

## Distribución altitudinal de musgos en algunos sustratos en Tipacoque, Colombia

Stefanny Porras-López<sup>1</sup> & María Eugenia Morales-Puentes<sup>2</sup>

### Resumen

**Objetivo.** Determinar la diversidad y abundancia de musgos en un gradiente altitudinal del Parque Natural Municipal “Robledales de Tipacoque”. **Alcance.** Inventario de los musgos encontrados en tres sustratos del Parque. **Metodología.** mediante levantamientos sobre tres sustratos: roca, raíz aflorante y suelo, en transectos lineales de 100 m, separados altitudinalmente cada 200 m, con la toma de datos de cobertura en cm<sup>2</sup> y la elaboración de una matriz de datos ecológicos, se evaluó la abundancia y la riqueza de las especies. **Principales resultados.** Se realizaron 110 levantamientos, donde se registraron 75 especies, distribuidas en 48 géneros y 20 familias; el 50,6 % son musgos pleurocárpicos y el 49,3 % musgos acrocárpicos. Las familias con el mayor número de géneros y especies son Leucobryaceae (2 géneros-14 especies), seguida por Sematophyllaceae (5-10) y Brachytheciaceae (5-6). Los géneros más ricos en especies son *Campylopus* con 13 y *Sematophyllum* con seis. El sustrato con el mayor porcentaje de especies fue roca con 66.6. **Conclusiones.** La composición florística por franjas altitudinales evidencia que, el sector vía al Alto del Gallo (2771 m) presentó mayor diversidad; en cuanto a la similitud entre los transectos, los más correlacionados fueron, 2771 m y 3030 m con un valor de 40 %, en general la flora de musgos está bien diferenciada, por lo que, se encontraron especies restringidas a un rango.


**Palabras clave:** bosque, briófitos, diversidad, páramo, sustratos.


## Altitudinal distribution of mosses in some substrates of the Tipacoque, Colombia

### Abstract

**Objective.** To determine the diversity and abundance of mosses in an altitudinal gradient of the Municipal Natural Park "Robledales of Tipacoque". **Scope.** Inventory of mosses found in three substrates of the Park **Methodology.** using surveys on three substrates: rock, outcrop root and ground, in lineal transects of 100 m at different altitudes every 200 m, with the data collection of coverage in cm<sup>2</sup> and ecological data matrix, the abundance and richness of the present species was evaluated. **Main results.** 110 surveys were carried out, where 75 species were recorded, distributed in 48 genera and 20 families; 50.6% are pleurocarpic mosses and 49.3% are acrocropic mosses. The families with the largest number of genera and species are Leucobryaceae (2 genera-14 species), followed by Sematophyllaceae (5-10) and

\* FR: 23-IX-2019. FA: 7-X-2019.

<sup>1</sup> Grupo Sistemática Biológica, Herbario UPTC, Maestría en Ciencias Biológicas, Escuela de Posgrados en Ciencias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. stefanny.porras@uptc.edu.co  0000-0001-5662-4750

<sup>2</sup> Grupo Sistemática Biológica, Herbario UPTC, Maestría en Ciencias Biológicas, Escuela de Posgrados en Ciencias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. maria.morales@uptc.edu.co  0000-0002-5332-9956

### CÓMO CITAR:

PORRAS-LÓPEZ, S., MORALES-PUENTES, M.E., 2020.- Distribución altitudinal de musgos en algunos sustratos en Tipacoque, Colombia. *Bol. Cient. MusHist. Nat. U. de Caldas*, 24 (1): 15-30. DOI: 10.17151/bccm.2020.24.1.1



Brachytheciaceae (5-6). The genera richest in species are *Campylopus* with 13 and *Sematophyllum* with six. The substrate with the highest percentage of species was a rock with 66.6. **Conclusions.** The floristic composition by altitudinal strips evidences that the sector via to Alto del Gallo (2771 m), presented greater diversity; As for the similarity between the transects, the most correlated were 2771 m and 3030 m with a value of 40%, in general, the mosses flora is well differentiated so that species restricted to a range were found.

**Key words:** bryophytes, diversity, forest, paramo and substrates.

## INTRODUCCIÓN

Los briófitos, y en ellos los musgos, son plantas avasculares fotosintéticas cuya estructura recuerda por analogía al tallo y las hojas de las plantas vasculares (Lloret, 1986), de igual manera, son un componente importante en el bosque húmedo tropical y de montaña en términos de funcionamiento de los ecosistemas, biomasa y diversidad, gracias a la variedad de microhábitats presentes en el bosque (Gradstein, 1992; Gradstein, Griffin, Morales & Nadkarni, 2001). Los musgos pueden ocupar superficies duras, como la corteza de árboles o rocas, que no pueden ser habitadas por la mayoría de las plantas vasculares, haciendo una notoria diferencia en su tolerancia ecológica (Schofield, 1985; Wolf, 1993).

