

## Riqueza y distribución de musgos en un bosque subandino en Bolívar-Santander, Colombia

Jorge Enrique Gil-Novoa, Lía Esperanza Cuta-Alarcón & María Eugenia Morales-Puentes

Grupo Sistemática Biológica, Herbario UPTC, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Av. Central Norte, Tunja, Colombia; jorge.gil@uptc.edu.co, lia.cuta@uptc.edu.co, maria.morales@uptc.edu.co

Recibido 14-III-2017. Corregido 04-VII-2017. Aceptado 03-VIII-2017.

**Abstract: Richness and distribution of mosses in a sub-Andean forest in Bolívar- Santander, Colombia.**

The Colombian bryoflora is considered one of the most diverse and widely distributed in the Andean mountains and the paramo areas, due to the variety of environments; it works like an erosion buffer zone and a humidity regulation that supports the environment and habitat conservation. This work was developed in a 100 ha Andean forest area, using nine linear transects of 100 x 4 m in the municipality of Bolívar (Santander, Colombia), and non-vascular plants were sampled in all substrates (soil, rocks, outcrops, organic matter and water tube-drainage). We recorded a total of 129 samples that belong to 72 species, 48 genera and 21 families, which represent the 7.78 % of the species in the country, and the 11.16 % of the current records in the department of Santander. Families with the highest number of species were Pilotricaceae (15), Neckeraceae and Fissidentaceae with seven species each one, and Brachytheciaceae, Leucobryaceae and Thuidiaceae with five species each one. The richness genera are *Lepidopilum* (7), *Fissidens* (7) and *Syrhropodon* (4); a total of 34 genera with just one species. Most of the moss species were found on the bark trees (20), followed by rocks (17) and soil (9) substrates. Concerning to life forms, the most abundant were, cushions (24 especies), turfs (23), dendroid (8), creeping (4) and pendulous (3). Using a DCA analysis we observed a greater richness in transects located inside the forest. Moreover, we found 36 new records for Santander and one for the country (*Homaliodendron piniforme* (Brid.) Enroth). These results showed that the Colombian sub-Andean forest may be the habitat of a considerable richness of mosses species, and that is necessary to expand inventories of bryophytes in some Colombian regions. Rev. Biol. Trop. 65 (4): 1397-1406. Epub 2017 December 01.

**Key words:** bryophytes, habitat, growth forms, substrates, new records.

La mayor diversidad de briófitos en Colombia, se encuentra en las regiones de vida andina y paramuna, donde son parte de los procesos relacionados con la irrigación hídrica y detención de la erosión (Cornelissen & Ter Steege, 1989; Wolf, 1994; Churchill & Linares, 1995; Gradstein, Churchill, & Salazar-Allen, 2001; Holz, Gradstein, & Heinrichs, 2002; Acebey, Gradstein, & Krömer, 2003; Romanski, Pharo, & Kirkpatrick, 2011; Gil-N. & Morales-P., 2014). Adicionalmente, son capaces de colonizar casi todos los sustratos disponibles, son captadores eficientes del agua en forma de niebla, y obtienen y procesan

nutrientes esenciales, como el nitrógeno inorgánico (NO<sub>3</sub>), que les permite su crecimiento (Clark, Nadkarni, Schaefer, & Gholz, 1998; Burns, 2003; Chang, Yeh, Wu, Hsia, & Wu, 2006; León-Vargas, Engwald, & Proctor-M., 2006; Luo, Qin, Yang, & Song, 2007).

En estas zonas, incluida la de transición al páramo, donde se concentra cerca del 50 % de la diversidad de estos organismos para el país (Churchill & Linares, 1995; Aguirre-C., 2008a), la conservación y la distribución de briófitos, depende de la protección y amenaza a la estructura vegetal vascular sobre la que se establecen (Aguirre-C. & Rangel-Ch., 2007).

Infelizmente, extensões importantes de esta vegetação han sido fragmentadas y destruidas por actividades humanas (Aguirre-C. & Rangel-Ch., 2007, Medina, Macana-García, & Sánchez, 2015), condiciones que afectan la diversidad de musgos (Churchill, 1989).

En Colombia, en los últimos años se han incrementado los estudios que amplían el conocimiento de musgos en regiones puntuales; por ejemplo, los estudios de Avendaño-Torres y Aguirre-C. (2007) en la región de Santa María-Boyacá; de Aguirre-C. y Avendaño (2008) en el Caribe; Avendaño y Aguirre-C. (2008) para la Serranía de Perijá (Cesar); Aguirre-C. (2008b) en la región Andina o sistema cordillerano; Aguirre-C. (2008c) para la Amazonia; Aguirre-C. y Rangel-Ch. (2008) para el Chocó biogeográfico; Ruiz, Aguirre-C. y Rangel-Ch. (2008) en Tarapacá (Amazonas); y Santos-C. y Aguirre-C. (2010) para la región de las Quinchas (Magdalena medio). Pese a lo anterior, algunas regiones, especialmente en tierras bajas de las llanuras, valles interandinos y el Caribe han sido poco estudiadas (García, Basilio, Herazo, Mercado, & Morales, 2016).

