia en dos tipos de bosques del Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.

Gradstein et al. (2001) coincide con datos de que la familia Meteoriaceae es predominante en los bosques montanos y muy abundante en los bosques

secundarios. En estudios de regiones similares de la Cordillera de Talamanca, se ha encontrado que la riqueza de especies de musgos epífitos es de 26 y destacan como las familias más ricas en especies, Dicranaceae con nueve especies, Meteoriaceae y Neckeraceae con siete cada una, seguido de Orthotrichaceae y Pilotrichaceae ambas con seis (Holz et al., 2002).

Cuadro 1. Listado de especies de musgos epífitos en dos tipos de bosques del Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.

Familia	Especie	Bosque	
		A	B
Brachytheciaceae	<i>Brachythecium</i> sp. Schimp.	0	1
Brachytheciaceae	<i>Rhynchostegium scariosum</i> (Taylor) A. Jaeger	0	1
Bryaceae	<i>Brachymenium systylium</i> (Müll. Hal.) A. Jaeger	0	1
Cryphaeaceae	<i>Cryphaea patens</i> Hornsch. ex Müll. Hal.	0	1
Daltoniaceae	<i>Actinodontium sprucei</i> (Mitt.) A. Jaeger	0	1
Daltoniaceae	<i>Daltonia trachyodonta</i> Mitt.	0	1
Entodontaceae	<i>Entodon</i> sp. Müll. Hal.	0	1
Fissidentaceae	<i>Fissidens</i> sp. Hedw.	0	1
Hypnaceae	<i>Taxiphyllum scalpellifolium</i> (Müll. Hal.) Broth.	1	0
Hypnaceae	<i>Chryso-hypnum diminutivum</i> (Hampe) W.R. Buck	1	0
Hypnaceae	cf. <i>Chryso-hypnum</i> sp. Hampe	0	1
Hypnaceae	<i>Homomallium</i> sp. (Schimp.) Loeske	1	1
Lembophyllaceae	<i>Porotrichodendron lindigii</i> (Hampe) W.R. Buck	1	0
Leucodontaceae	cf. <i>Forsstroemia</i> sp. Lindb.	0	1
Leucodontaceae	<i>Leucodon curvirostris</i> Hampe	1	0
Meteoriaceae	<i>Meteoridium remotifolium</i> (Müll. Hal.) Manuel	1	0
Meteoriaceae	<i>Orthostichella rigida</i> (Müll. Hal.) B.H. Allen & Magill	1	1
Meteoriaceae	<i>Orthostichella versicolor</i> (Müll. Hal.) B.H. Allen & W.R. Buck	1	1
Meteoriaceae	<i>Meteorium deppei</i> (Hornsch. ex Müll. Hal.) Mitt.	1	1
Meteoriaceae	<i>Meteorium teres</i> Mitt.	1	0
Meteoriaceae	<i>Squamidium livens</i> (Shwägr.) Broth.	0	1

Meteoriaceae	<i>Toloxis imponderosa</i> (Taylor) W.R. Buck	1	0
Neckeraceae	<i>Neckera ehrenbergii</i> Müll. Hal.	1	1
Orthotrichaceae	<i>Groutiella chimborazensis</i> (Spruce ex Mitt.) Florsch.	1	1
Orthotrichaceae	<i>Macromitrium</i> sp. Brid.	1	1
Pottiaceae	Sin determinar	1	1
Pottiaceae	<i>Streptopogon calymperes</i> Müll. Hal.	0	1
Pottiaceae	<i>Trichostomum tenuirostre</i> (Hook & Taylor) Lindb.	1	0
Prionodontaceae	<i>Prionodon densus</i> (Sw. ex Hedw.) Müll. Hal.	1	0
Racopilaceae	<i>Racopilum tomentosum</i> (Hedw.) Brid	1	1
Sematophyllaceae	<i>Sematophyllum</i> cf. <i>adnatum</i> (Michx.) E. Britton	0	1
Sematophyllaceae	<i>Sematophyllum</i> cf. <i>subsimplax</i> (Hedw.) Mitt	0	1
Sematophyllaceae	<i>Sematophyllum</i> cf. <i>swartzii</i> (Schwägr.) W.H. Welch & H.A. Crum	0	1
Stereophyllaceae	<i>Entodontopsis</i> sp. Broth.	1	0
Thuidiaceae	<i>Cyrto-hypnum sharpii</i> (H.A Crum) W.R. Buck & H.A. Crum	0	1
Thuidiaceae	<i>Thuidium delicatulum</i> (Hedw.) Schimp.	1	0

Además, Holz y Gradstein (2005), encontraron que la diversidad de musgos epífitos fue de 41 especies y la familia de mayor riqueza en los bosques estudiados fue Orthotrichaceae.

En comparación con el estudio realizado por Gil Novoa y Morales Puentes (2014), de los briófitos epífitos en *Quercus humboldtii* en Colombia donde encontraron 49 especies de musgos epífitos distribuidos en 26 géneros y 11 familias. Además, las familias con mayor número de especies encontradas por Gil Novoa y Morales Puentes (2014), fueron Dicranaceae con 15, Sematophyllaceae con 13 y Calymperaceae con nueve; mientras que los géneros más representativos fueron *Campylopus* con seis especies, *Syrrhopodon* con cinco, *Calymperes* y *Sematophyllum* con cuatro especies cada uno. Coincidiendo con nuestro estudio en que una de las familias mejor

representadas es *Sematophyllaceae* con el género *Sematophyllum* y difiere en que la familia con mayor riqueza en ambos bosques estudiados fue *Meteroriaceae*.

En el bosque conservado (Bosque A) se registraron 20 especies de musgos epífitos, mientras que en el bosque intervenido (Bosque B) 25 especies, por lo tanto hay mayor riqueza de especies en el bosque intervenido (Figura 7).

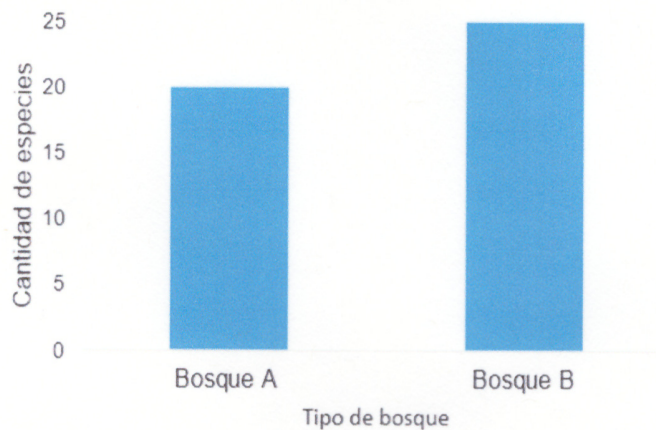


Figura 7. Riqueza de especies de musgos epífitos en dos tipos de bosques, bosque conservado (Bosque A) y bosque intervenido (Bosque B), Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.

De las 20 especies de musgos epífitos encontradas en el bosque conservado (Bosque A) 11 especies son exclusivas, es decir solo se encontraron en este bosque, a diferencia de 16 exclusivas de las 25 encontradas en el bosque intervenido (Bosque B), lo que indica que existen más especies exclusivas en el bosque intervenido y solo nueve especies se observan en ambos bosques.

Los índices de diversidad Shannon y Simpson reflejan una diversidad similar en ambos bosques, o levemente mayor en el bosque intervenido. En el bosque conservado $1-D=0.91$, $H'=2.68$; mientras que en el bosque intervenido se obtuvo $1-D=0.94$, $H'=2.98$, (Cuadro 2). Coincidiendo con una diversidad alta en ambos bosques estudiados a pesar de las diferencias en las condiciones ambientales de cada sitio.

Cuadro 2. Índices de diversidad Shannon Weaver y Simpson de musgos epífitos de dos tipos de bosque del Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.

Bosque	A	B
Riqueza	20	25
Cobertura	92	138
Simpson_1-D	0.9112	0.9405
Shannon_H	2.682	2.98

Los índices de diversidad de Shannon Weaver y Simpson mostraron que la diversidad es similar en ambos bosques, (Cuadro 2). El índice de diversidad de Shannon Weaver indicó que el árbol con mayor diversidad fue el #35, el cual se encuentra ubicado en el bosque B con un índice de 1.785, mientras que el de menor diversidad fue el #34 el cuál no presentó ninguna especie de musgo y se encuentra ubicado en este mismo bosque (Cuadro 3).

Cuadro 3. Índice de diversidad de Shannon Weaver (H') de musgos epífitos por árbol en dos tipos de bosque del Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.

