

CAPÍTULO 6

BOSQUES EN MINIATURA, LOS BRIÓFITOS DE CUPIAGUA Y AGUAZUL DEPARTAMENTO DE CASANARE



**DIEGO ANDRÉS MORENO-GAONA¹, JORGE ENRIQUE GIL-NOVOA¹,
MARÍA EUGENIA MORALES-PUENTES¹, PABLO ANDRÉS GIL-LEGUIZAMÓN¹**

¹ Grupo Sistemática Biológica (SisBio), Herbario UPTC, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

¿QUÉ ES UN BRIÓFITO?

La palabra "briófito" viene del lenguaje griego que significa plantas que se hinchan con la hidratación (Vanderpoorten & Goffinet, 2009). Entre ellos se encuentran a los musgos, las hepáticas y los antoceros; los briófitos, son considerados como uno de los grupos de plantas más diverso y más antiguos del planeta (Goffinet, Buck, & Shaw, 2008). Lograron adaptarse a diferentes ambientes, y se encuentran en lugares como, las cortezas de árboles, rocas, la materia en descomposición, suelo, sobre las hojas, y básicamente en cualquier lugar en el que encuentren las condiciones mínimas para sobrevivir (Frahm *et al.*, 2003).

Estas plantas se diferencian de las plantas vasculares porque son, organismos generalmente pequeños, usualmente sus colores son verdes, amarillos, dorados, verde oscuros hasta negros; tienen rizoides, hojas que en el caso de los briófitos se denominan "filidios", tallos (caulidios), entre otras características que se explican más adelante (Estébanez, *et al.* 2011). Estas plantas poseen una gran capacidad de captación de agua por absorción (por ejemplo, *Sphagnum* que puede absorber hasta 300 veces su peso en agua; Glime, 2007), lo que les permite retenerla y regularla, para ser utilizada en periodos de sequía y suministro en procesos vitales, dicha condición se denomina "poiquilohidria" (Hallingbäck & Hodgetts, 2000) (Figura 1).

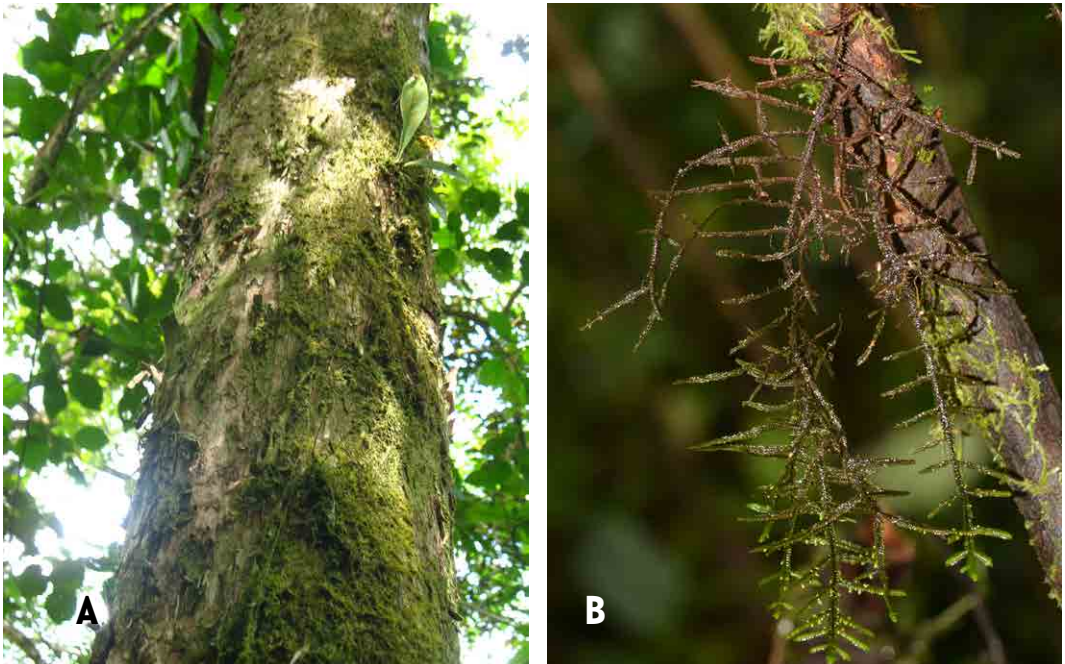


Figura 1. Vista general de musgos creciendo en el bosque donde conservan agua. **A.** Briófitos sobre tronco de árbol; **B.** Briófitos sobre ramas.

¿QUÉ ES UN MUSGO?

Los hay en tamaño pequeño hasta muy grandes, de colores verde claro, verde oscuro, amarillos, dorados hasta negros, poco a muy ramificados, presentan variaciones en la disposición de sus hojas, organizadas de forma dística (hojas en dos hileras) o de forma espiral (más de dos filas de hojas alrededor del tallo). Algunas hojas presentan un nervio central (costa), que puede ser simple, corto, largo, bifurcado o estar ausente. El borde de las hojas puede ser también muy variable, por ejemplo: entero, serrulado, dentado o liso; y las células que conforman la hoja, pueden ser lisas o papilosas (pequeñas protuberancias sobre las células), además estas presentan una gran variedad de formas desde cuadradas, pasando por redondas, rómbicas, lineales, ovales, entre otras (Estébanez *et al.*, 2011; Calzadilla & Churchill, 2014) (Figura 2).



Figura 2. Musgo creciendo en el bosque.

Los musgos presentan tres formas de crecimientos, así (Calzadilla & Churchill, 2014) (Figura 3):

1) **Pleurocárpicos**, estructura reproductiva o esporófito, sale lateralmente de la planta, y su crecimiento generalmente es rastrero o inclinado al sustrato sobre el cual crece;

2) **Acrocárpicos**, el esporófito sale de la parte superior de la planta y su crecimiento es erecto y solitario;

3) **Cladocárpicos**, son una variación de la forma pleurocárpica, en la cual nace en la punta de una rama lateral.



Figura 3. Formas de crecimiento en los musgos. **A.** Musgo pleurocárpico; **B.** Musgo acrocárpico; **C.** Musgo cladocárpico.

El esporófito consiste en un **pie** (punto de fijación al gametofito), una **seta** (pedúnculo que facilita la diseminación de las esporas contenidas en la cápsula

que está sostenida por la seta) y una **cápsula**, que es básicamente una urna que contiene las esporas (Estébanez *et al.*, 2011; Calzadilla & Churchill, 2014).

¿QUÉ ES UNA HEPÁTICA?

Son plantas de tamaños pequeños, desde 1 cm hasta aproximadamente 20 cm; presentan gran variedad de colores, en las formas de las hojas, la forma de células, la forma del anfigastro, cuenta con dientes en sus hojas y rizoides, pero a diferencia de los musgos, la mayoría no presentan costa o nervio

central o medio. El nombre de hepática se debe a la forma de sus hojas, arriñonadas o en forma de hígado. Existen dos tipos, de acuerdo con la forma de crecimiento (Estébanez *et al.*, 2011; Goffinet *et al.*, 2008) (Figuras 4 y 5):



Figura 4. Hepática talosa, donde se destaca el esporofito con la seta verde hialina y la cápsula elongada que se abre en valvas.