Un caso puntual de falta de estudios es el departamento de Santander, en el que hay regiones poco exploradas como el municipio de Bolívar, donde existe un fragmento de 100 ha de bosque Andino. Dado que, estos organismos han sido significativamente afectados por la tala para extracción maderera, ganadería y agricultura desde la época de la colonia, en esa región (García et al., 2016), se propuso estudiar su riqueza y distribución de musgos con este estudio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio:** El bosque contiguo a la estación Santa Rosa es un fragmento de 100 ha en el municipio de Bolívar, provincia de Vélez, sobre el flanco occidental de la cordillera Oriental colombiana, ubicado entre los 1 400 - 1 600 m, y los 6°8' N y 73°49' W, a una distancia de 261 km de Bucaramanga (capital del departamento), que ha experimentado procesos de transformación ocasionados por la tala masiva

y selectiva de maderas (García-Norato, 2013). Según la clasificación de zonas de vida para el sistema cordillerano colombiano propuesto por Rangel-Ch. y Aguilar-P. (1995), pertenece a la zona de vida subandina con precipitación media mensual de 190.7 mm y temperatura de 17°C. El paisaje es montañoso con relieves abruptos y complejos, varía de moderadamente empinado a muy empinado, y pendientes superiores al 50 %.

**Métodos:** El muestreo se realizó de manera bimestral durante los meses de octubre de 2014 a junio de 2016, modificando la metodología propuesta por Pinzón y Linares (2006) con el montaje de nueve transectos lineales de 100 x 4 m; tres al interior de bosque (2, 3 y 9), tres desde el borde hacia el interior o zona de transición (5, 6 y 8), y tres en el borde del bosque (1, 4 y 7). Se recolectaron las plantas no vasculares (129 ejemplares) presentes en todos los sustratos: suelo (16 ejemplares), rocas (41), raíces aflorantes (8), troncos de árboles (44), materia orgánica en descomposición (15) y tubo de agua –drenajes– (5). En el caso de los troncos de árboles, se realizaron los levantamientos desde la base del tronco hasta dos metros de alto. Para efectos de la estimación de la riqueza, se estableció la presencia/ausencia de cada una de las especies. Para la estimación de las formas de vida se siguió la propuesta de Richards (1984). Se registraron datos de humedad y temperatura, al interior y al borde de bosque con la ayuda de un termo-higrómetro electrónico DataLogger EL-USB-2-LCD (Lascar Electronics).

El proceso de determinación de especies se llevó a cabo en el Herbario UPTC, mediante el uso de equipos ópticos (microscopios, estereoscopios y cámara fotográfica), claves especializadas (Sharp, Crum, & Eckel, 1994, Churchill & Linares, 1995, Gradstein et al., 2001, entre otros) y colaboración de especialistas que corroboraron el material. La colección se incluyó en el Herbario UPTC, bajo el sistema de clasificación propuesto por Goffinet, Buck y Shaw (2009) y se realizó un análisis de correspondencia sin tendencia (Detrended Correspondence

Analysis: DCA) utilizando el programa estadístico PAST (v. 2.17c) para establecer la relación entre la distribución de las especies y cada uno de los sectores muestreados.

## RESULTADOS

**Composición florística:** Se registraron 72 especies en 48 géneros y 21 familias. La familia con mayor riqueza fue Pilotrichaceae con 15 taxa, seguida de Neckeraceae y Fissidentaceae con siete cada una y Brachytheciaceae, Leucobryaceae y Thuidiaceae con cinco cada una (Cuadro 1). A nivel de géneros, *Lepidopilum* fue el más rico con siete especies, seguido de *Fissidens* (6) y *Syrrhobodon* (4), y 34 géneros con una sola especie. Para los transectos ubicados desde borde de bosque hacia el interior, la riqueza de especies fue la más alta con 38, al interior registraron 37 especies, seguido con 29 especies en el borde de bosque.

CUADRO 1

Familias con mayor diversidad de géneros y especies, registradas en el bosque contiguo a la Estación Santa Rosa (Bolívar - Santander)

Familia	No. géneros	No. especies
Pilotrichaceae	7	15
Neckeraceae	4	7
Brachytheciaceae	4	5
Sematophyllaceae	4	4
Thuidiaceae	3	5
Daltoniaceae	3	3
Hypnaceae	3	3
Pottiaceae	3	3

En términos de frecuencia *Leucomium strumosum* (Hornsch.) Mitt. fue la especie más frecuente, al ser registrada en siete de los nueve transectos, seguida de *Hypopterygium tamariscina* (Hedw.) Brid. ex Müll. Hal., *Lepidopilum diaphanum* (Sw. ex Hedw.) Mitt. y *Thuidium peruvianum* Mitt. con presencia en cinco transectos. Cuarenta y cinco especies se registraron exclusivamente para alguno de los nueve transectos.

**Distribución por sustratos:** La mayoría de las especies se recolectaron sobre corteza de árboles (20), seguidas de las rocas (17) y el suelo (9). En cuanto a los taxa que comparten dos o más tipos de sustratos, se observa que, nueve taxones crecen tanto en rocas como en las cortezas de los árboles, siendo esta la combinación de sustratos con mayor diversidad. Sólo dos especies se colectaron sobre cuatro sustratos: *L. strumosum*, que se registró sobre corteza, roca, materia orgánica y tubo de agua, y *L. diaphanum*, se encontró en corteza, roca, materia orgánica y suelo. Nueve especies compartieron dos tipos de sustratos en combinaciones diferentes (Fig. 1).