Los briófitos son conocidos como indicadores biológicos del ecosistema, su crecimiento depende de las buenas condiciones de la humedad y de los diferentes sustratos en los que se establezcan (Richards, 1984; Frahm & Gradstein, 1991). Es así como, Churchill & Linares (1995) mencionan que la riqueza de especies es menor en altitudes bajas y, a medida que se asciende altitudinalmente, se incrementa su número hasta alcanzar su máxima expresión en la franja comprendida entre el bosque altoandino y subpáramo (Cuta & Gil, 2017); del mismo modo, Frahm & Gradstein (1991) enfatizan en la sensibilidad de los briófitos a las condiciones climáticas y proponen que este grupo podría ayudar a definir las franjas altitudinales basados en los cambios de cobertura y fitomasa. Por otra parte, Kessler (2000) afirma que, la vegetación cambia gradualmente, así como, los factores abióticos a lo largo de un gradiente altitudinal, y que solamente cuando existen discontinuidades abióticas se presentan límites acentuados en la vegetación.

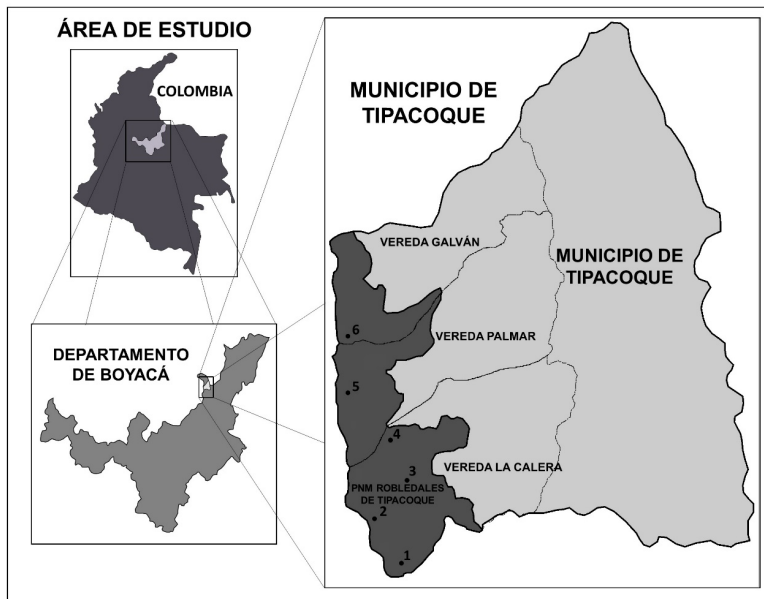
El Parque Natural Municipal “Robledales de Tipacoque” PNMRT, comprende un rango altitudinal que va desde 2800 hasta 3300 m de altitud, en los que se encuentra gran parte de bosque andino, con una amplia dominancia de roble (*Quercus humboldtii*) hasta comunidades de páramo (Fundación Natura Colombia, 2007). La importancia de este ecosistema ha generado estudios como los de Gil-Novoa & Morales-Puentes (2014, 2016) y Vargas-Rojas & Morales-Puentes (2014), con trabajos detallados de la

brioflora del PNMRT sobre la estratificación de los briófitos en el roble y evaluando las hepáticas en diferentes sustratos y rangos altitudinales respectivamente, con el fin de caracterizar la vegetación de este importante ecosistema; del mismo modo, el presente estudio aproxima la riqueza y estructura de los musgos que se encuentran en dicho Parque, mediante la evaluación de tres sustratos (roca, raíz aflorante y suelo desnudo) en un rango altitudinal de 2800 a 3300 m, que permitirán evidenciar la diversidad de estas plantas y su comportamiento en los niveles altitudinales.

## MÉTODOS

### Área de estudio

El Parque Natural Municipal Robledales de Tipacoque (PNMRT) se encuentra ubicado al norte del departamento de Boyacá, en el sector rural del municipio de Tipacoque (figura 1). El PNMRT hace parte del corredor Guantiva-La Rusia-Iguaque, limita al norte con el municipio de Covarachía, al occidente con Onzaga (Santander), al oriente con Boavita y al sur con Soatá (Fundación Natura Colombia, 2007; Gil-Novoa & Morales-Puentes, 2014, 2016; Martínez & Díaz, 2017; Martínez-O., Díaz-Pérez & Morales-Puentes, 2019; Vargas-Rojas & Morales-Puentes, 2014).



**Figura 1.** Localización general del área de estudio en el Parque Natural Municipal “Robledales de Tipacoque” PNMRT, municipio de Tipacoque, Boyacá (Fuente: Modificado de Vargas-Rojas & Morales-Puentes, 2014).