- a) **Hepáticas foliosas**, generalmente se presenta en dos filas de hojas, a cada lado del tallo, además presentan un lobo, que es un pliegue en la parte baja de la hoja, y una tercera hoja en el medio de las dos principales, sobre el tallo o caulidio, conocidas como anfigastro.
- b) **Hepáticas talosas**, generalmente son cintas simples o en forma de lámina o talo poco ramificadas, presentan rizoides, escamas, poros, yemas masculinas y femeninas y variación en su estratificación celular interna (Estébanez *et al.*, 2011; Goffinet *et al.*, 2008).



Figura 5. Formas de crecimiento en las hepáticas. **A.** Hepática foliosa; **B.** Hepática talosa.

El esporófito, está constituido por pie, seta y cápsula, la cual hasta su madurez está protegida por una estructura en forma de cápsula llamada perianto, perigonio o marsupio, en hepáticas foliosas, mientras que para las talosas se presentan un involucro o un falso perianto. En este último caso, la cápsula al madurar se abrirá en cuatro partes (Calzadilla & Churchill, 2014; Gradstein *et al.*, 2001).

¿QUÉ ES UN ANTOCERO?

Es el grupo menos conocido de los briófitos; presenta un talo similar a las hepáticas talosas complejas, de color oscuro, las células presentan un solo pirenoide (estructuras internas de las células). Se diferencia de las hepáticas talosas porque su esporófito cuando madura, no se abre en cuatro partes, sino en dos, como láminas delgadas. Se diferencia de musgos y hepáticas, porque el esporófito no posee una seta definida, y en la parte final se divide solo en dos valvas. (Estébanez *et al.*, 2011; Gradstein *et al.*, 2001).

EVOLUCIÓN Y TAXONOMÍA

Los briófitos, hace aproximadamente, 470 millones de años evolucionaron de las algas verdes (Carofitas), ancestro común de las plantas terrestres, denominadas embriofitas (Cox *et al.*, 2010). Este grupo se originó en el Ordovícico medio, y su diversificación ocurrió durante el Ordovícico tardío (Bateman *et al.*, 1998; Goffinet *et al.*, 2008). En términos evolutivos, los briófitos son plantas que muestran la transición de las acuáticas a las terrestres, mediante diferentes adaptaciones morfológicas, fisiológicas y de ciclo de vida (Cox *et al.*, 2010).

Las plantas terrestres están bien soportadas para ser consideradas un grupo monofilético (con un solo ancestro), tanto por datos morfológicos como moleculares (colocar cita); sin embargo, en los briófitos, la sistemática no es completamente clara, pero todo parece indicar que, al igual que sus predecesores, forman

un grupo monofilético, siendo los antoceros los más basales y los musgos, el grupo más reciente (Puttick, et al. 2018).

En cuanto a las hepáticas, el ancestro común corresponde a las hepáticas talosas (Crandall-Stotler, Stotler & Long, 2009), mientras que en las hepáticas foliosas son más recientes. En cuanto a musgos, el grupo basal corresponde a musgos acrocárpicos (De Luna, Newton, Withey, González & Mishler, 1999), debido a sus estructuras más sencillas, dejando a los pleurocárpicos como el grupo más reciente, por sus estructuras más complejas principalmente por las

características de su esporófito (Buck, Cox, Shaw & Goffinet, 2004; Shaw, Cox, Goffinet, Buck & Boles, 2004; Vanderpoorten & Goffinet, 2009).

Los primeros sistemas de clasificación de briófitos estaban basados en características morfológicas como la forma del esporófito, peristoma y sexualidad; posteriormente, dichos sistemas de clasificación, han ido cambiando y han contemplado atributos como los celulares. Actualmente, las clasificaciones se siguen basando en las características morfológicas e incorporan datos moleculares (Cox et al., 2010; Crandall-Stotler et al., 2009; Villareal et al., 2010).

DIVERSIDAD DE BRIÓFITOS

La diversidad de plantas es una de las mayores riquezas y fuente incalculable de biodiversidad para los seres humanos, ya que de esta se obtiene beneficios (Aguirre, 2008; Aguirre & Ruiz, 2001). Para 2010 se registran cerca de 8.500 especies de hepáticas (von Korat et al., 2010); mientras que para musgos 12.500 (Cox, Goffinet, Wickett, Boles, & Shaw, 2010) y antoceros 250 (Villareal, Cargill, Hagborg, Söderstrom & Renzaglia, 2010). En Colombia, se han registrado cerca de 2.000 especies, principalmente porque esta región cuenta con una gran variedad de ecosistemas para el establecimiento de estos organismos, gracias, a las condiciones ambientales óptimas como humedad, temperatura, sombra, entre otras (Frahm et al., 2003; Gradstein et al., 2001, Linares & Uribe 2002). De igual forma, se resalta que esta zona cuenta con

el mayor número de especies únicas o endémicas del mundo, con cerca del 8% de hepáticas y 68% de musgos (Vanderpoorten & Goffinet, 2009).

En Colombia se calculan aproximadamente 1.647 especies de briófitos, 932 musgos (Bernal, Gradstein & Celis, 2015), 715 hepáticas (Gradstein, 2016), y 15 antoceros (Gradstein, 2018). En el departamento de Casanare existen 113 especies de briófitos, distribuidas en 64 hepáticas y 49 musgos, siendo este uno de los departamentos que hasta el momento ha mostrado un menor número de especies (Bernal et al., 2015). Lo anterior se debe, posiblemente, a que continúa siendo una de las zonas del país, más pobremente muestreadas, y por lo tanto se requiere un mayor número de estudios taxonómicos, como el presente, ya que se convierte en pionero para esta región.

ECOLOGÍA

Los briófitos se encuentran desde las zonas muy frías como son los polos, hasta zonas muy cálidas, los bosques tropicales. Estas plantas cumplen un rol importante en la regulación del agua, acumulación de biomasa, colonización de nuevos hábitats, fijación de carbono, interacción con otros organismos, son también indicadores de la calidad del aire y del

estado de un bosque, entre otros atributos (Churchill & Linares, 1995; Hallingbäck & Hodgetts, 2000). Intervienen activamente en la producción y acumulación de hojarasca, también en la fijación de grandes cantidades de nitrógeno, absorción de metales pesados, en la fijación de carbón, en los

procesos de colonización, estabilizan el suelo para el establecimiento por plantas vasculares (Tuba, Slack & Stark, 2011).

Así mismo, si este presenta algún grado de intervención, esto se ve reflejado directamente sobre los briófitos, afectando desde su desarrollo normal, hasta la desaparición de ciertas especies sensibles. (Hallingbäck & Hodgetts, 2000).

Igualmente, los briófitos tienen la capacidad de embeber considerables cantidades de agua, provenientes de la humedad ambiental y de la escorrentía después de la lluvia, por lo que juegan un papel importante en la captación, retención y distribución del agua. Otra característica sorprendente de estas plantas es que, en los periodos de sequía, su actividad fisiológica disminuye para reducir el consumo de agua y otros nutrientes (Hallingbäck & Hodgetts, 2000; Gradstein *et al.*, 2001).