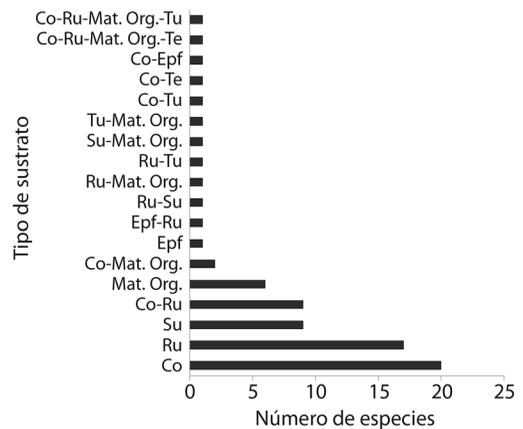
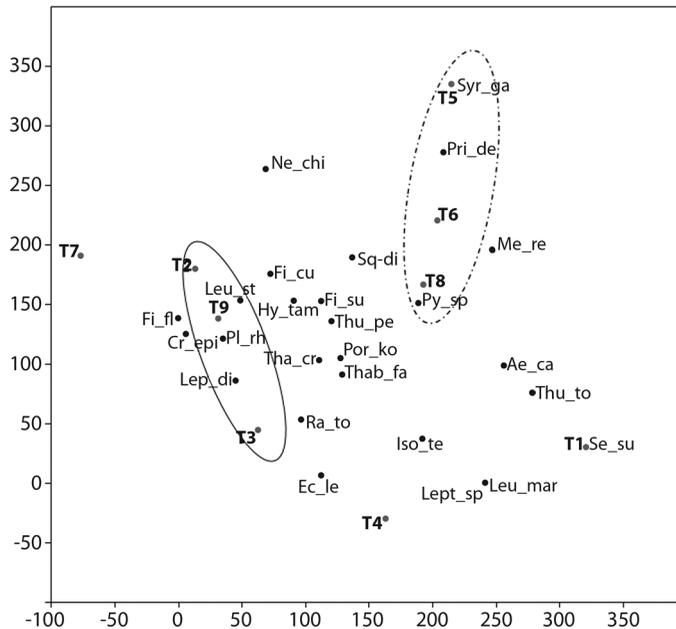


Fig. 1. Distribución de las especies por sustratos presentes en el bosque contiguo a la Estación Santa Rosa (Bolívar - Santander). Co: Corteza; Ru: Rupícola; Su: Suelo; Epf: Epífilos; Mat. Org.: materia orgánica en descomposición.

**Distribución por formas de vida:** Se registraron ocho formas de vida (céspedes, cojines, dendroide, frondosos, péndulos, reptantes, tepes y tapices), donde los cojines fueron los más abundantes con 24 especies, seguidos de las formas cespitosas con 23, dendroides con ocho, tepes con siete y frondosas con seis. Las formas reptantes y péndulas con tres y cuatro especies, respectivamente, tienen menor representatividad. En los transectos ubicados al interior de bosque (T2, T3 y T9) las formas dominantes fueron las cespitosas, mientras que, para los ubicados en la transición



**Fig. 2.** DCA para las especies de musgos registradas en el bosque contiguo a la estación Santa Rosa (Bolívar - Santander). Los números con las letras (T), simbolizan cada uno de los nueve transectos. La línea continua señala los transectos realizados al interior de bosque, mientras que la línea punteada indica los transectos realizados desde el borde hacia el interior de bosque (zona de transición).

(T5, T6 y T8) y al borde de bosque (T1, T4 y T7) dominaron las formas en cojín.

**Análisis de correspondencia sin tendencia (DCA):** El DCA mostró que las especies se agrupan con dos tendencias claras, de acuerdo a la ubicación en el área de estudio (Fig. 2). El primer grupo conformado por las especies ubicadas en los transectos del interior de bosque (transectos 2, 3 y 9), con especies como *Hypopterygium tamariscina*, *Fissidens submarginatus* Bruch, *Plagiomnium rhynchophorum* (Harv.) T.J. Kop., *Lepidopilum diaphanum*, *Thamniopsis cruegeriana* (Müll. Hal.) W.R. Buck y *Thamnobryum aff. fasciculatum* (Sw. ex Hedw.) I. Sastre, como las más frecuentes; y un segundo grupo, conformado por especies que se ubican en la zona de transición, desde el borde de bosque hacia el interior (transectos 5, 6 y 8), como *Syrrhodon gaudichaudii* Mont., *Prionodon densus* (Sw. ex Hedw.) Müll. Hal.,

*Meteoridium remotifolium* (Müll. Hal.) Manuel y *Sematophyllum subsimplex* (Hedw.) Mitt.

El grupo conformado por las especies de los transectos del borde (1, 4 y 7) no presenta semejanzas, entre sí, en cuanto a composición de especies. El transecto siete tiene mayor número de especies compartidas con los transectos ubicados al interior de bosque (2, 3 y 9) como *Crossomitrium epiphyllum* (Mitt.) Müll. Hal. y *Fissidens flaccidus* Mitt, mientras que las especies del transecto uno, tienen mayor similitud con las especies de los transectos de la zona de transición (5, 6 y 8), donde comparten especies como *Meteoridium remotifolium* (Müll. Hal.) Manuel y *Thuidium peruvianum* Mitt.

**Nuevos registros:** Se encontraron 36 nuevos registros para el departamento de Santander y un nuevo registro para el país *Homaliodendron piniforme* (Brid.) Enroth (Anexo).