Tipo de Bosque	Árbol	Riqueza	H'
Bosque A	1	3	0.8293
Bosque A	2	2	0.1327
Bosque A	3	8	1.621
Bosque A	4	5	1.313
Bosque A	5	5	0.5516
Bosque A	6	2	0.6649
Bosque A	7	5	1.209
Bosque A	8	6	1.385
Bosque A	9	5	0.7726
Bosque A	10	4	0.7389
Bosque A	11	6	1.633
Bosque A	12	4	0.8856
Bosque A	13	5	0.8065
Bosque A	14	6	0.998
Bosque A	15	6	0.3686
Bosque A	16	4	1.054
Bosque A	17	4	1.308
Bosque A	18	4	1.077
Bosque A	19	5	1.045
Bosque A	20	3	0.2771
Bosque B	21	2	0.4506
Bosque B	22	7	1.624
Bosque B	23	7	1.083

Bosque B	24	9	0.9181
Bosque B	25	13	1.435
Bosque B	26	9	1.204
Bosque B	27	11	1.393
Bosque B	28	10	0.7636
Bosque B	29	12	1.513
Bosque B	30	7	0.6902
Bosque B	31	3	0.9003
Bosque B	32	3	0.9949
Bosque B	33	6	0.89
Bosque B	34	1	0
Bosque B	35	9	1.785
Bosque B	36	10	1.335
Bosque B	37	6	1.269
Bosque B	38	4	0.656
Bosque B	39	4	0.6722
Bosque B	40	5	0.8662

En el bosque conservado (Bosque A) se estimó, por árbol, un número de especies que va desde 2 hasta 6, con un valor atípico por encima del límite superior, mientras que en el bosque intervenido (Bosque B) este rango es mayor y va desde 2 hasta 13 especies (Figura 8).

La riqueza y diversidad de especies de musgos encontrados reflejan similar o un leve aumento en el bosque intervenido en relación con el bosque conservado, lo que podría deberse a que se da un reemplazo de las especies de musgos epífitos en cada bosque, teniendo en cuenta que de las 36 especies encontradas

en los dos tipos de bosque 11 son exclusivas del bosque conservado y 16 exclusivas del bosque intervenido. También, puede estar relacionado con factores como: la altitud en la que se encuentra el bosque intervenido, la diversidad de árboles hospederos y la abundante nubosidad y precipitaciones del área, que provoca que los rangos en la temperatura y humedad sean muy variables; además, los bosques estudiados no se encuentran muy alejados uno del otro y podría darse una transición de las especies de un bosque a otro, por lo que se encontró que nueve del total de especies están presentes en ambos bosques (Nöske et al., 2008; González et al., 2017).

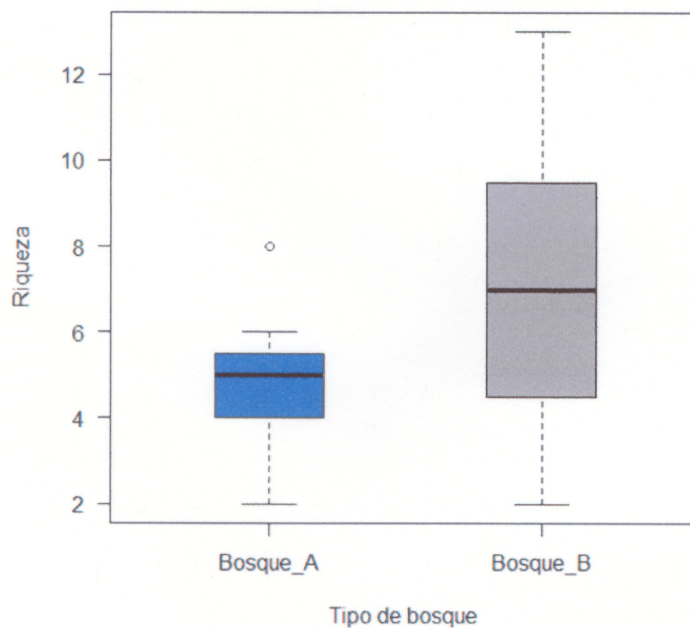


Figura 8. Riqueza estimada de musgos epífitos en dos tipos de bosques, bosque conservado (Bosque_A) y bosque intervenido (Bosque_B), ubicados en el Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.

En contraste, la diversidad de epífitas no vasculares (briofitos y líquenes) es mayor en bosques primarios que en bosques secundarios y esta disminución es afectada por la pérdida de hábitat y por la reducción del dosel (Gradstein, 2008). Sin embargo, más que una disminución se da un reemplazo o migración de las especies que están adaptadas para sobrevivir en bosques secundarios abiertos donde la incidencia de luz es mayor, mostrándose una interacción entre ambas formaciones vegetales (Holz y Gradstein, 2005; Benítez et al., 2012; Benítez et al., 2015).

Nöske et al., (2008) encontraron que la riqueza de especies de briófitas epífitas disminuyó significativamente del bosque maduro hacia la vegetación abierta y que esto se debe a que la respuesta de las especies a las perturbaciones está determinada por la disponibilidad de nichos y su flexibilidad ecológica, y además, esto puede variar considerablemente de un lugar a otro. Al igual que en los resultados del estudio realizado por Gil Novoa y Morales Puentes (2014), que indica que en bosques de *Quercus humboldtii*, la diversidad de briófitas epífitas con preferencia por ambientes sombríos es mayor, sin embargo encontraron que los musgos dominaron todos los estratos estudiados, demostrando la mayor tolerancia de este grupo a la variabilidad microclimática comparado con las hepáticas.

En concordancia con nuestros resultados Holz y Gradstein (2005), encontraron que la riqueza de especies de epífitas criptogámicas (musgos, hepáticas y líquenes) en bosque primarios y secundarios es prácticamente la misma, o incluso ligeramente mayor en los bosques secundarios, demostrando que no

necesariamente los bosques primarios son más diversos que los bosques secundarios.

3. EFECTOS DE LAS VARIABLES SOBRE LA RIQUEZA DE ESPECIES

El modelo lineal generalizado (GLM) mostró que de las variables: entrada de luz, humedad, pH de la corteza, tipo de bosque y diámetro del árbol (DAP) no tienen una influencia significativa sobre la riqueza de las comunidades de musgos epífitos en los dos tipos de bosque (Cuadro 4). De manera similar, Holz y Gradstein (2005), no encuentran un efecto del grado de perturbación sobre la riqueza de especies.

Cuadro 4. Resultados de los Modelos Lineales Generalizados (GLM) de las variables entrada de luz, humedad, pH de la corteza, tipo de bosque y diámetro del árbol (DAP) sobre la riqueza de especies de musgos epífitos de dos tipos de bosques del Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.

Factor	Estimador	Error	Z-valor	P-valor
Luz	-0.008146	0.009076	-0.898	0.369
Humedad	-0.022076	0.027672	-0.798	0.425
Ph	0.140853	0.105984	1.329	0.184
Bosque B	0.985424	0.817321	1.206	0.228
DBH	0.001075	0.006248	0.172	0.863

4. COMPOSICIÓN DE ESPECIES Y ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD

La ordenación del análisis de escalamiento multidimensional no métrico NMDS resultó en un patrón bidimensional y mostró una clara separación de los dos tipos de bosques (Figura 9).

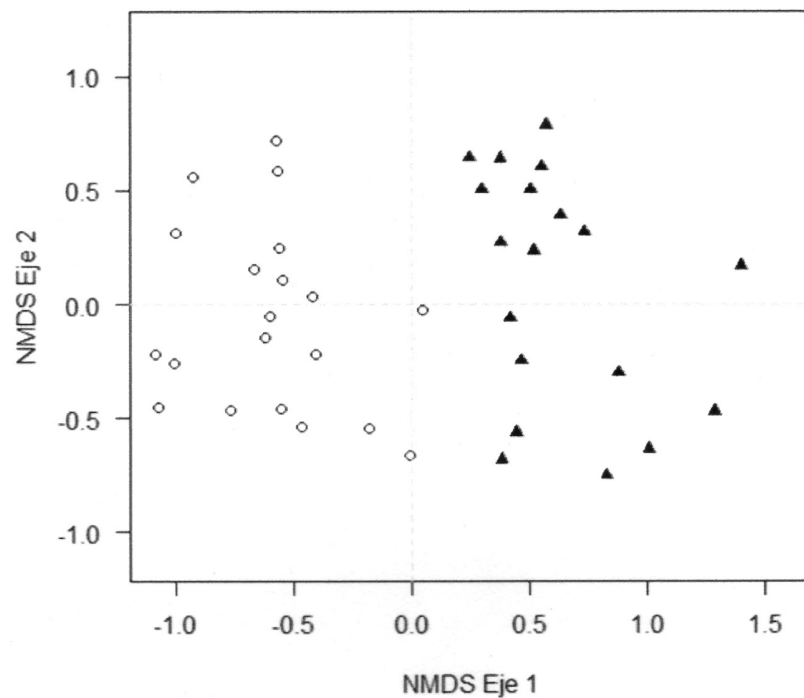


Figura 9. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de la composición de las especies de musgos epífitos de dos tipos de bosques del Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.

Corroborando el NMDS, el análisis de similitud ANOSIM estableció que existen diferencias significativas entre la composición de las comunidades de musgos epífitos de los dos tipos de bosques ($R_2 = 0.747$, $p=0.001$).

Algunos estudios sugieren que existen diferencias en la composición de las especies epífitas en bosques que presentan diferentes condiciones microclimáticas o que han sufrido deforestación (Holz y Gradstein, 2005; Nöske et al., 2008; Normann et al., 2010; Benítez et al., 2012; Benítez et al., 2015). Esta diferencia en la composición de especies resalta la importancia de la conservación de los bosques que no han sufrido alteraciones por efecto naturales y antropogénicos, los cuales se conoce siguen disminuyendo de forma alarmante en los trópicos.