CONSERVACIÓN

Los constantes cambios a los que se han vistos sometidos los briófitos por la pérdida y transformación de los bosques han llevado a pensar, ¿cómo se puede hacer para conservar y proteger estas plantas?; por el cuestionamiento anterior, – primero, hay que definir qué es la conservación y en qué consiste; tal disciplina surge como respuesta al aumento de la pérdida de la biodiversidad que se presenta actualmente, tiene como fin tomar medidas para mitigar, controlar y evitar la pérdida de la biodiversidad en determinada área, para establecer la necesidad de conservar una especie en peligro, para este objetivo se siguen los parámetros de Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2010) para darle una de las siete categorías, teniendo en cuenta los siguientes pasos (Hallingbäck & Hodgetts, 2000; Gradstein *et al.*, 2001; Vanderpoorten & Goffnet, 2009):

1. Registro de la distribución de la especie;
2. Evaluar su población y riesgos de desaparecer;
3. Proponer un programa de conservación;
4. Ejecución del programa, y
5. Evaluar la efectividad del programa.

Según cifras del SiB Colombia, se cuenta con un estimado de 93 especies de briófitos en algún grado de amenaza para el país, de las cuales 80 están en una categoría Vulnerable (Vu), ocho en peligro Crítico (CR) y cinco en Peligro (EN) (SiB Colombia, 2018).

La conservación de flora es un asunto que cada vez fija más el interés, no solo de investigadores, sino de la comunidad en general. A nivel mundial, el estudio de conservación de briófitos se ha dirigido a la realización de cultivos *in vitro* (Sarasán *et al.*, 2006; Rowntree, 2006; Aguirre & Rangel, 2007; Avendaño & Aguirre, 2007; Rowntree, Pressel, Ramsay, Sabovljevic & Sabovljevic, 2011), mientras que *ex situ*, son pocas las investigaciones al respecto (Rowntree & Ramsay, 2005).

UTILIDAD

Aunque aparentemente, los briófitos no tienen uso, su utilidad se extiende a una amplia variedad de servicios. Tradicionalmente, en países como Japón son manejados con fines de horticultura (Hallingbäck & Hodgetts, 2000); también tienen provecho en la industria de los combustibles en países como, Finlandia, Alemania, Irlanda, Polonia, Rusia y Suecia, según lo explica Glime (2007), la industria hace uso de la turbera con cerca de la mitad de la producción anual. Se estima que todas las turberas del mundo son equivalentes hasta 200 millones de toneladas de petróleo; del mismo modo, musgos como *Sphagnum*, han sido usados en la industria textil, desde principios del siglo XX como apósitos quirúrgicos por parte del ejército británico, así también empleado como medicina natural.

MÉTODO DE MUESTREO

Se llevó a cabo la recolecta de briófitos siguiendo la metodología propuesta por Holz, Gradstein, Heinrichs & Kappelle (2002), la cual consiste en un muestreo general de manera aleatoria, con la realización de levantamientos en todos los sustratos disponibles, como: corteza, tronco en descomposición, roca, raíz aflorante, suelo y hojas de árboles, para lo que se delimitaron ocho parcelas de 20x50 m, establecidas en dos bosques, denominados El Triunfo y El Englobe y situados en el municipio de Aguazul, Casanare. De igual forma, se establecieron las diferentes formas de crecimiento (péndula, cojín, tapete, mata, etc.) a partir de la propuesta de Calzadilla y Churchill (2014), y Gimingham y Birse (1957).

El proceso de determinación de especies se llevó a cabo en el Herbario UPTC, mediante el uso de equipos ópticos, tales como microscopios, estereoscopios y cámara digitales asociadas a estos, igualmente poder establecer las especies se procesaron con apoyo de bibliografía especializada con claves especializadas (Churchill & Linares, 1995; Gradstein et al., 2001, entre otros) y colaboración de especialistas para algunos grupos. La colección de material se incluyó en el Herbario UPTC, en el caso de los musgos bajo el sistema de clasificación propuesto por Goffinet, Buck & Shaw (2009) y para hepáticas según Schuster (1984) con modificaciones (Figura 6). Para ello, se elaboraron sobres doblados que tienen incluidas las etiquetas bajo modelo previamente establecido, así también la designación de un número de herbario para su inclusión (Figura 7).