## DISCUSIÓN

Rangel-Ch. y Aguilar-P. (1995) dividieron el sistema cordillerano colombiano en cuatro zonas de vida de acuerdo al gradiente altitudinal, ubicando la zona de vida subandina entre 1100 y 2250 m, además de considerar precipitaciones y temperatura. Es así como, esta región de vida es una de las zonas con mayor diversidad de musgos para el país, debido a las condiciones medioambientales propias de esta zona. A pesar que el bosque estudiado es un área pequeña (100 ha), se puede identificar una riqueza de musgos relativamente alta, al registrar 72 especies. Al comparar estos resultados con trabajos realizados para altitudes similares en Colombia, como en la Serranía de las Quinchas (Boyacá) (Santos-C. & Aguirre-C., 2010) para la misma región de vida, se obtiene una mayor riqueza en el bosque de Santa Rosa (47 especies en Las Quinchas/72 este estudio). Para la Serranía del Perijá (Cesar) Aguirre-C. y Ruíz-A (2001) registraron 98 especies entre los 1600 y 2000 m. mientras que el bosque de Santa Rosa registró 72, lo que muestra que éste último, registra una riqueza específica más alta, debido a que el área muestreada en este estudio fue menor. De igual manera, Avendaño-Torres y Aguirre-C. (2007) registraron para la región de vida subandina (1200 m) en Santa María (Boyacá) 22 especies, un valor muy por debajo del registrado en Santa Rosa.

Aguirre-C. (2008b) registró para el sistema cordillerano colombiano 914 especies de musgos y para la región de vida subandina 562 especies; es decir, que en Santa Rosa se encuentra el 7.4 % de los musgos presentes en las cordilleras colombianas y el 12.81 % de los musgos de la región subandina. El trabajo previo y el de Santos-C. y Aguirre-C. (2010) para la Serranía de las Quinchas (Boyacá), indican a Pilotrichaceae como la familia con mayor diversidad para esta zona del sistema cordillerano, lo que coincide con lo registrado en este estudio, ya que el 25 % de las especies de esta familia, registradas en Colombia, se encuentran en el bosque de Santa Rosa. Esta diversidad puede estar asociada a la alta humedad (93 %),

siendo estos ambientes propicios para su desarrollo (Gradstein et al., 2001; Vaz & da Costa, 2006a, b). *Lepidopilum* y *Fissidens* fueron los géneros con mayor número de especies en este estudio, probablemente porque son grupos diversos, y en el caso de *Lepidopilum* su mayor representatividad está al norte de Suramérica (Welch, 1968). Caso similar sucede con *Fissidens*, con el mayor número de endemismos para el Neotrópico (ca. 60 %, Pursell, 1994, 2007). De igual manera, estos dos géneros requieren características similares en sus hábitats como sombra y humedad (Gradstein et al., 2001).

La mayoría de las especies se recolectaron sobre la corteza de los árboles y las rocas, lo que está directamente relacionado con la disponibilidad de sustratos. El bosque de Santa Rosa se caracteriza por presentar árboles con doseles altos (8-21 m), los DAP que oscilan entre 0.05 y 3 m, características que, unidas a la alta humedad, producto de las precipitaciones (2400 mm/ anuales), garantizan que se puedan crear microambientes propicios para el desarrollo de las epífitas no vasculares (Turner & Pharo, 2005). La presencia de rocas de gran tamaño, con alturas hasta de 10 m, junto con el humus producto de la descomposición, ofrecen sustratos óptimos para el desarrollo de musgos (Richards, 1984).

En la zona de estudio la vegetación crece abriéndose paso entre las rocas, llegando en muchos casos a crecer sobre ellas y generando una capa de materia orgánica que se confunde con los troncos y raíces. Por lo anterior, se presenta que dos o más tipos de sustratos son colonizados por las mismas especies, como es el caso de cortezas y rocas. Según Wolf (1994, 1995) se puede aproximar que la relación de la escorrentía que es captada por el dosel y va en dirección al suelo cae sobre las rocas y la materia orgánica, llevando consigo propágulos que pueden desarrollarse sobre estos sustratos.

Según Gimingham y Birse (1957) las formas de vida están asociadas al tipo de sustrato sobre el cual crecen, por ejemplo, los briófitos rupícolas se desarrollan en formas de felpas o dendroides principalmente (Richards, 1984) tal y como se observó en este estudio. Las formas

de cojín son las más comunes dentro del bosque (Pócs, 1982; Richards, 1988) por la facilidad para captar la humedad ambiental y son las más comunes en este estudio. También en estos resultados se observa que, debido a las condiciones microambientales (93 % humedad y 19 °C) los cojines y céspedes son las más habituales y permiten almacenar el agua.

Se identificaron dos agrupaciones bien definidas a partir de un análisis de DCA, con las especies que crecen en los transectos del interior de bosque (2, 3 y 9) y las especies que crecen en el borde de bosque hacia el interior (5, 6 y 8) todas ellas identificadas por la similaridad del ambiente donde se desarrollan. Tal distribución de especies permite establecer preferencias de musgos, dependiendo del microambiente generado por la vegetación vascular, variaciones climáticas e incluso del grado de perturbación (Richards, 1984; Cornelissen & Ter Steege 1989; Gradstein et al., 2001). De esta manera, especies como *Callicostella pallida* (Hornsch.) Ångström, *Crossomitrium saprophilum* Broth., *Fissidens intramarginatus* (Hampe) A. Jaeger y *Leskeodon paisa* S. P. Churchill, se registran únicamente al interior de bosque y pueden cumplir el papel de bio-indicadoras de tales ambientes conservados, con respuesta a condiciones de bajos niveles de intervención y alejados del borde de bosque. Contrario a estas especies, *Syrrhopodon gaudichaudii* Mont, *Prionodon densus* (Sw. ex Hedw.) Müll. Hal. y *Meteoridium remotifolium* (Müll. Hal.) Manuel, pueden ser indicadoras de bordes de bosque y, posiblemente de ambientes con algún grado de perturbación, ya que se encontraron únicamente en estos ambientes.