Los resultados del análisis multivariante PERMANOVA, mostraron que la composición de musgos epífitos está influenciada por las variables tipo de bosque, que explica el 19 % de variabilidad en la composición de musgos epífitos, seguido del pH de la corteza, a diferencia de las variables, DAP, humedad y entrada de luz que no tuvieron influencia (Cuadro 5).

Las comunidades de musgos del bosque conservado estuvieron dominadas por los epífitos de sombra, por ejemplo *Prionodon*, *Porotrichodendron*, *Thuidium* y *Neckera*, a diferencia del bosque intervenido donde los epífitos de sol fueron dominantes como por ejemplo, *Macromitrium*, *Cryphaea*, *Daltonia*, *Streptopogon*, *Brachythecium* y *Groustiella*. Esta diferencia se debe a que algunos musgos están mejor adaptados a soportar condiciones de alta incidencia lumínica, de allí las diferencias en tonalidades rojizas (Holz y Gradstein, 2005).

Cuadro 5. Resultado del análisis multivariante PERMANOVA de las variables tipo de bosque, diámetro del árbol (DAP), humedad, entrada de luz y pH de la corteza sobre la composición de especies de musgos epífitos de dos tipos de bosque del Parque Nacional Volcán Barú, Paso Ancho, Chiriquí, Panamá.

Factor	Df	SS	MS	F-valor	R²	P-valor
Bosque	1	3.1052	3.10519	9.5665	0.19983	0.001
DAP	1	0.5076	0.50764	1.5639	0.03267	0.093
Humedad	1	0.2488	0.24881	0.7665	0.01601	0.72
Luz	1	0.3796	0.37962	1.1695	0.02443	0.283
Ph	1	0.5862	0.58621	1.806	0.03772	0.043
Error	33	10.7115	0.32459		0.68933	
Total	38	15.539			1	

Df=Grados de libertad, SS=Suma de cuadrados, MS=Cuadrados medios, F-valor=Estadístico F, R²=Coeficiente de determinación.

La composición de musgos epífitos es influenciada por el tipo de bosque y pH de la corteza, lo que coincide con estudios que señalan que estas características son determinantes, en diferente medida, para el establecimiento de epífitas y que existen diferencias en la estructura de las comunidades en bosques que presentan diferentes estructuras forestales y rangos en los factores microclimáticos. Además, responden a diferencias del pH de la corteza, un pH alcalino provocara una cobertura de especies más baja (Holz et al., 2002,

Gradstein et al., 2003, González et al., 2017). Pereira et al. (2014) demostraron que los briófitos tienen preferencia por el pH cercano a la neutralidad, a diferencia de otros grupos de criptógamas como los líquenes que prefieren un pH alcalino.

IV. CONCLUSIONES

Se registró un total de 36 especies de musgos epífitos, distribuidas en 31 géneros y 18 familias en los dos tipos de bosques estudiados.

Las familias con mayor riqueza de especies fueron Meteoriaceae con siete especies, Hypnaceae con cuatro y las familias Pottiaceae y Sematophyllaceae con tres especies cada una.

El bosque conservado presentó 20 especies, de las cuales 11 exclusivas y el bosque intervenido con 25 especies, 16 exclusivas.

Las variables entrada de luz, humedad, pH de la corteza, tipo de bosque y DAP no tuvieron influencia sobre la riqueza de las comunidades en ambos bosques.

Se comprobó que existen diferencias en la composición de las comunidades de musgos epífitos de los dos tipos de bosques y las variables que influyeron fueron el tipo de bosque y el pH de la corteza.

V. RECOMENDACIONES

Identificar las especies de los árboles hospederos para determinar la relación y preferencia que presentan los musgos asociados a ellos.

Analizar las características de la corteza de los árboles hospederos como una variable que está relacionada con la diversidad que presentan para conocer su influencia sobre las comunidades de musgos epífitos.

Analizar la estratificación vertical de musgos epífitos porque de esta forma se tendría una mejor perspectiva de cómo se distribuyen las especies de musgos sobre los hospederos y tomando en cuenta las diferencias en las condiciones microclimáticas de cada altura.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Acebey, C., Gradstein, S.R. y Krömer, T. (2003). Species richness and habitat diversification of bryophytes in submontane rain forest and fallows of Bolivia. *Journal of Tropical Ecology* 19, 9-18.
- Aldrich, M., Bubb P., Hostettler, S. y Van de Wiel H. (2000). Bosques nublados tropicales montanos. *Tiempo para la acción*. Cambridge, Inglaterra: WWF International/IUCN The World Conservation Union.
- Allen, B. (1994). Moss Flora of Central America. Part 1. Sphagnaceae-Calymperaceae. *Monographs in Systematic Botany from The Missouri Botanical Garden*, 49, 1-242.
- Allen, B. (2002). Moss Flora of Central America. Part 2. Encalyptaceae-Orthotrichaceae. *Monographs in Systematic Botany from The Missouri Botanical Garden*, 90, 1-669.
- Allen, B. (2010). Moss Flora of Central America. Part 3. Anomodontaceae-Symphodontaceae. *Monographs in Systematic Botany from The Missouri Botanical Garden*, 117, 1-731.
- ANAM. (2004). Plan de Manejo del Parque Nacional Volcán Barú. Elaborado por Consorcio ANCON – CEPESA, Chiriquí, Panamá. Autoridad Nacional del Ambiente, Proyecto Corredor Biológico Mesoamericano del Atlántico Panameño.

- Bates, J. (s.f.). Bark pH determination for the Bryophyte Habitats Survey. Recuperado de: <http://rbg-web2.rbge.org.uk/bbs/activities/brecog/brecog.html>.
- Benítez, A., Prieto, M., González, Y. y Aragón, G. (2012). Effects of tropical montane forest disturbance on epiphytic macrolichens. *Science of the Total Environment* 441,169-175.
- Benítez, Á., Prieto, M. y Aragón, G. (2015). Large trees and dense canopies: key factors for maintaining high epiphytic diversity on trunk bases (bryophytes and lichens) in tropical montane forests. *Forestry* 88, 521–527.
- Bridson, D. y Forman, L. (1992). *The herbarium Handbook*. Kew, Londres, U.K.: Royal Botanic Gardens.
- Bruijnzeel, L.A. y. Hamilton, L.S. (2000). Decision time for cloud forests. *IHP Humid Tropics Programme Series*. Paris, Francia. UNESCO 13, 1-40.
- Buck, W. R. (1998). *Pleurocarpous Mosses of the West Indies*. *Memoirs of the New York Botanical Garden Press*, New York, 82, 1-400.
- Caballero, E. (2016). *Inventario de hepáticas talosas del Sendero Culebra, Parque Internacional La Amistad, Los Naranjos, Boquete, Chiriquí (Tesis de Licenciatura en Biología)*. Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá.
- Candanedo, I. y Polanco, J. (2011). *Estudio de los valores ecológicos y sociales de la biodiversidad y los ecosistemas del Parque Nacional Volcán Barú*. Alianza España – PNUMA para la iniciativa LifeWeb. Recuperado de:

http://www.fundiccep.org/uploads/3/5/0/0/35003404/capitulo_i_y_ii_servicios_ambientales.pdf.

ales.pdf.

Cascante, C. y Valdés, E. (2005). Distribución altitudinal de musgos de la ladera oriental del Volcán Barú, provincia de Chiriquí, Panamá. Altitud 2300, 2800 y 3100 m.s.n.m. (Tesis de Licenciatura en Biología con especialización en Botánica). Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá.

Ceja Romero, J., Espejo Serna, A., López Ferrari, A., García Cruz, J., Mendoza Ruiz, A. y Pérez-García, B. (2008). Las plantas epífitas, su diversidad e importancia. *Ciencias* 91, 34-41.

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, Panamá.

Chaverri Polini, A. (1998). Las montañas, la diversidad biológica y su conservación. *Revista internacional de silvicultura e industrias forestales*, 49 (195) Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/w9300s/w9300s09.htm>.

Colwell, R. K. (2013). EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Recuperado de: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>.

De Almeida Campelo, M. J. (2005). Briófitas epífitas e epífilas de Floresta Atlántica, Pernambuco, Brasil (Tesis de Doctorado en Biología Vegetal). Universidad Federal de Pernambuco. Brasil.

Ellis, L. T., Aleffi, M., Alegro A., Segota, V., Asthana, A. K., Gupta, R.,... Stončius, D. (2016). New national and regional bryophyte records, 48, Journal of Bryology, 38 (3), 235-259. DOI: 10.1080/03736687.2016.1206685.

ETESA. (2016). Hidrometeorología. Recuperado de: <http://www.hidromet.com.pa/clima/historicos.php>.

Fossatti, I. (2014). Brioflora Corticícola del Sendero Panamá Verde en el Parque Internacional La Amistad, Nubes, Cerro Punta, Chiriquí. (Tesis de Licenciatura en Biología). Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá.

FUNDICCEP y ANCON. (2012). Demostrando el valor económico del Parque Nacional Volcán Barú. Estudio de los costos asociados con la pérdida de biodiversidad y la degradación de ecosistemas en el área protegida. Alianza España – PNUMA para la iniciativa LIFEWEB. Recuperado de: fundiccep.org/uploads/3/5/0/0/35003404/capitulo_iii_-_valoracion.pdf.