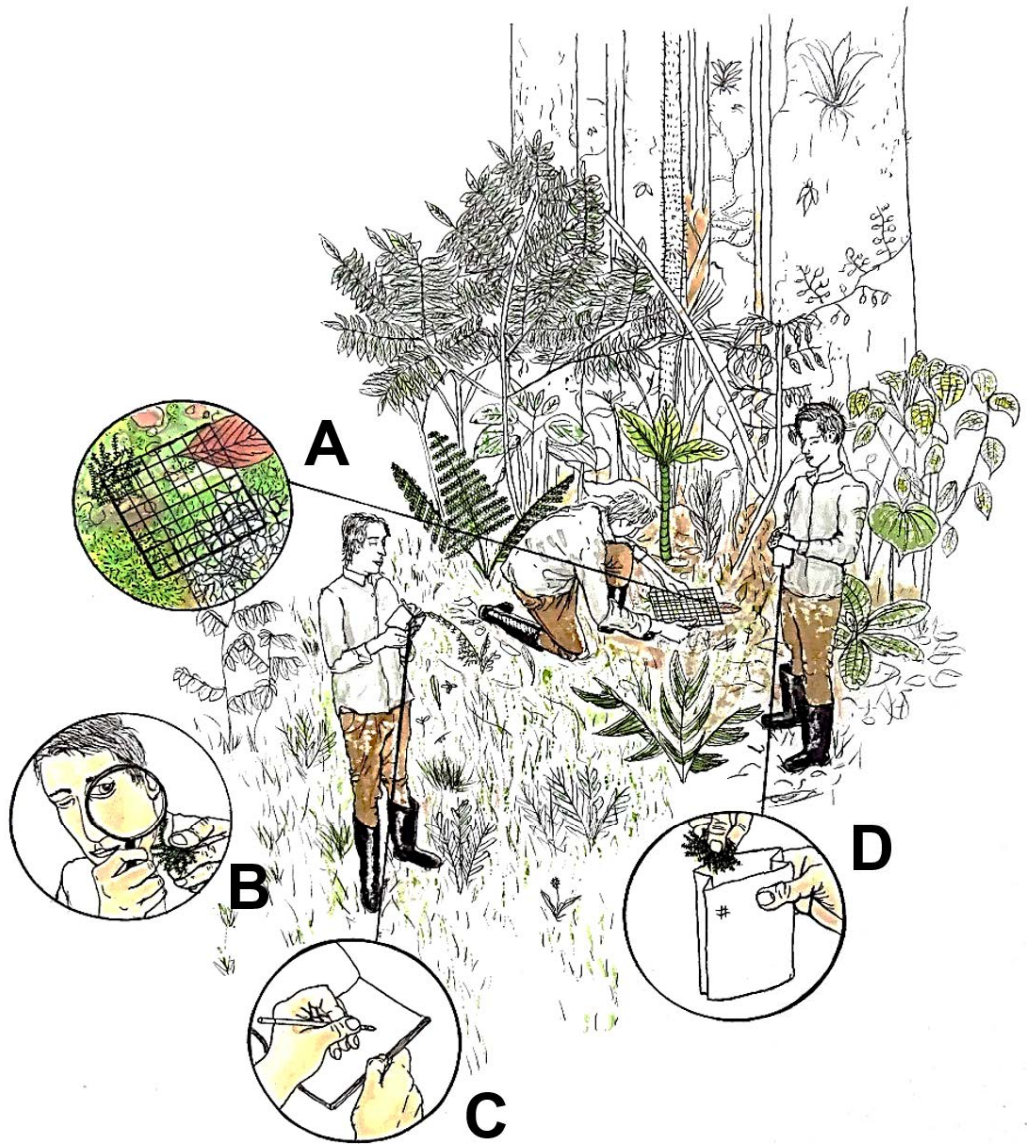


Figura 6. Muestreo de briófitos en el campo. **A.** Toma de las muestras a partir de una plantilla cuadrícula para establecer la cobertura de la muestra; **B.** Observación de los briófitos a través de lupa; **C.** Toma de datos de campo para cada una de las muestras tomadas; **D.** Muestras depositadas en bolsas de papel para llevar al laboratorio (imagen del Convenio 5211740 Uptc-Ecopetrol 2012-2019).



Figura 7. Proceso curatorial en el Herbario UPTC de ejemplares de briófitos. **A.** Observaciones de ejemplares a través de equipos ópticos; **B.** Revisión de muestras en el Herbario; **C.** Muestras en sobres de herbario con etiquetas para ser incluidas en el herbario; **D.** Designación de un número para la inclusión en la colección de referencia.

RESULTADOS

Dentro de los resultados sobresalientes de este estudio, se hallaron, 393 muestras, distribuidas en 25 familias, 57 géneros y 96 especies de briófitos. Siendo las hepáticas el grupo que presenta la mayor cantidad de especies (45), reunidas en ocho familias y 24 géneros; mientras que, para los musgos, fueron halladas 43 especies, organizados en 17 familias y 33 géneros. El tercer grupo de briófitos que son los antoceros, no fueron encontrados, debido posiblemente a que la zona de estudio no presenta las condiciones adecuadas para que estos organismos se establezcan y desarrollen (Figura 8).

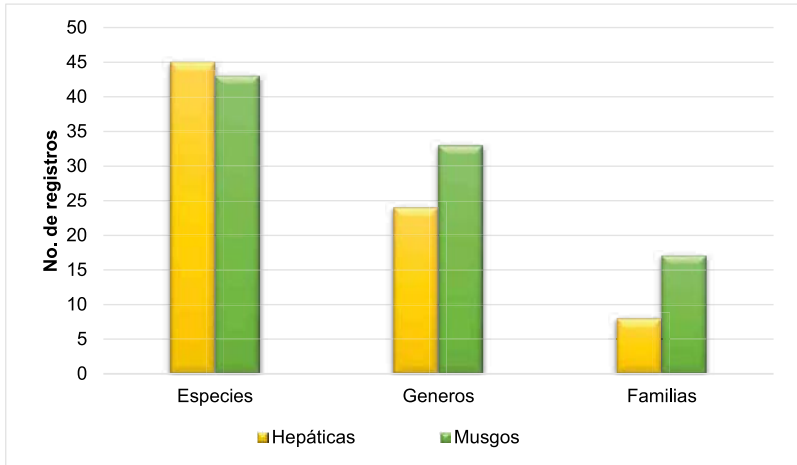


Figura 8. Musgos y hepáticas encontrados en los bosques El Triunfo y El Englobe, en Cupiagua y Aguazul del departamento de Casanare.

Las familias de briófitos más representativas son, Lejeuneaceae con 27 especies seguido por Plagiochilaceae, Sematophyllaceae e Hypnaceae cada una con seis especies. En ese orden se encuentran Pilotrichaceae y Frullaniaceae con cinco, Fissidentaceae y Brachytheciaceae con cuatro, mientras que Leucobryaceae, Stereophyllaceae y Metzgeriaceae cada una de estas familias presentó tres especies. En el caso de Neckeraceae, Thuidiaceae y Calymperaceae cada una de ellas presentó dos especies, y finalmente, las familias Dicranaceae, Entodontaceae, Racopilaceae, Pterobryaceae, Macromitriaceae, Pallaviciniaceae, Riccardiaceae, Helicophyllaceae, Porellaceae, Calypogeiaceae y Pottiaceae solo registraron una especie cada una.

Entre los géneros representativos, *Plagiochila* registró seis especies siendo el más diverso, seguido por *Lejeunea* y *Frullania* con cinco especies. Luego están géneros como *Sematophyllum* y *Fissidens* con cuatro; *Metzgeria* registró tres especies, mientras que los géneros *Octoblepharum*, *Neckeropsis*, *Cheilolejeunea*, *Rauarella*, *Entodontopsis*, *Neurolejeunea*, *Lepidopilum*, *Zelometeorium*, *Archilejeunea*, *Symbiezidium*, *Brachiolejeunea* y *Drepanolejeunea*, que registraron cada uno dos especies. Por último están *Rhacopilopsis*, *Mittenothamnium*, *Pilotrichidium*, *Leucoloma*, *Squamidium*, *Mastigolejeunea*, *Meteoridium*, *Vesicularia*, *Erythrodonium* *Colole-*

jeunea, *Pilosium*, *Ctenidium*, *Lopholejeunea*, *Ectropothecium*, *Henicodium*, *Acroporium*, *Racopilum*, *Marchesinia*, *Taxithelium*, *Symphyogyna*, *Callicostella*, *Riccardia*, *Syrrophodon*, *Leptolejeunea*, *Leucobryum*, *Helicophyllum*, *Macromitrium*, *Isopterigium*, *Calypogeia*, *Acanthacoleus*, *Porella*, *Acrolejeunea*, *Harpalejeunea*, *Calymperes*, *Cyclodictyon*, *Schiffnolejeunea* y *Sintrichia*, géneros con solo una especie cada uno.

Las especies que más veces se registran son *Sematophyllum subsimplex* con 19 muestras, seguidos de *Lejeunea laetevirens* y *Neckeropsis undulata* cada una con 18, *Sematophyllum subpinnatum* con 14 y *Rauarella praelonga* con 13, *Cheilolejeunea rigidula* y *Octoblepharum cocuiense* con 12 ejemplares para cada una. Con 11 registros están especies como, *Rhacopilopsis trinitensis*, al igual que, *Mittenothamnium reptans*. Luego de estas, *Pilotrichidium calli-costatum*, *Frullania winteri*, *Fissidens steerei*, *Octoblepharum albidum* y *Plagiochila dística* se encontraron con 10 registros. Finalmente, se registraron 30 especies menos frecuentes entre las que están *Calymperes afzelii*, *Cyclodictyon albicans*, *Drepanolejeunea bidens*, *Frullania gibbosa*, *F. riojaneirensis*, *F. bogotensis*, *Fissidens crispus*, *Isopterigium tenerifolium* *Metzgeria furcata*, *M. fruticola*, *Plagiochila diversifolia*, *P. superba*, *Porella swartziana* y *Zelometeorium patens*.