Para los transectos desde el borde y hacia el interior de bosque (3, 4 y 7) no se observa una tendencia clara de la distribución de los briófitos, causado por la heterogeneidad de los microambientes evaluados, ya que, hacia el borde de bosque, factores como la temperatura y luminosidad varían ampliamente durante el día, y hacia el interior estas condiciones microambientales son mucho más estables, de modo que la diversidad de especies puede ser más alta.

Al contrastar el listado de especies encontradas en este estudio con el catálogo de plantas de Colombia (Bernal, Gradstein, & Celis, 2015), se presenta un nuevo registro para el país (*Homaliodendron piniforme*, que presenta amplia distribución en África y el Neotrópico; en este último se conoce de México y Brasil (Tropicos® 2013). Adicionalmente, son presentados 36 nuevos registros para el departamento de Santander, lo que aumenta a 260 el número de especies de musgos presentes en el departamento. Santander es el séptimo departamento con la diversidad más alta de musgos en el país por debajo de Cundinamarca, Antioquia, Nariño, Boyacá, Cauca y Valle del Cauca (Aguirre-C. 2008b). Estos resultados demuestran que hacen falta exploraciones para conocer la diversidad del departamento. Es importante el registro de *L. paisa*, puesto que sólo se conocía la distribución de la especie para la localidad tipo, en el departamento de Antioquia, municipio de Sonsón (Sastre-De Jesús, Churchill, & Escobar, 1986). Con el registro de esta especie se amplía el área de distribución a la cordillera Oriental colombiana, por tanto, se recomienda ampliar las caracterizaciones de musgos a regiones poco exploradas como la región del Magdalena Medio, en la parte occidental del departamento de Santander, con lo que, es probable que se continúe ampliando el área de distribución de esta especie y posiblemente, nuevos registros.

## AGRADECIMIENTOS

A Ecopetrol S. A., a través del convenio No. 5211740 con el proyecto “Inventario de flora y fauna, estudio fitofenológico y disponibilidad de alimentos en un área boscosa de 100 ha contigua a la Estación Santa Rosa (Bolívar-Santander)”. A la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, al Herbario UPTC y a los integrantes del Grupo Sistemática Biológica. A los especialistas Edgar Linares (Universidad Nacional de Colombia), William R. Buck (New York Botanical Garden), y a Steven Churchill (Missouri Botanical Garden) por la corroboración de algunos de los ejemplares.

A Jorge D. Mercado por la asesoría en los análisis estadísticos.

## RESUMEN

La brioflora colombiana es considerada una de las más diversas y de amplia distribución en zonas de vida andina y paramuna, debido a la variedad de ambientes, cumple una función como amortiguadora de erosión, regulación de la humedad que incide en el ambiente y en la conservación del hábitat. Este trabajo se realizó en un bosque subandino de 100 ha, del municipio de Bolívar (Santander, Colombia), mediante nueve transectos lineales de 100 x 4 m y se realizaron levantamientos de plantas no vasculares en todos los sustratos encontrados (suelo, rocas, raíces aflorantes, troncos de árboles, materia orgánica en descomposición y tubo de agua -drenajes-). Se registraron 129 ejemplares, pertenecientes a 72 especies en 48 géneros y 21 familias, que corresponden al 7.78 % de especies en el país y representan el 11.16 % de los registros actuales para el departamento de Santander. Las familias con mayor número de especies fueron: Pilotricaceae (15), Neckeraaceae y Fissidentaceae con siete cada una, y Brachytheciaceae, Leucobryaceae y Thuidiaceae con cinco especies cada una. Los géneros más ricos son: *Lepidopilum* (7), *Fissidens* (7) y *Syrrophodon* (4). Treinta y cuatro géneros tienen solo una especie. La mayoría de especies de musgos se encontraron sobre corteza de árboles (20), seguido de las rocas (17) y en suelo (9). Con respecto a las formas de vida, las más abundantes fueron: los cojines (24 especies), cespitosas (23), dendroides (8), reptantes (4) y péndulas (3). A partir de un análisis DCA se observó una mayor riqueza de especies en los transectos ubicados al interior del bosque. Adicionalmente, se encontraron 36 nuevos registros para Santander y uno para Colombia (*Homaliodendron pini-forme* (Brid.) Enroth). Estos resultados muestran que los bosques subandinos colombianos pueden ser el hábitat de una riqueza considerable de especies de musgos, y que es necesario ampliar los inventarios de briófitos en regiones puntuales colombianas como es el caso de estos pequeños remanentes de bosque.

**Palabras clave:** briófitos, hábitat, formas de crecimiento, sustratos, nuevos registros.

## REFERENCIAS

Acebey, A., Gradstein, S. R., & Krömer, T. (2003). Species richness and habitat diversification of bryophytes in submontane rain forest and fallows of Bolivia. *Journal of Tropical Ecology*, 19(1), 9-18.