Gil Novoa, J. E. y & Morales Puentes, M. E. (2014). Estratificación vertical de briófitos epífitos encontrados en *Quercus humboldtii* (Fagaceae) de Boyacá, Colombia. Rev. Biol. Trop., 62 (2), 719-727.

- Glime, J. M. y Wagner, D. H. (2013). *Bryophyte Ecology*. Volume 3. Methods. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. Recuperado de: <http://www.bryoecol.mtu.edu/>.
- Goffinet, B., Buck, W. R. y Shaw, A. J. (2009). Morphology, anatomy, and classification of the Bryophyta. Edition 2, 55-138. In: Goffinet, B. y Shaw, A. J. (Eds). *Bryophyte Biology*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- 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 de Biología con especialización en Botánica). Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá.
- González, Y., Aragón, G., Benítez, A. y Prieto, M. (2017). Changes in soil cryptogamic communities in tropical Ecuadorean páramos. *Community Ecology* 18(1), 11-20. DOI: 10.1556/168.2017.18.1.2.
- Gradstein, S. R., Churchill, S. P. y Salazar Allen, N. (2001). Guide to the Bryophytes of Tropical America. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 86, 1-577.
- Gradstein, S. R., Nadkarni, N. M., Krömer, T., Holz, I. y Nözke, N. (2003). A protocol for rapid and representative sampling of vascular and non-vascular epiphyte diversity of tropical rain forests. *Selbyana* 24, 105-111.

- Gradstein, S. R. (2008). Epiphytes of tropical montane forests—impact of deforestation and climate change. In: Gradstein SR, Homeier J, Gansert D, editors. The tropical mountain forest. Patterns and processes in a biodiversity hotspot. Göttingen: University Press, 51–65.
- Gudiño Ledezma, J. y Salazar Allen, N. (2017). Morfología y distribución de *Dolortula mniifolia* y *Trachyphyllum dusenii* (Bryophyta) en Panamá. Bol. Soc. Argent. Bot. 52 (2), 331-340.
- 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, Panamá.
- Holz, I., Gradstein, S. R., Heinrichs, J. & Kappelle, M. (2002). Bryophyte Diversity, Microhabitat Differentiation, and Distribution of Life Forms in Costa Rican Upper Montane Quercus Forest. The Bryologist, 105 (3), 334-348.
- Holz, I., R y Gradstein, S. R. (2005). Cryptogamic epiphytes in primary and recovering upper montane oak forests of Costa Rica – species richness, community and ecology. Plant Ecology, 178, 89-109.
- Kessler, M. y Kluge, J. (2008). Diversity and endemism in tropical montane forests - from patterns to processes. En Gradstein, S. R., Homeier, J. y Gansert, D. (Eds.), The Tropical Mountain Forest: Biodiversity and

Ecology Series, 2, 35-40. Göttingen, Alemania: Universitätsverlag Göttingen.

Lemmon, P. (1957). A New Instrument for Measuring Forest Overstory Density. *Journal of Forestry*, 55, 667-668.

Magill, R. E. (2010). Moss diversity: New look at old numbers. *Phytotaxa* 9, 167-174.

Ministerio de Ambiente. (2013). Parque Nacional Volcán Barú. Recuperado de: <http://www.miambiente.gob.pa>.

Ministerio de Ambiente. (2016). Plan de uso público del Parque Nacional Volcán Barú. Recuperado de: https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/28075_A/GacetaNo_28075a_20160715.pdf.

Normann, F., Weigelt, P., Gehrig-Downie, C., Gradstein, S.R., Sipman, H., Obregon, A. y Bendix, J. (2010). Diversity and vertical distribution of epiphytic macrolichens in lowland rain forest and lowland cloud forest of French Guiana. *Ecological Indicators* 10, 1111-1118.

Nöske, N. M., Hilt, N., Werner, F. A., Brehm, G., Fiedler K., Sipman H. J. M. y Gradstein, S. R. (2008). Disturbance effects on diversity of epiphytes and moths in a montane forest in Ecuador. *Basic and Applied Ecology* 9, 4-12.

- Pereira, I., Müller, F. y Moya, M. (2014). Influence of Nothofagus bark pH on the lichen and bryophytes richness, Central Chile. *Gayana Bot.* 71 (1), 120-130.
- 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, Panamá.
- Proctor, M. (2011). Climatic Responses and Limits of Bryophytes: Comparisons and Contrasts with Vascular Plants. En Tuba, Z., N. Slack & L. Stark (Ed.), *Bryophyte Ecology and Climate Change* (pp.35-54). Cambridge, Estados Unidos de América: Cambridge University Press.
- R Core Team. (2013). R: A Language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Recuperado de: <http://www.r-project.org/>.
- Rincón, R., Rodríguez Quiel, E., Villarreal, R. y Martínez, I. (2015). Plantas Vasculares de la Cima del Volcán Barú. Chiriquí, Panamá: Sistema Integrado de Divulgación Científica UNACHI.
- Rodríguez Quiel, E., Arrocha C. y Salazar Allen, N. (2010). Utilización de *Thuidium delicatulum* (Hedw.) Mitt. como bioindicador de contaminación ambiental por zinc, cobre y plomo en Boquete, Provincia de Chiriquí, Panamá. *Tropical Bryology* 32, 14-18.

- Salazar Allen, N. (2011). El mundo de las plantas pequeñas, las briofitas. Panamá, Panamá: Editora Novo Art, S. A.
- Sporn, S. G., Bos, M. M., Kessler, M., y Gradstein. S. R (2010). Vertical distribution of epiphytic bryophytes in an Indonesian rainforest. *Biodivers. Conserv.*, 19, 745–760.
- Vanderpoorten, A. & B. Goffinet. (2009). Introduction to Bryophytes. Cambridge, Estados Unidos de América: Cambridge University Press.
- Wolf, J. (1995). Non-vascular epiphyte diversity patterns in the canopy of an upper montane rain forests (2550-3670m), Central Cordillera, Colombia. *Selbyana*, 16 (2), 185-195.
- Zepeda Gómez, C., Ávila Pérez, P., Díaz García, U., Martínez, Y. A., Zarazúa Ortega, G. y Amaya Chávez, A. (2014). Diversidad de musgos epifitos de la zona metropolitana del valle de Toluca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 108-124.

VII. ANEXOS

**LÁMINAS DE LAS ESPECIES DE MUSGOS EPÍFITOS DE LA LADERA
OCCIDENTAL DEL PARQUE NACIONAL VOLCÁN BARÚ, PASO ANCHO,
CHIRIQUÍ PANAMÁ**

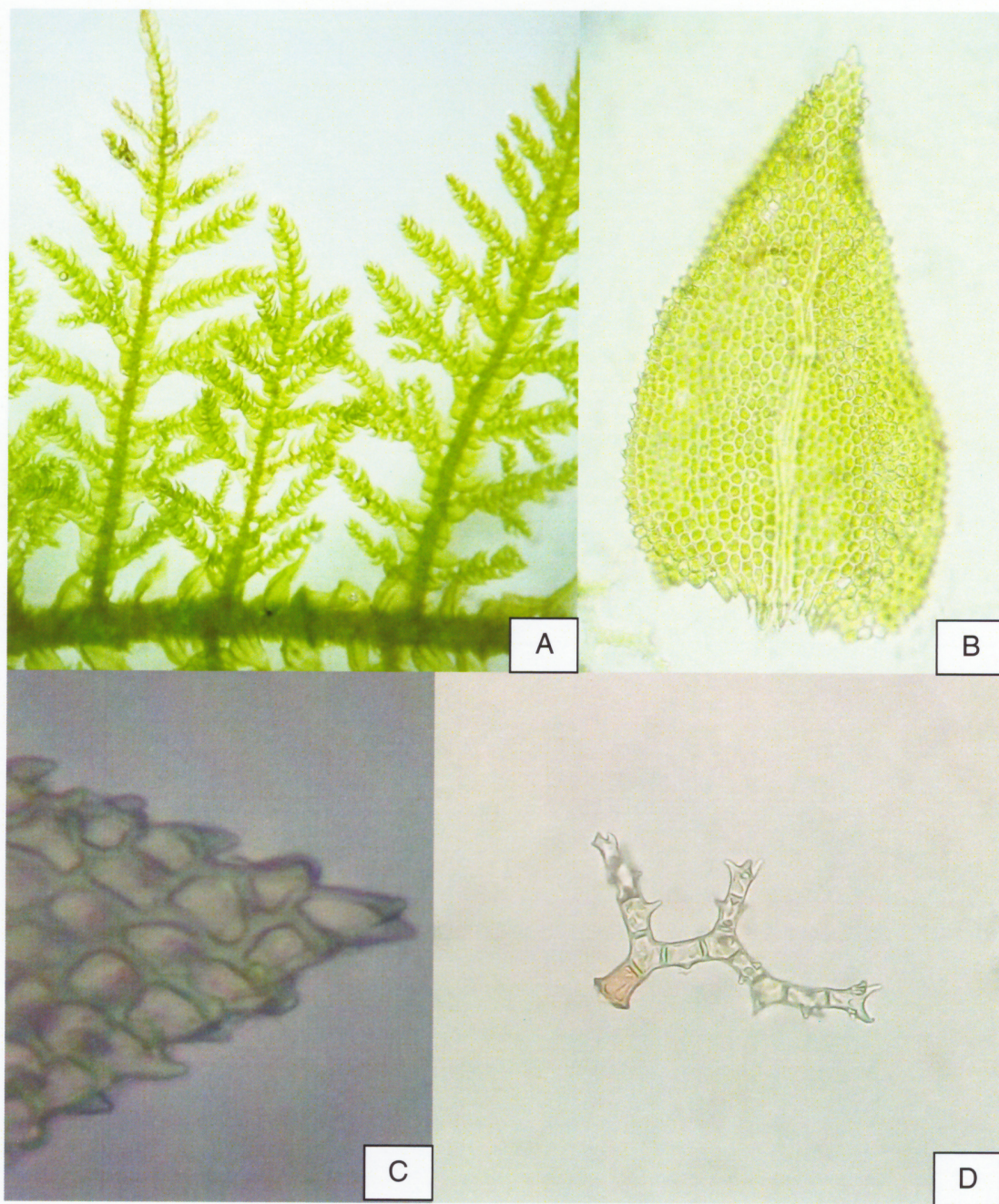


Figura 10. *Thuidium delicatulum* (Hedw.) Schimp. A. Hábito de crecimiento, B. Filoide (10x), C. Ápice del filoide con dos papilas (40x), D. Parafilos ramificados (10x).