DISTRIBUCIÓN DE BRIÓFITOS EN LOS BOSQUES Y PARCELAS

De las cuatro parcelas establecidas en el bosque El Triunfo, el mayor número de especies se presentó en la parcela cuatro con un total de 33 especies; seguido de las parcelas dos con 32 taxones y tres con 31 taxones; en las parcelas del bosque El Englobe, la mayor diversidad de especies se registró en la parcela tres con 31 especies y en la parcela cuatro con 27 especies, mientras que la parcela dos presentó 22 especies. Las parcelas número uno de ambos bosques, tuvieron 25 especies en cada una de ellas.

Posteriormente, se estableció en porcentaje el grado de semejanza entre las parcelas, a partir del número de especies compartidas y se identificaron agrupaciones similares, como las registradas entre las parcelas uno y dos del bosque El Triunfo (28%), de igual forma se comparte con las especies presentes en la parcela tres (22%). Para el bosque El Englobe se presenta una agrupación entre las especies encontradas en las parcelas dos y tres (31% de especies). Finalmente, comparten especies entre parcelas, cuatro de El Englobe y El Triunfo (32% de especies), y a su vez, la parcela uno de las dos localidades (aproximadamente con 27% de especies) (Figura 9).

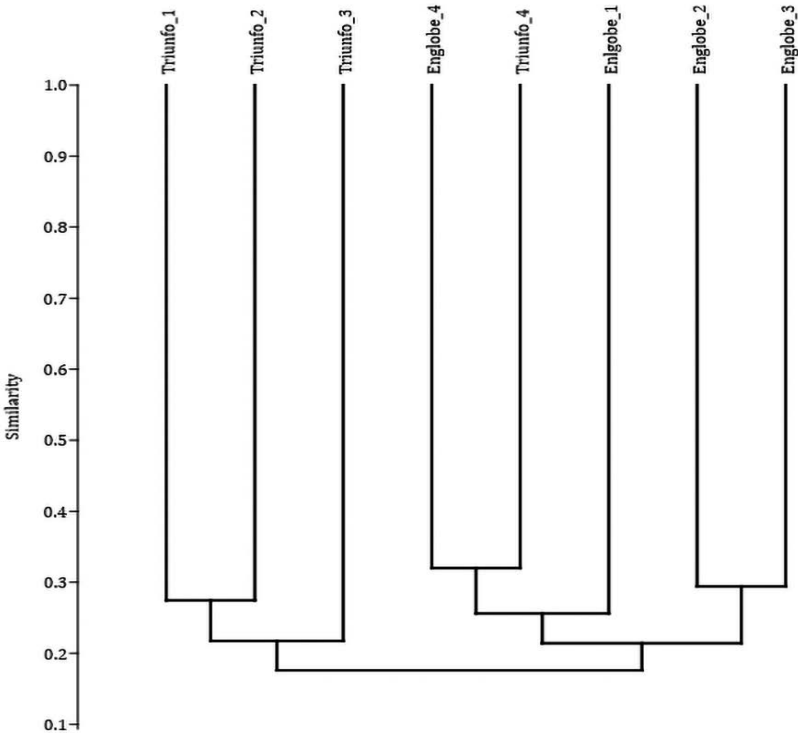


Figura 9. Semejanza relacionada entre la composición de especies de briófitos en las parcelas de los bosques de las áreas de El Englobe y El Triunfo del municipio de Aguazul en el departamento de Casanare.

FORMAS DE CRECIMIENTO

El hábito de crecimiento en los musgos que se encontró con mayor frecuencia en ambos bosques corresponde al tipo pleurocárpico, con un porcentaje de 43.12%, mientras que el tipo acrocárpico, registró

un valor de 13.75%; en lo concerniente a hepáticas, el hábito que sobresalió fue el tipo folioso con 31.47% y con una menor representatividad está el hábito taloso con 3.26% (Figura 10).

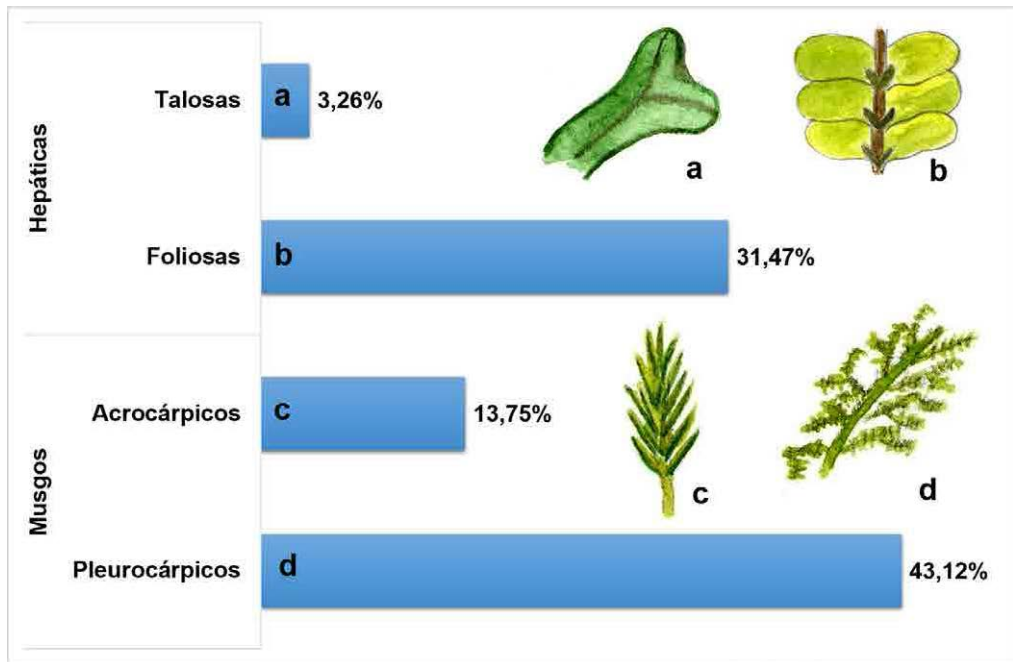


Figura 10. Representatividad de las formas de crecimiento de plantas no vasculares en los bosques de las zonas de El Triunfo y El Englobe en el municipio de Aguazul, Casanare. Hepáticas: a) Talosas; b) Foliosas; Musgos: c) Acrocárpicos; d) Pleurocárpicos.

FORMAS DE VIDA

De las 393 muestras encontradas, la forma de vida con mayor frecuencia corresponde a las matas con 184 registros (equivalente al 46.82%), seguido el tapiz con 38 (9.67%), también las formas péndulas con 13 (3.30%) y las tramas, contaron con siete registros (1.78%). Finalmente, y con solo dos

registros (0.50%) están los cojines. Mientras que las hepáticas, el mayor número fueron las formas de tapiz liso con 106 registros (29.98), seguidas de tapiz ascendente con 28 (7.12%), tapiz taloso con 13 (3.30%) y, por último, la forma reptante con tan solo dos registros (0.50%) (Figura 11).