Aguirre-C, J. (2008a). Diversidad y riqueza de los musgos y líquenes en Colombia -Generalidades y metodología-. En O. Rangel-Ch. (Ed.), *Colombia diversidad biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y*

*líquenes en Colombia* (pp. 19-54). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales.

- Aguirre-C, J. (2008b). Diversidad y riqueza de los musgos en la región natural andina o sistema cordillerano. En O. Rangel-Ch. (Ed.), *Colombia diversidad biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia* (pp. 19-54). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales.
- Aguirre-C, J. (2008c). La Amazonia. En O. Rangel-Ch. (Ed.), *Colombia diversidad biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia* (pp. 85-87). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales.
- Aguirre-C, J., & Avendaño, K. (2008). Musgos en la región Caribe. En O. Rangel-Ch. (Ed.), *Colombia diversidad biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia* (pp. 55-59). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales.
- Aguirre-C, J., & Rangel-Ch, O. (2007). Amenazas a la conservación de las especies de musgos y líquenes en Colombia—Una aproximación inicial. *Caldasia*, 29(2), 235-262.
- Aguirre-C, J., & Rangel-Ch, O. (2008). El Chocó biogeográfico. En O. Rangel-Ch. (Ed.), *Colombia diversidad biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia* (pp. 77-84). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Aguirre-C, J., & Ruiz-A. C. (2001). Composición florística de la brioflora de la Serranía del Perijá (Cesar - Colombia): distribución y ecología. *Caldasia*, 23(1), 181-201.
- Avendaño, K., & Aguirre-C, J. (2008). Los musgos de la Serranía de Perijá (Cesar - Colombia). En O. Rangel-Ch. (Ed.), *Colombia diversidad biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia* (pp. 61-76). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Avendaño-Torres, K., & Aguirre-C, J. (2007). Los musgos (Bryophyta) de la región de Santa María-Boyacá (Colombia). *Caldasia*, 29(1), 59-71.
- Bernal, R., Gradstein, S. R., & Celis, M. (Eds.). 2015. *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>
- Burns, D. A. (2003). Atmospheric nitrogen deposition in the Rocky Mountains of Colorado and southern Wyoming—A review and new analysis of past study results. *Atmospheric Environment*, 37(7), 921-932.
- Cornelissen, J., & Ter Steege, H. (1989). Distribution and ecology of epiphytic bryophytes and lichens in dry



- evergreen forest of Guyana. *Journal of Tropical Ecology*, 5(2), 131-150.
- Chang, S. C., Yeh, C. F., Wu, M.-J., Hsia, Y. J., & Wu, J. T. (2006). Quantifying fog water deposition by in situ exposure experiments in a mountainous coniferous forest in Taiwan. *Forest Ecology and Management*, 224(1), 11-18.
- Churchill, S. (1989). Bryologia Novo Granatensis. Estudios de los musgos de Colombia IV. Catálogo de los nuevos musgos de Colombia. *Tropical Bryology*, 1, 95-133.
- Churchill, S., & Linares, E. (1995). *Prodromus Bryologiae Novo-Granatensis. Introducción a la flora de musgos de Colombia*. Partes 1 y 2. Bogotá: Editorial Guadalupe Ltda.
- Clark, K. L., Nadkarni, N. M., Schaefer, D., & Gholz, H. L. (1998). Atmospheric deposition and net retention of ions by the canopy in a tropical montane forest, Monteverde, Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology*, 14(1), 27-45.
- García, S., Basilio, H., Herazo, V., Mercado, J., & Morales, M. (2016). Diversidad de briófitos en los Montes de María, Colosó (Sucre, Colombia). *Colombia Forestal*, 19(1), 41-52.
- García-Norato, O. M. (2013). Colonización del Caribe - Santander - Colombia 1953-1957 (Tesis doctoral). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia.
- Gil-N. J. E., & Morales-P. M. E. (2014). Estratificación vertical de briófitos epífitos encontrados en *Quercus humboldtii* (Fagaceae) de Boyacá, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 62(2), 719-727.
- Gimingham, C. H., & Birse, E. M. (1957). Ecological studies on growth-form in bryophytes. *Journal of Ecology*, 45(2), 533-545.
- Goffinet, B., Buck, W., & Shaw, J. (2009). Morphology, anatomy and classification of the bryophyta. En B. Goffinet, & J. Shaw. (Eds.), *Bryophyte Biology* (55-138 pp.). Second Edition. Cambridge University Press.
- Gradstein, S. R., Churchill, S., & Salazar-Allen, N. (2001). Guide to the bryophytes of Tropical America. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 86, 1-577.
- Holz, I., Gradstein, S. R., & Heinrichs, J. (2002). Bryophyte diversity, microhabitat differentiation, and distribution of life forms in Costa Rican upper Montane *Quercus* forest. *The Bryologist*, 105(3), 334-348.
- León-Vargas, Y., Engwald, S., & Proctor-M. C. F. (2006). Microclimate, light adaptation and desiccation in two Venezuelan cloud forests. *Journal of Biogeography*, 33(5), 901-913.
- Luo, L., Qin, B., Yang, L., & Song, Y. (2007). Total inputs of phosphorus and nitrogen by wet deposition into Lake Taihu, China. *Hydrobiologia*, 581, 63-70.
- Medina, W. A., Macana-García, D. C., & Sánchez, F. (2015). Aves y mamíferos de bosque altoandino-páramo en el páramo de Rabanal (Boyacá-Colombia). *Ciencia en Desarrollo*, 6(2), 185-198.
- Pinzón, M., & Linares, E. (2006). Diversidad de líquenes y briófitos en la región subxerofítica de la Herrera, Mosquera (Cundinamarca-Colombia). I. Riqueza y estructura. *Caldasia*, 28(2), 243-257.
- Pócs, T. (1982). Tropical forest bryophytes. En A. J. E. Smith (Ed.), *Bryophyte Ecology* (pp 54-104). UK: Chapman and Hall.
- Pursell, R. (1994). Taxonomic notes on Neotropical *Fissidens*. *The Bryologist*, 97(3), 253-271.
- Pursell, R. (2007). Fissidentaceae. Flora Neotropica Monograph, 101. The New York Botanical Garden.
- Rangel-Ch, O. & Aguilar-P, M. (1995). Una aproximación sobre la diversidad climática en las regiones naturales de Colombia. En O. J. Rangel-Ch. (Ed.), *Colombia Diversidad Biótica I* (442 pp.). Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia-Inderena.
- Richards, P. W. (1984). The ecology of tropical forest bryophytes. In R. M. Schuster (Ed.), *New manual of bryology* (Vol. 2, pp. 1233-1270). Nichinan: Hattori Botanical Laboratory.
- Richards, P. W. (1988). Tropical forest bryophytes. Synusia and strategies. *Journal of Hattori Botanical Laboratory*, 64, 1-4.
- Romanski, J., Pharo, E. J., & Kirkpatrick, J. B. (2011). Epiphytic bryophytes and habitat variation in montane rainforest, Peru. *The Bryologist*, 114(4), 720-731.
- Ruiz, C., Aguirre-C, J. & Rangel-Ch, O. (2008). Un estudio de caso: la riqueza de musgos de Tarapacá (Amazonas - Colombia). En O. Rangel-Ch. (Ed.), *Colombia diversidad biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia* (pp. 89-97). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Santos-C, G. & Aguirre-C, J. (2010). Los musgos de la región de Las Quinchas (Magdalena Medio, Colombia). *Caldasia*, 32(2), 257-273.
- Sastre-De Jesús, I., Churchill, S., & Escobar, M. (1986). Catálogo de musgos del departamento de Antioquia, Colombia. *Actualidades Biológicas*, 15(57), 77-94.
- Sharp, A. J., Crum, H., & Eckel, P. M. (1994). *The moss flora of Mexico*. (Parts one and two). *Memoirs of New York Botanical Garden*, 69, 943-945.