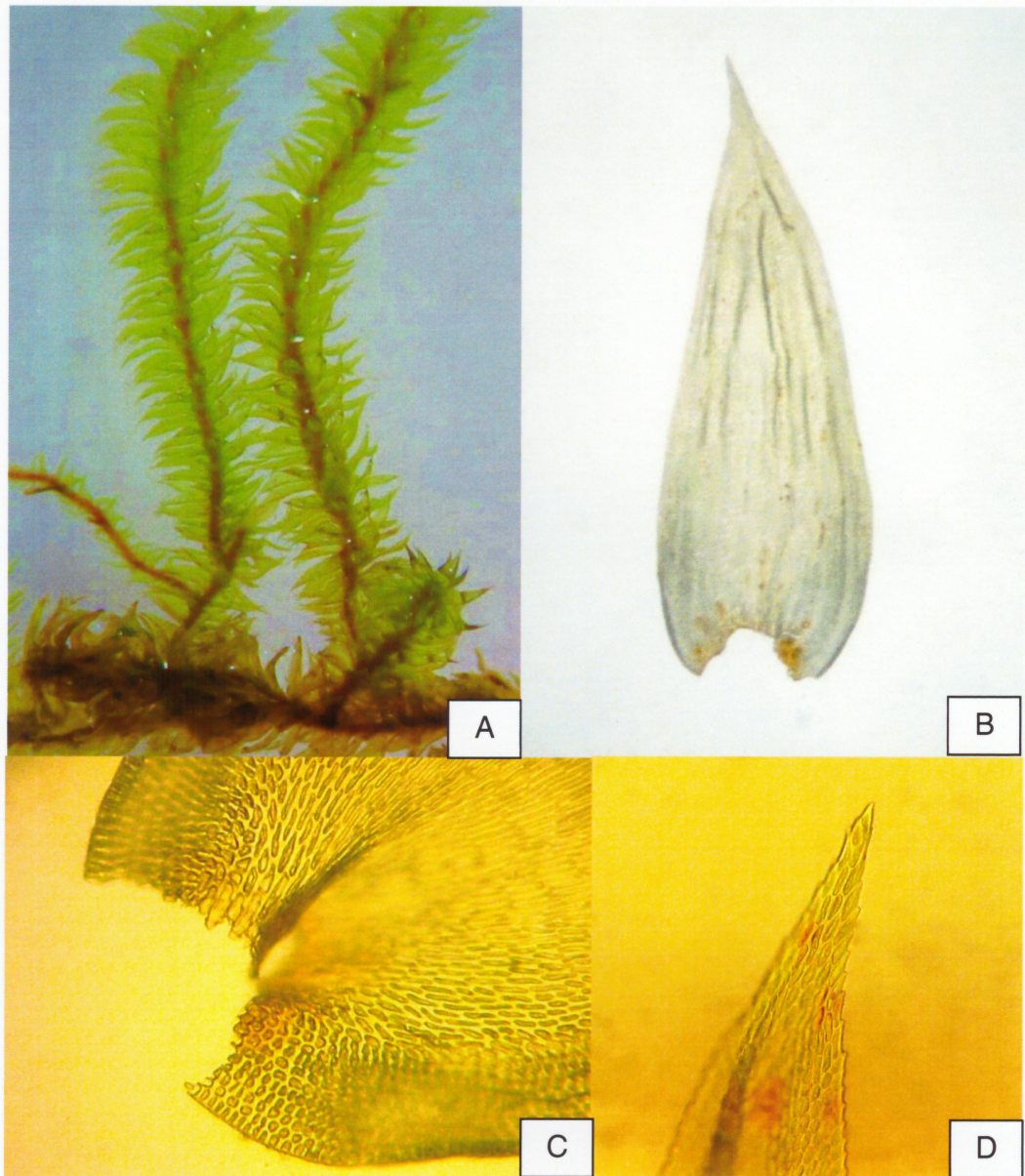


Figura 11. *Leucodon curvirostris* Hampe. A. Hábito de crecimiento, B. Filoide (4x), C. Células alares (10x), D. Ápice del filoide (10x).

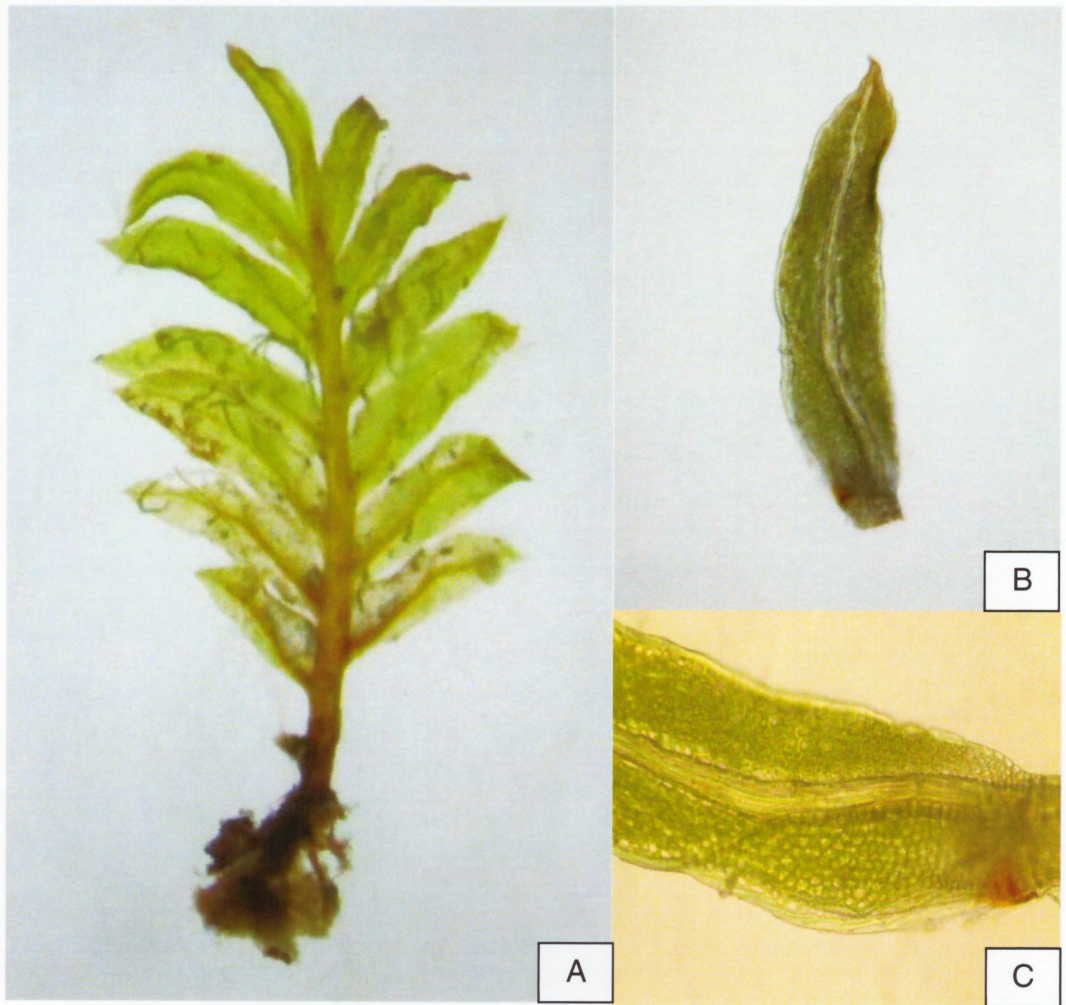


Figura 12. *Fissidens* sp. Hedw. A. Hábito de crecimiento (4x), B. Filoide con borde diferenciado (10x), C. Lámina vaginante con borde diferenciado (40x).