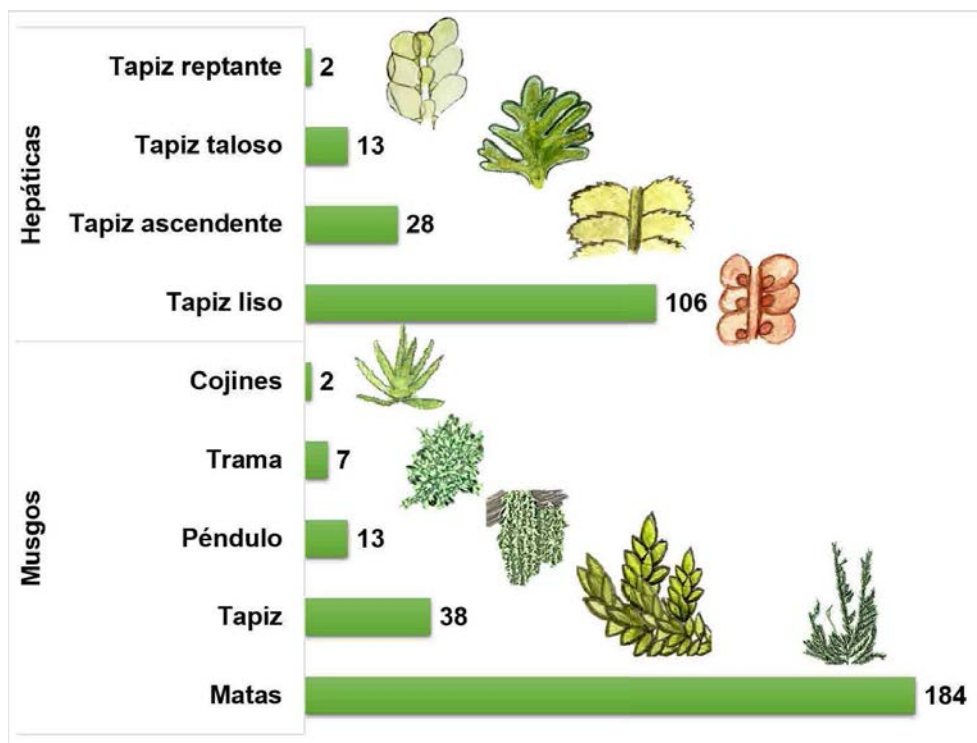


Figura 11. Formas de vida de cada uno de los grupos de plantas no vasculares en los bosques de las zonas de El Englobe y El Triunfo del municipio de Aguazul, departamento de Casanare.

SUSTRATOS

Sobre la corteza de árboles se registraron 236 muestras, haciendo de este sustrato el que alberga la mayor riqueza de briófitos con 65 especies. (33 hepáticas y 32 musgos), seguido del tronco en descomposición con 50 ejemplares, representadas por 30 especies (14 hepáticas y 16 musgos); la raíz aflorante registra 26 muestras con 25 especies,

dominado por los musgos con 20 especies y tan solo cinco hepáticas. Luego, en el suelo se encontraron 26 muestras con 12 especies (tres hepáticas y nueve musgos), el sustrato foliódico con 10 registros, con solo cinco especies de hepáticas y, por último, en lianas se encontraron tres muestras creciendo sobre ellas y únicamente hepáticas (Figura 12).

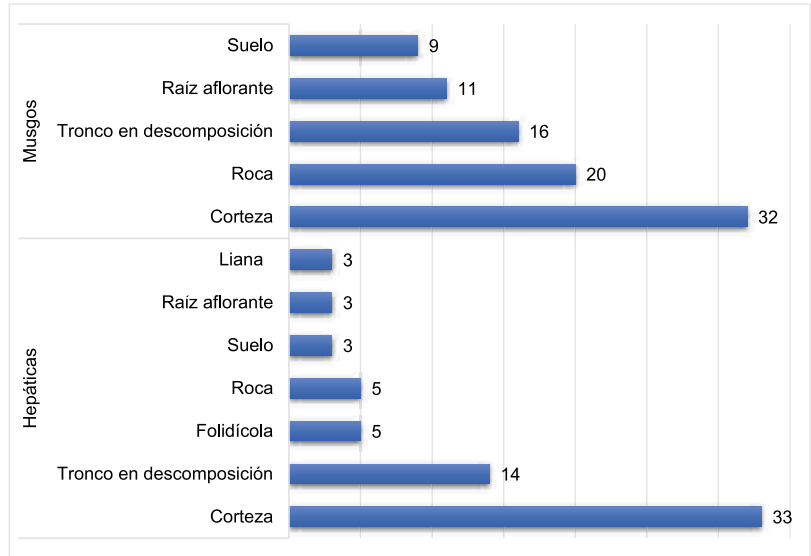


Figura 12. Registros de musgos y hepáticas en los bosques de las zonas de El Triunfo y El Englobe del municipio de Aguazul, Casanare.

DISCUSIÓN

De acuerdo con la historia de transformación del área de estudio, los bosques han sido fragmentados y posteriormente abandonados, y en algunos casos, han recibido procesos de reforestación a través de programas, donde se han reincorporado especies consideradas de vocación maderera con interés comercial, mas no en un enfoque de protección de la flora nativa de la región hasta los últimos años; sin embargo, en esta historia, se enmarca el resurgimiento del banco de semillas a estos bosques y de la flora remanente (capítulos 1 y 2).

En estos ambientes se han desarrollado microhábitats propicios para el crecimiento de los briófitos (Glime, 2017) en diferentes sustratos, que cobijan 96 especies siendo las hepáticas las más ricas; ello indica que tales microhábitats están protegidos por follaje y que guardan humedad para el sostenimiento de las mismas, siendo más sensibles a los cambios ambientales (Wolf, 2003), como es el caso especial de la familia Lejeuneaceae, grupo diverso con caracteres morfológicos que le dan la capacidad para sobrevivir bajo estas condiciones. Así también, otros grupos de musgos de diferentes familias del orden Hypnales, tales como Hypnaceae y Sematophyllaceae que tienen estructuras morfológicas que les permiten desarrollarse en distintos sustratos (Figuras 7, 9-11) y se adaptan a diversas condiciones ambientales (Cámara & Kellogg, 2010). Del mismo modo, Fissidentaceae, junto a otras familias, se asocian a diferentes sustratos y a los cuerpos de agua; no obstante, la presencia de dichas plantas está condicionada a variaciones climáticas, ya que, su mayor o menor exuberancia depende de la disponibilidad de agua en

el ambiente y sus diferentes estrategias morfológicas en respuesta a tales condiciones (Cámara & Kellogg, 2010; Oliveira & Bastos, 2010).