- Tropicos®. (2013). Base de Datos, Missouri Botanical Garden. Publicado en internet: <http://www.tropicos.org/> [Abril de 2016]
- Turner, P., & Pharo, E. (2005). Influence of substrate type and forest age on bryophyte species distribution in Tasmanian mixed forest. *The Bryologist*, 108(1), 67-85.
- Vaz, T., & da Costa, D. (2006a). Os gêneros *Brymela*, *Callicostella*, *Crossomitrium*, *Cyclodictyon*, *Hookeriopsis*, *Hypnella* e *Trachyxiphium* (Pilotrichaceae, Bryophyta) no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Botânica Brasileira*, 20(4), 955-973.
- Vaz, T., & da Costa, D. (2006b). Os gêneros *Lepidopilidium*, *Lepidopilum*, *Pilotrichum* e *Thamniopsis* (Pilotrichaceae, Bryophyta) no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Botânica Brasileira*, 20(4), 975-993.
- Welch, W. H. (1968). Hookeriaceae species and distribution in South America. *Proceedings of the Indiana Academy of Science*, 78, 396-405.
- Wolf, J. H. D. (1994). Factors controlling the distribution of vascular and non-vascular epiphytes in the northern Andes. *Vegetatio*, 112, 15-28.
- Wolf, J. H. D. (1995). Non-vascular epiphyte diversity patterns in the canopy of an upper montane rain forest (2550-3670 m), Central cordillera, Colombia. *Selbyana*, 16(2), 185-195.

## ANEXO

Especies de musgos registradas en el bosque de la Estación Santa Rosa (Bolívar - Santander)