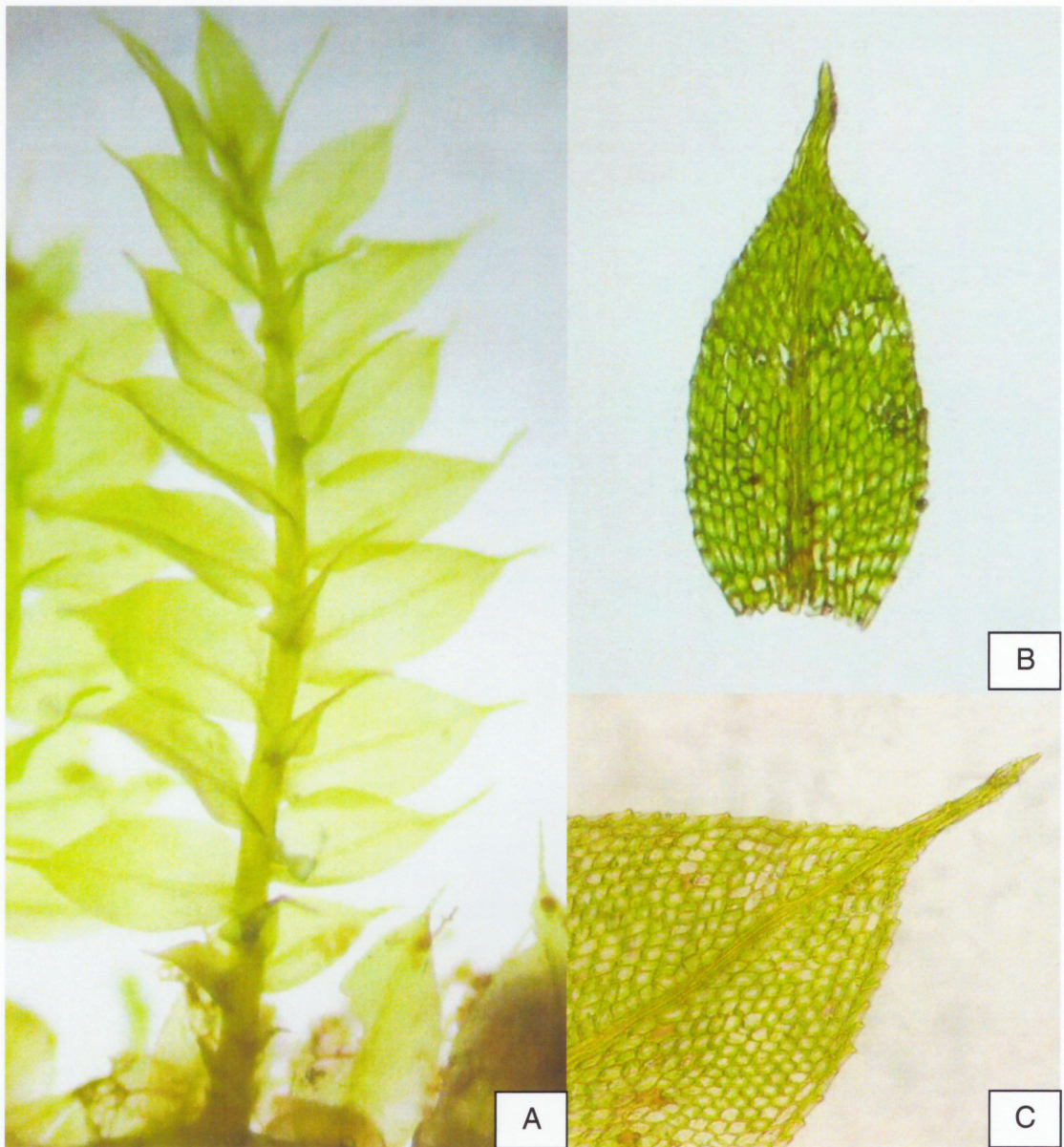


Figura 13. *Racopilum tomentosum* (Hedw.) Brid. Hábito de crecimiento, B. Filoide dorsal (10x), C. Costa excurrente del filoide lateral (40x).

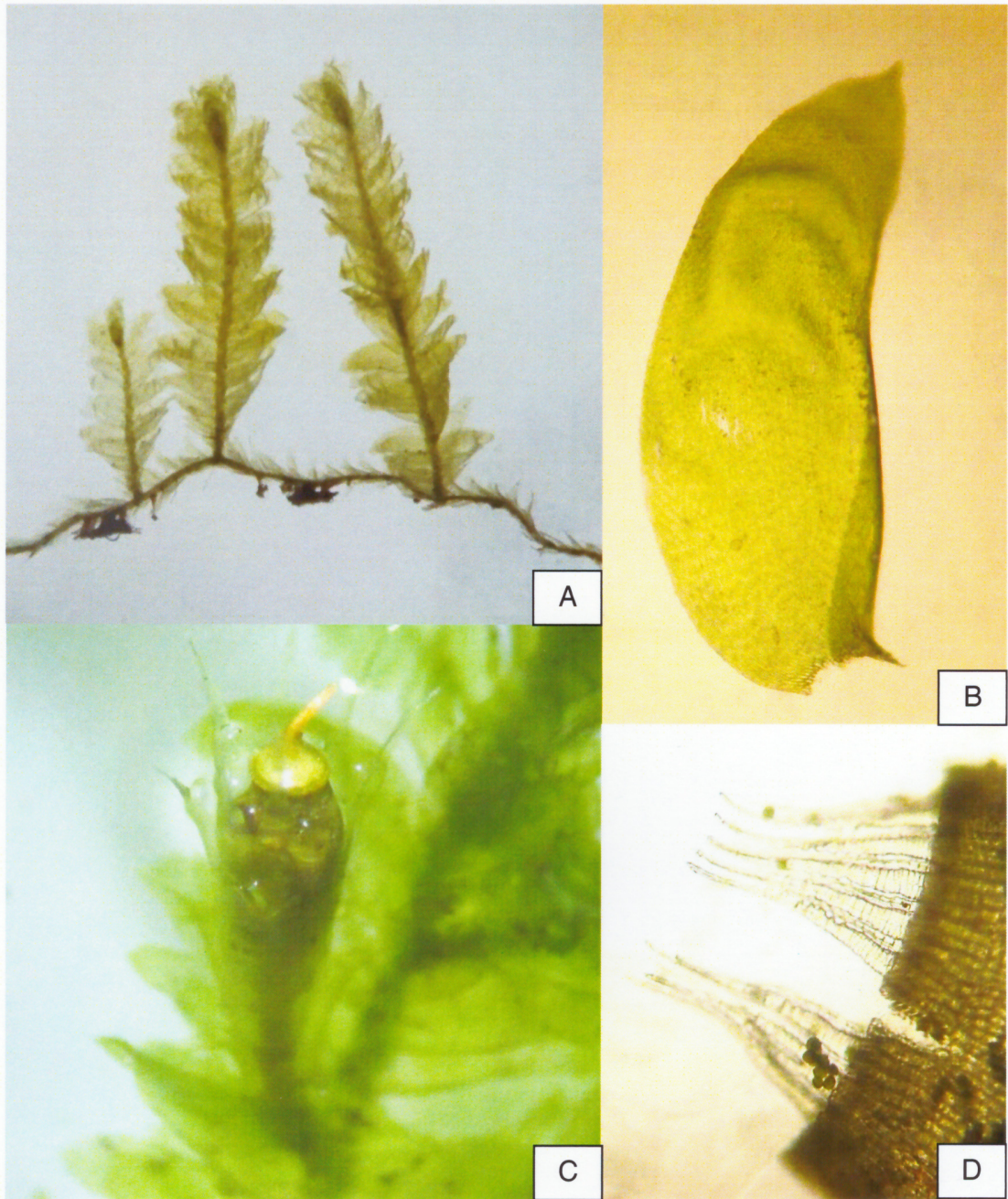


Figura 14. *Neckera ehrenbergii* Müll. Hal. A. Hábito de crecimiento, B. Filoide asimétrico (4x), C. Esporófito con cápsula inmersa, D. Dientes del peristoma (4x).