Respecto a las briófitas epífitas y no existe una diferencia significativa entre las áreas de muestreo (El Triunfo y El Englobe) en número de especies; dichos ambientes arbolados, lentamente han propiciado en crecimiento de estas plantas; sin embargo, por las estrategias en sus formas de crecimiento, las pleurocárpicas son las dominantes sobre las acrocárpicas (43.12% vs. 13.75% respectivamente) (Cámara, & Kellogg, 2010; Gilmer 2017a); así mismo, las hepáticas, presentan un mayor dominio por los grupos foliosos que pueden soportar más las condiciones de estrés como pérdida de agua y cambios en las condiciones ambientales debido a sus estrategias morfológicas como lo presentan muchos grupos de los registrados en el área de estudio, en sus formas de crecimiento: por ejemplo, *Frullania* con sus formas en tapiz liso, además de coloración parda que las protege del intenso sol y la presencia de sacos que les permite almacenar agua, así la suma de estas estrategias permiten los procesos de colonización de ambientes diversos y adversos (Gradstein, 2016; Gradstein, R. & Uribe, J., 2011; Gradstein, et al., 2001).

Los hábitos de crecimiento se relacionan con las condiciones de microhábitats, la heterogeneidad de los hábitats y la disponibilidad de sustrato (Benavides, Idárraga y Álvarez, 2004); de tal modo, que las formas de crecimiento colgantes o pendulares son predominantes en zonas nubladas, porque tienen la facilidad de captar la humedad del ambiental.

Benavides et al. (2004), menciona que las formas colgantes o pendulares, predominan en los bosques nublados, puesto que, tienen la capacidad de capturar la humedad del ambiente. Las tramas, cojines y matas son más complejos, siendo grandes acumuladores de agua (Frahm et al., 2003), y los cojines y céspedes se vuelven más dominantes a mayor altura (Avendaño & Aguirre, 2007).

Dentro de los sustratos de mayor preferencia están los troncos de los árboles, donde crecen tanto hepáticas como musgos, por lo que Holz (2003), establece que la arquitectura de la corteza es de vital importancia para la radicación de los diferentes briófitos, pues si la corteza es muy lisa no permite acumulación de nutrientes, a diferencia de presentar cortezas con hendiduras permitiendo un mejor anclaje y mayor acumulación de nutrientes (Linares, 1999). De igual manera las hepáticas dominan sobre los troncos en descomposición; no obstante, la dominancia otros sustratos es mayor por los musgos mas no por las hepáticas, ellos logran mantenerse en mayor medida sobre sustratos como rocas, donde las condiciones son mucho más agresivas y la materia orgánica es mínima o nula, y las condiciones de protección al medio ambiente o de exposición alta, encontrando especies pequeñas y de vida corta, influenciadas principalmente por la disponibilidad de agua (Hallingbäck & Hodgetts, 2000), y así también, sucede con el suelo, puesto que son sustratos con poca presencia de briófitos dado al hecho que la cantidad de luz que llega a los estratos bajos es muy poca, producto de la interferencia copas de los doseles (Frahm & Gradstein., 1991). Mientras que las hepáticas disminuyen sus procesos de colonización y por supuesto, de dominancia en los sustratos de roca, suelo, y demás, siempre su frecuencia y estabilidad se da en ambiente más protegidos y donde existen microhábitats más protegidos con disponibilidad de agua ambiental (Goffinet, Buck, & Shaw, 2009).

CONCLUSIONES

Las hepáticas registran una mayor riqueza de especies sobre los musgos, debido a que se ha adaptado de una mejor manera a las condiciones ambientales propias de estos bosques.

Las formas de crecimiento pleurocárpicas dominaron sobre las otras formas, puesto que presentan adaptaciones morfológicas sencillas y evolutivamente recientes.

Los sustratos dominantes en los bosques del área de estudio son los troncos de árboles y madera en descomposición; no obstante, aunque se presentaron más especies de hepáticas que musgos, la diversidad de las especies por más sustratos en musgos que en hepáticas.

Pese a que los bosques del área de estudio son intervenidos, los briófitos se han venido adaptando a estas condiciones difíciles, por ejemplo, escases de humedad y exceso de luz, lo que les han permitido diversificarse.

Debido a que estos son los primeros trabajos que inician un proceso de profundización en briófitos, se propone continuar con esta labor, a partir de este insumo base.

Los resultados de este trabajo, reflejan la necesidad de continuar con los inventarios de briófitos en las zonas bajas, aumento en el conocimiento de estas plantas en dichas zonas y así, contribuir con los nuevos registros y hacer una aproximación a la diversidad de estas plantas para la zona y el departamento.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, J. (2008). Diversidad y riqueza de musgos en el sistema cordillerano. En: Rangel, O. & O. (Eds.). Colombia, diversidad biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia (19-54 pp.). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales.
- Aguirre, J. & Ruiz, C.A. (2001). Composición florística de la brioflora de la Serranía del Perijá (Cesar - Colombia): distribución y ecología. *Caldasia*, 23(1): 181-201.
- Aguirre, J. & Rangel, O. (2007). Amenazas a la conservación de las especies de musgos y líquenes en Colombia -una aproximación inicial. *Caldasia*, 29(2): 235-262.
- Avendaño, K. & Aguirre, J. (2007). Los musgos (Bryophyta) de la región de Santa María-Boyacá (Colombia). *Caldasia*, 29(1): 59-71.
- Bateman, R.M., Crane, P.R., DiMichele W.A., Kenrick, P.R., Rowe, N.P., Speck, T. & Stein, E.W. (1998). Early evolution of land plant: Phylogeny, physiology and ecology of the primary terrestrial radiation. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 29: 263-292.
- Benavides, J. C., Idarraga, A. & Álvarez, E. (2004). Bryophyte diversity patterns in flooded and tierra firme forests in the Araracuara región, colombian Amazonia. *Tropical Bryology*, 25: 117-126.
- Bernal, R., Gradstein, S.R. & Celis, M. (2015). Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. En: Bernal, R.G. (Ed.). Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Obtenido de: www.catalogoplantascolumbia.unal.edu.co
- Buck, W.R., Cox, C.J., Shaw, A.J. & Goffinet, B. (2004). Ordinal relationships of pleurocarpous mosses, with special emphasis on the Hookeriales. *Systematics and Biodiversity (Botany)*, 2: 121-145.
- Câmara, P.E.A.S. & Kellogg, E.A. (2010). Morphology and development of leaf papillae in Sematophyllaceae. *The Bryologist* 113(1): 22-33.
- Calzadilla, E. & Churchill, S.P. (2014). Glosario ilustrado para musgos neotropicales, Santa Cruz, Bolivia: Missouri Botanical Garden & Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado.