Especie	Abreviación DCA	Nuevos registros para el departamento de Santander
<i>Acroporium pungens</i> (Hedw.) Broth.	Ac_pu	x
<i>Actinodontium sprucei</i> (Mitt.) A. Jaeger	Ac_sp	
<i>Aerolindigia capillacea</i> (Hedw.) Broth.	Ae_ca	x
<i>Brachythecium</i> sp.	Bra_sp.	
<i>Bryum</i> sp1.	Bry_sp. 1.	
<i>Bryum</i> sp2.	Bry_sp. 2.	
<i>Callicostella pallida</i> (Hornsch.) Ångström	Cal_pa	x
<i>Callicostellopsis meridiensis</i> (Müll. Hal.) Broth.	Cal_me	x
<i>Campylium praegracile</i> (Mitt.) Broth.	Ca_pra	x
<i>Campylopus huallagensis</i> Broth.	Ca_hu	x
<i>Campylopus</i> sp.	Cam_sp.	
<i>Crossomitrium epiphyllum</i> (Mitt.) Müll. Hal.	Cr_epi	
<i>Crossomitrium patrisiae</i> (Brid.) Müll. Hal.	Cr_pa	
<i>Crossomitrium saprophilum</i> Broth.	Cr_sa	x
<i>Cyclodictyon albicans</i> (Hedw.) Kuntze	Cy_al	
<i>Daltonia pulvinata</i> Mitt.	Da_pu	x
<i>Ectropothecium leptochaeton</i> (Schwägr.) W.R. Buck	Ec_le	x
<i>Fissidens curvatus</i> Hornsch.	Fi_cu	
<i>Fissidens steerei</i> Grout	Fi_st	x
<i>Fissidens flaccidus</i> Mitt.	Fi_fl	x
<i>Fissidens intramarginatus</i> (Hampe) A. Jaeger	Fi_in	x
<i>Fissidens submarginatus</i> Bruch	Fi_su	x
<i>Haplocladium microphyllum</i> (Hedw.) Broth.	Ha_mi	x
<i>Homaliiodendron piniforme</i> (Brid.) Enroth	Ho_pi	x
<i>Hypopterygium tamariscina</i> (Hedw.) Brid. ex Müll. Hal.	Hy_tam	
<i>Isopterygium tenerum</i> (Sw.) Mitt.	Iso_te	
<i>Leiomela</i> sp.	Lei_sp.	
<i>Lepidopilum arcuatum</i> Mitt.	Lep_ar	x
<i>Lepidopilum diaphanum</i> (Sw. ex Hedw.) Mitt.	Lep_di	x
<i>Lepidopilum pallido-nitens</i> (Müll. Hal.) Paris	Lep_pa	x

APÉNDICE (Continuación) / APPENDIX (Continued)

Especie	Abreviación DCA	Nuevos registros para el departamento de Santander
<i>Lepidopilum polytrichoides</i> (Hedw.) Brid.	Lep_po	
<i>Lepidopilum</i> sp.	Lep_sp.	
<i>Lepidopilum surinamense</i> Müll. Hal.	Lep_su	x
<i>Leptodontium</i> sp.	Lept_sp.	
<i>Leskeodon paisa</i> S.P. Churchill	Les_pa	x
<i>Leucobryum albidum</i> (Brid. ex P. Beauv.) Lindb.	Leu_al	x
<i>Leucobryum crispum</i> Müll. Hal.	Leu_cr	
<i>Leucobryum martianum</i> (Hornsch.) Hampe ex Müll. Hal.	Leu_mar	
<i>Leucoloma cruegerianum</i> (Müll. Hal.) A. Jaeger	Le_crue	
<i>Leucomium strumosum</i> (Hornsch.) Mitt.	Leu_st	
<i>Meteoridium remotifolium</i> (Müll. Hal.) Manuel	Me_re	
<i>Neckera chilensis</i> Schimp.	Ne_chi	
<i>Pelekium involvens</i> (Hedw.) Touw	Pel_in	x
<i>Pilotrichidium callicostatum</i> (Müll. Hal.) A. Jaeger	Pi_cal	x
<i>Plagiomnium rhynchophorum</i> (Hook.) T.J. Kop.	Pl_rh	
<i>Porotrichum expansum</i> (Taylor) Mitt.	Po_ex	x
<i>Porotrichum korthalsianum</i> (Dozy & Molk.) Mitt.	Po_ko	x
<i>Porotrichum mutabile</i> Hampe	Po_mu	
<i>Prionodon densus</i> (Sw. ex Hedw.) Müll. Hal.	Pri_de	
<i>Pterogonidium pulchellum</i> (Hook.) Müll. Hal.	Pt_pu	x
<i>Pyrrhobryum spiniforme</i> (Hedw.) Mitt.	Py_sp	
<i>Racopilum tomentosum</i> (Hedw.) Brid.	Ra_to	
<i>Rhodobryum beyrichianum</i> (Hornsch.) Paris	Rh_be	
<i>Rhodobryum</i> sp.	Rh_sp.	
<i>Rhynchostegiopsis</i> aff. <i>Flexuosa</i> (Sull.) Müll. Hal.	Rhy_fl	x
<i>Sematophyllum subsimplex</i> (Hedw.) Mitt.	Se_su	
<i>Squamidium diversicoma</i> (Hampe) Broth.	Sq_di	x
<i>Squamidium leucotrichum</i> (Taylor) Broth.	Sq_le	
<i>Syntrichia</i> sp.	Sy_sp.	
<i>Syrrhopodon gaudichaudii</i> Mont.	Syr_ga	x
<i>Syrrhopodon prolifer</i> Schwägr.	Syr_pr	
<i>Syrrhopodon</i> sp. 1.	Syr_sp1.	
<i>Syrrhopodon</i> sp. 2.	Syr_p2.	
<i>Thamniopsis cruegeriana</i> (Müll. Hal.) W.R. Buck	Tha_cr	x
<i>Thamnobryum fasciculatum</i> (Sw. ex Hedw.) I. Sastre	Thab_fa	x
<i>Thuidium carantae</i> (Müll. Hal.) A. Jaeger	Thu_ca	x
<i>Thuidium peruvianum</i> Mitt.	Thu_pe	
<i>Thuidium tomentosum</i> Schimp.	Thu_to	
<i>Trichosteleum papillosum</i> (Hornsch.) A. Jaeger	Tri_pa	x
<i>Trichostomum tenuirostre</i> (Hook. & Taylor) Lindb.	Tr_ten	
<i>Vesicularia vesicularis</i> (Schwägr.) Broth.	Ve_ve	x