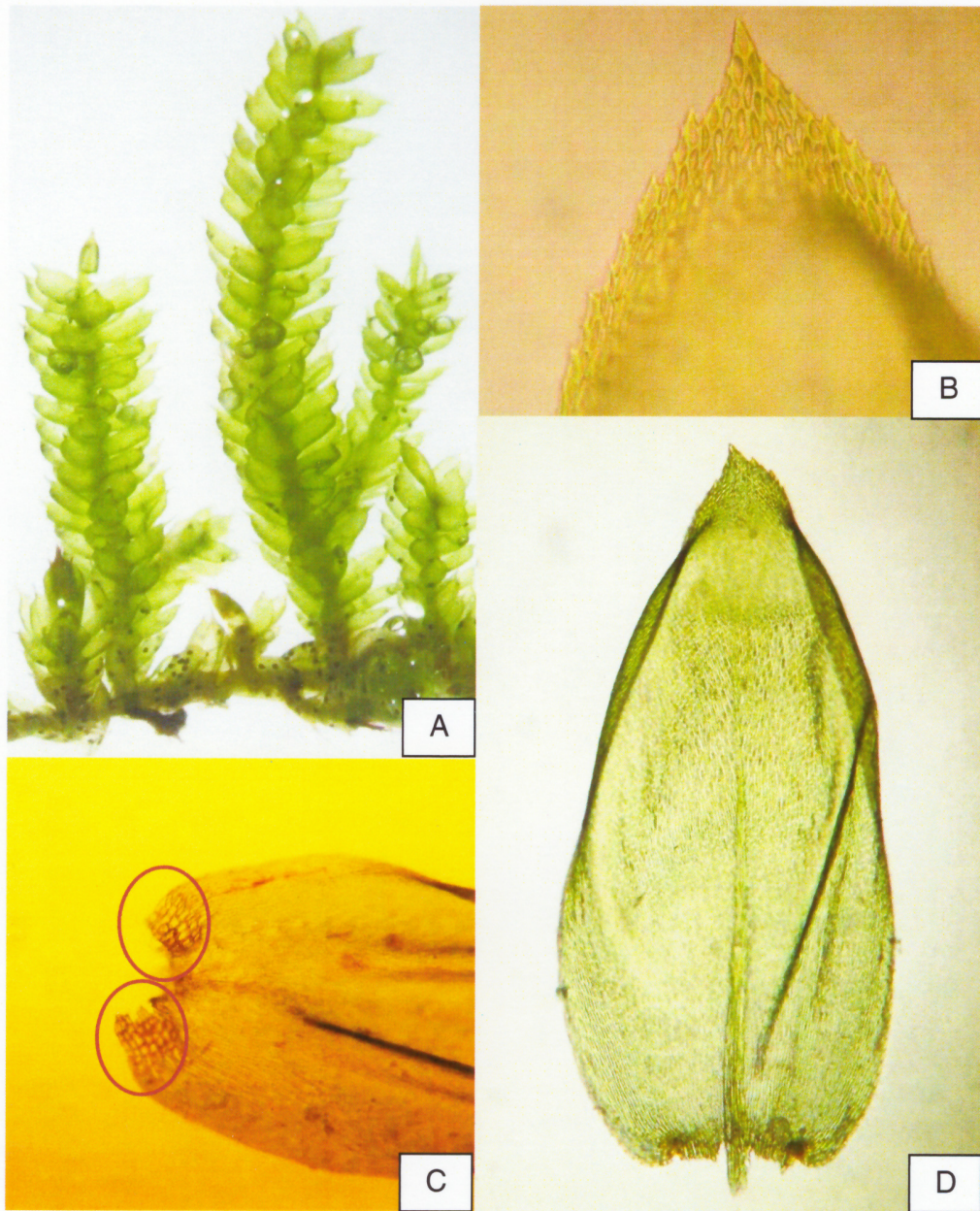


Figura 15. *Squamidium livens* (Shwägr.) Broth. A. Hábito de crecimiento, B. Ápice del filoide (10x), C. Base del filoide con células alares (10x), D. Filoide con costa (4x).

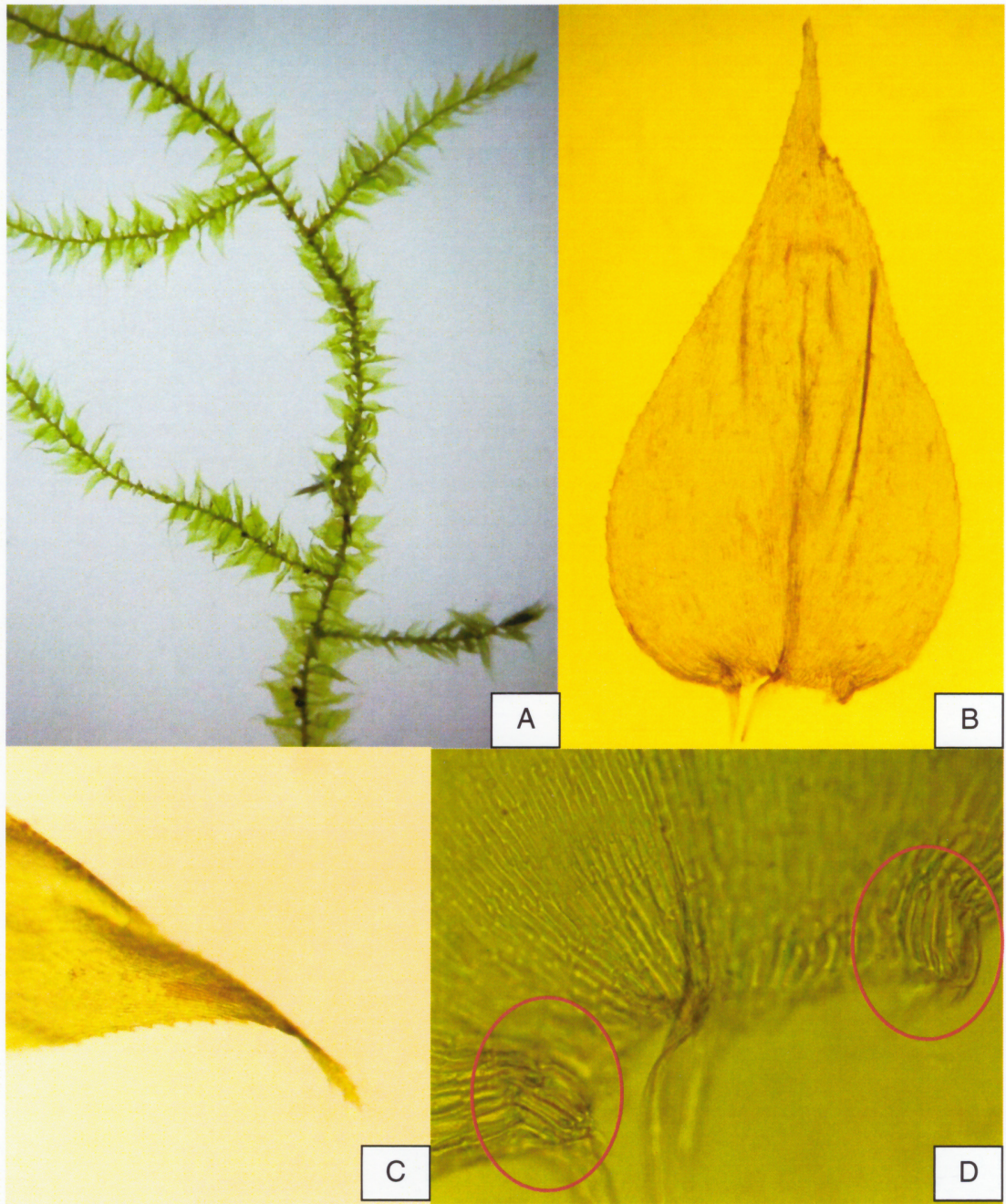


Figura 16. *Meteoridium remotifolium* (Müll. Hal.) Manuel. A. Hábito de crecimiento, B. Filoide (4x) C. Ápice del filoide (10x), D. Células alares (40x).

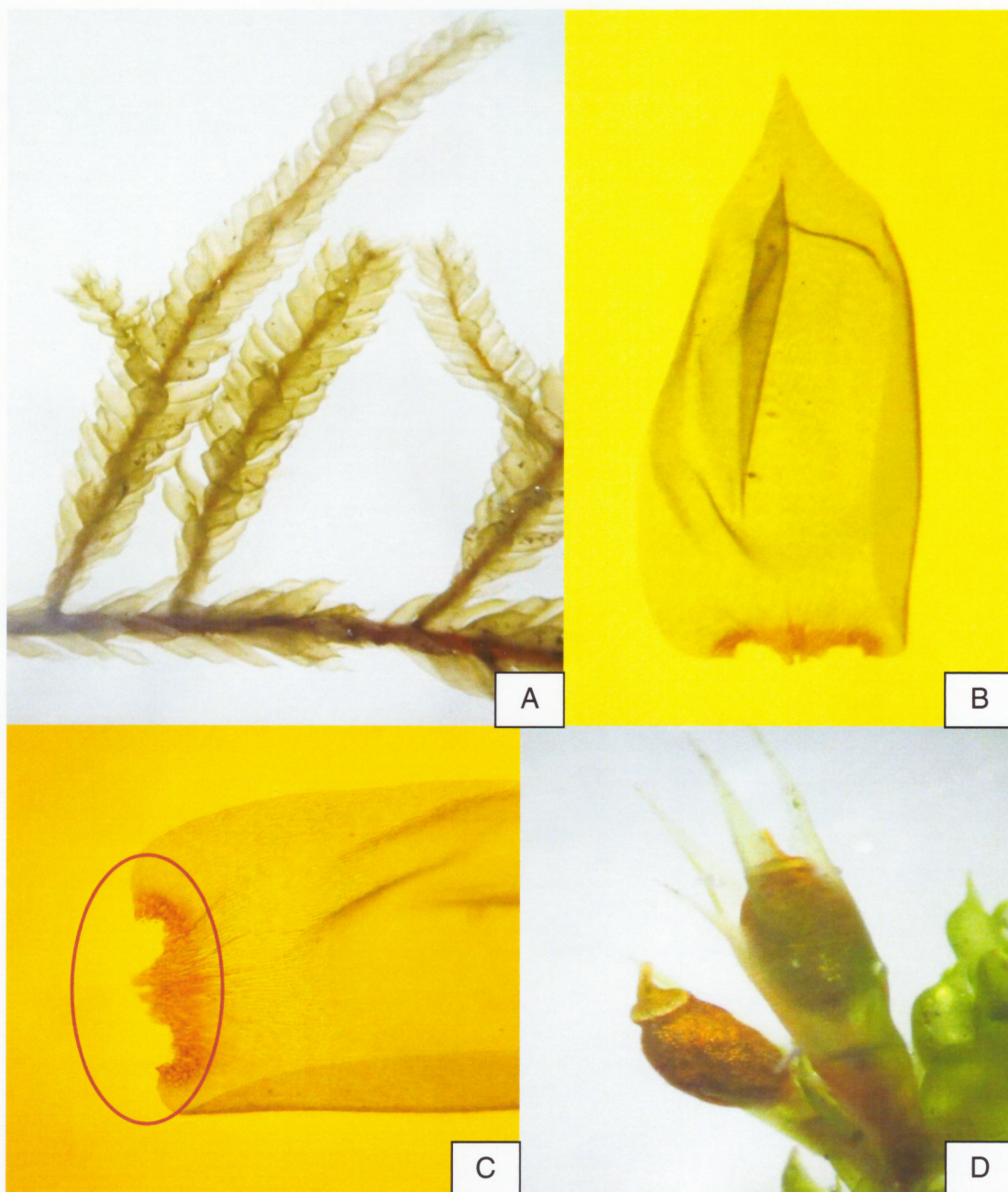


Figura 17. *Orthostichella versicolor* (Müll. Hal.) B.H. Allen & W.R. Buck. A. Hábito de crecimiento, B. Filoide (4X), C. Células alares (10x), D. Esporófito inmerso.