- Churchil, S. & Linares, E. (1995). *Prodomus Bryologiae Novo-Granatensis*. Introducción a la Flora de musgos de Colombia (Vol. I y II). Bogotá, D.C., Colombia: Guadalupe Ltda.
- Cox, C.J., Goffinet, B., Wickett, N.J., Boles, S.B. & Shaw, A.J. (2010). Moss diversity: A molecular phylogenetic analysis of genera. *Phytotaxa*, 9: 175-195.
- Crandall-Stotler, B., Stotler, R.E. & Long, D.G. (2009). Phylogeny and classification of the Marchantiophyta. *Edinburgh Journal of Botany*, (66): 155-198.
- De Luna, E., Newton, A.E., Withey, A., González, D. & Mishler, B.D. (1999). The transition to pleurocarpy: a phylogenetic analysis of the main diplolepidous lineages based on *rbcL* sequences and morphology. *The Bryologist*, 102(4): 634-650.
- Estébanez, P.B., Draper, I., Díaz, de A. & Burjalance, M.R. (2011). Briófitos: una aproximación a las plantas terrestres más sencillas Bryophytes: An approximation to the simplest land plants. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 9: 19-73.
- Frahm, J.P., Pócs, T., O'shea, B., Koponen, T., Piippo, S., Enroth, J. & Fang, Y. (2003). *Manual of tropical bryology*. *Tropical Bryology*, 23: 1-196.
- García, S., Basilio, H., Herazo, F., Mercado, J. & Morales, M. (2016). Diversidad de briófitos en los Montes de María, Colosó (Sucre, Colombia). *Colombia Forestal*, (19): 41-52.
- García, M.S., & Mercado, J. (2017). Diversidad de briófitos en fragmentos de bosque seco tropical, Montes de María, Sucre, Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(4): 824-885.
- Gimingham, C.H. & Birse, A.M. (1957). Ecological studies on growth-form in bryophytes: I Correlations between Growth-form and habitat. *Journal of Ecology*, 45(2): 533-545.
- Giraldo-Cañas, D. (2000). Variación de la diversidad florística de un mosaico suseccional en la cordillera Central Andina (Antioquia, Colombia). *Darwiniana*, 38(1-2): 33-42.
- Glime, J.M. (2017). Ecophysiology of development: Hormones. Chapt. 5-1. In: Glime, J.M. *Bryophyte Ecology*. Volume 1. *Physiological Ecology*. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. Last updated 2 April 2017 and available at <<http://digitalcommons.mtu.edu/bryophyte-ecology/>>.
- Glime, J.M. 2017a. Adaptive strategies: Phenology, What does it mean? Chapt. 4-1. In: Glime, J.M. *Bryophyte ecology*. Volume 1. 4-1-1 *Physiological ecology*. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. Last updated 6 March 2017 and available at <<http://digitalcommons.mtu.edu/bryophyte-ecology/>>.
- Goffinet, B., Buck, R. & Shaw, J. (2008). Morphology, anatomy, and classification of the Bryophyta. En G.B. Shaw. *Bryophyte Biology* (55-98 p.). Cambridge University Press.
- Goffinet, B., Buck, W.R. & Shaw, A.J. (2009). Morphology, anatomy, and classification of the Bryophyta. In: Goffinet, B. & Shaw, A.J. (Eds.), *Bryophyte biology* (second edition). Cambridge University Press, Cambridge, 53-138 p.
- Gradstein, S.R. (2018). Key to hornworts (Anthocerotophyta) of Colombia. *Caldasia*, 40(2):262-270.

- Gradstein, S.R. (2016). The genus *Plagiochila* (Marchantiophyta) in Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, 40(154): 104-136.
- Gradstein, S.R., & Uribe, J. (2011). A synopsis of the Frullaniaceae (Marchantiophyta) from Colombia. *Caldasia*, 33(2): 367-396.
- Gradstein, S.R., Churchil, S. & Salazar-Allen, S. (2001). Guide to the bryophytes of Tropical America. *Memoirs of the New York Botanical Garden*.
- Hallingbäck, T. & Hodgetts, N. (2000). Mosses, liverworts, and hornworts. Status survey and conservation action plan for bryophytes. Switzerland and Cambridge: IUCN/SSC Bryophyte Specialist Group. IUCN.
- 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. (2003). Diversity and ecology of bryophytes and macrolichens in primary and secondary montane *Quercus* forests, cordillera de Talamanca, Costa Rica (Tesis doctoral).
- Linares, E.L. (1999). Diversidad y distribución de las epífitas vasculares en un gradiente altitudinal en San Francisco, Cundinamarca. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 23: 133-139.
- Oliveira, O.H. & Bastos C.D.P. (2010). Fissidentaceae (Bryophyta) da Chapada da Ibiapaba, Ceará, Brasil. *Revista Brasil. Bot.*, 33(3): 393-405.
- Puttick, M.N., Morris, J.L., Williams, T.A., Cox, J.C., Edwards, D., Kenrick, P., Pressel, S., Wellman, C.H., Schneider, H., Pisani, D. & Donoghue, P.C.J. (2018). The Interrelationships of Land Plants and the Nature of the Ancestral Embryophyte. *Current Biology*, 28: 733-745.
- Rowntree, J.K. (2006). Development of novel methods for the initiation of *in vitro* bryophyte cultures for conservation. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 87: 191-201.
- Rowntree, J.K., Pressel, S., Ramsay, M., Sabovljevic, A. & Sabovljevic, M. (2011). *In vitro* conservation of European bryophytes. *In vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*. 47(1): 55-64.
- Ruiz, C. & Aguirre, J. (2003). Las comunidades de briófitos y su relación con la estructura de la vegetación fanerogámica, en el gradiente altitudinal de la Serranía del Perijá (Cesar- Colombia). *Tropical Bryology*, 24(1): 101-113.
- Santos, G. & Aguirre, J. (2010). Los musgos de la región de las quinchas (Magdalena Medio, Colombia). *Caldasia*, 32(2): 257-273.
- Sarasan, V., Cripps, R., Ramsay, M., Atherton, C., McMichen, M., Prendergast, G. & Rowntree, J.K. (2006). Conservation *in vitro* of threatened plants - progress in the past decade. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 42: 206-214.
- Shaw, A.J., Cox, C.J., Goffinet, B., Buck, W.R. & Boles, S.B. (2004). Phylogenetic evidence of a rapid radiation of pleurocarpous moss (Bryophyta). *Evolution*, 57(10): 2226-2241.
- Schuster, R.M. (1984). Evolution, phylogeny and classification of the Hepaticae. Schuster, R.M. (eds.). *New manual of bryology*. Hattori Botanical Laboratory Nichinan. 2: 892-1070.
- SiB Colombia. (octubre de 2018). Sistema de información sobre biodiversidad de Colombia. Obtenido de <https://sibcolombia.net/actualidad/biodiversidad-en-cifras/>

- Tuba, Z., Slack, N.G. & Stark, L.R. (2011). Bryophyte ecology and climate change (Vol. 506). Cambridge University Press.
- UICN. (2010). Guidelines for using the UICN Red List categories and criteria, Version 8.1. Commission on Standards and Petitions - UICN, Switzerland.
- Vanderpoorten, A. & Goffnet, B. (2009). Introduction to bryophyte. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Villareal, J.C., Cargill, D.Ch. Hagborg, A., Söderstrom L. & Renzaglia Sue, K. (2010). A synthesis of hornwort diversity: Patterns, causes and future work. *Phytotaxa*, 9: 150-166.
- Von Korat, M., Söderstrom, L., Renner, M.A., Hadborg, A., Briscoe, L. & Engel, J.J. (2010). Early land plants today (ELPT): How many liverwort species are there? *Phytotaxa*, 9: 22-40.
- Wolf, J.H.D. (2003). Diversidad y ecología de comunidades epífitas en la cordillera Central, Colombia. *Studies on Tropical Andean Ecosystems*, 5: 453-502.