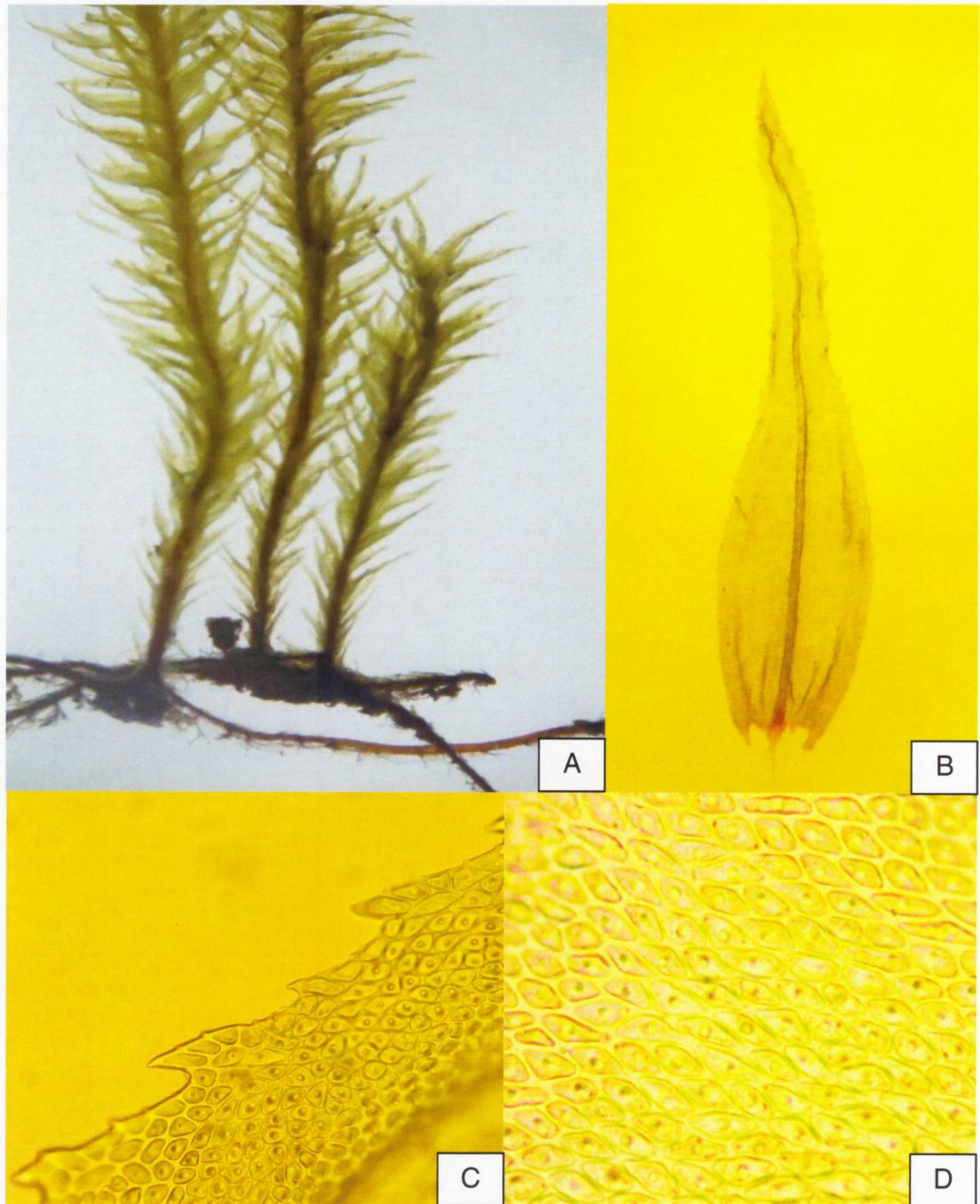


Figura 18. *Prionodon densus* (Sw. ex Hedw.) Müll. Hal. A. Hábito de crecimiento, B. Filoide (4x), C. Margen del filoide dentado (10x), D. Células papilosas (40x).

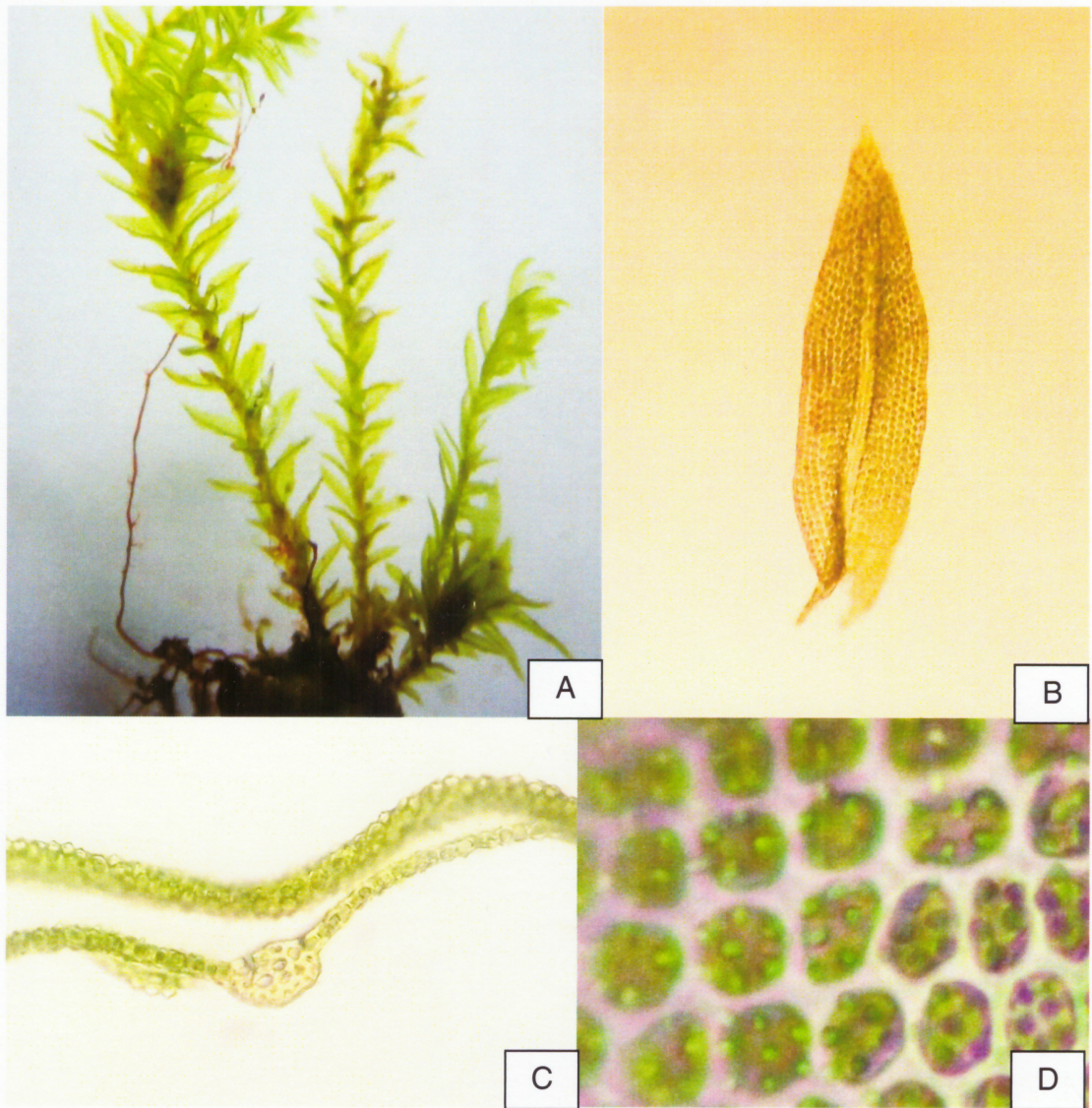


Figura 19. Pottiaceae. A. Hábito de crecimiento B. Filoide (10x), C. Corte transversal del filoide (40x), D. Células pluripapilosas (40x).