El PNMRT se encuentra conformado por seis sectores conocidos como: Alto La Paja, Alto El Encenillo, Alto El Gallo, El Frailejonal, Alto el Frío y La Cruz del Roble, en la mayoría de estas áreas predominan los bosques andinos que presentan un buen estado de conservación con pequeñas áreas fragmentadas, al igual que zonas de páramo (Alto El Frailejonal); estas áreas han sido afectadas por actividad agropecuaria (pastoreo de ganado vacuno y caprino, así como cultivos de papa). Sin embargo, las comunidades vegetales y animales que persisten presentan una importante diversidad y cumplen una función estratégica en la protección del agua y los suelos, debido a que se genera importantes fuentes hídricas como las quebradas Tipacoque y El Galván que proveen agua a la cabecera municipal y su área de influencia (Fundación Natura Colombia, 2007; Gil-Novoa & Morales-Puentes, 2014, 2016; Vargas-Rojas & Morales-Puentes, 2014).

**Vía al Alto del Gallo (2771 m).** Transecto en bosque de roble, ubicado en sentido occidente-oriente cruzando por la quebrada Tipacoque que conduce al sector llamado Alto del Gallo. El ambiente del sitio es parcialmente oscuro, con poca incidencia de luz y viento, humedad relativa del 80 % y temperatura entre 10-12°C.

**Vía al Encerrado (2880 m).** El transecto en sentido de oriente-occidente, en bosque, se encuentra dominado por roble, con altura del dosel entre 10 y 25 m, área parcialmente abierta o con alta incidencia de vientos y luz, humedad relativa del 70 % y temperatura entre 10-15°C.

**3030 m (Alto del Gallo).** Transecto ubicado de norte-sur, toma parte del camino que conduce al alto de El Gallo, área parcialmente oscura, humedad relativa del 78 % y temperatura promedio de 10°C, se encuentra en medio de un bosque dominado por roble.

**3055 m (Alto de Las Águilas).** Se ubica de norte-sur al lado derecho del camino que conduce al sector Alto de Las Águilas, sector parcialmente abierto, humedad relativa de 65 % y temperatura promedio de 10°C, alta incidencia de luz y viento, bosque de roble.

**3232 m (Alto del Frailejón).** El transecto continuo al camino que conduce al alto del Frailejonal en sentido norte-sur a borde de bosque de roble. Sector abierto, con incidencia del sol y viento, el suelo es más seco y rocoso, humedad relativa del 64 %, temperatura promedio de 15°C.

**3244 m (Alto del Encenillo).** El transecto se ubica contiguo al camino Alto el Encenillo norte-sur en bosque de roble, entre 8-10 m de altura; ambiente parcialmente oscuro con una humedad relativa de 80 %, temperatura de 10°C.

**Muestras:** se realizaron seis transectos lineales de 100 x 2,5 m, escogidos al azar cada 200 m de altitud, entre los 2800 y 3200 m en el PNMRT.

Es así como se evaluaron tres sustratos: roca, suelo y raíces aflorantes presentes en el transecto, y se tomó una muestra representativa en cada levantamiento, dentro de lo posible con estructuras reproductivas, así también se tomaron datos de cobertura (cm<sup>2</sup>, mediante una planilla de acetato de 20 x 30 cm, según Iwatsuki, 1960). Para la toma de datos ecológicos se realizó una variación a la matriz de Churchill & Linares (1995), esta tabla incluyó información sobre el sustrato, hábito y forma de crecimiento.

La abundancia se estimó por observación según la escala propuesta por Braun Blanquet (1979), descrita de la siguiente forma: 1 = muy escaso (0-20%), 2 = escaso (21-40%), 3 = poco abundante (41-60%), 4 = abundante (61-80%), y 5 = muy abundante (81-100 %).

Los musgos se recolectaron bajo la numeración de *Porras-L., S.* y las muestras se empaquetaron en bolsas de papel, debidamente rotuladas con el número de colección; la información recogida de estas muestras fue consignada en la libreta de campo con datos de localidad y descripción del sitio de muestreo.

La determinación del material se efectuó mediante el uso de claves y bibliografía especializada como: Churchill & Linares (1995), Florschütz de Waard (1996), Gradstein, Churchill & Salazar-Allen (2001) y Sharp, Crum & Eckel (1994). De igual manera, se corroboró el nombre de las especies a través de la revisión nomenclatural de Andean Bryophytes (Tropicos, 2017).

**Análisis de datos:** se evaluó la riqueza de especies con el uso del índice de riqueza específica (S), que consiste en cuantificar el número de especies encontradas en cada uno de los transectos lineales (Moreno, 2001).

A partir del registro de las coberturas de cada una de las especies, se evaluó la estructura por medio de dos índices de abundancia proporcional: el índice de Simpson (D) como parámetro de dominancia y el índice de Shanon-Wiener (H') como parámetro de equidad (Moreno, 2001). Igualmente, se evaluó la diversidad Beta con el coeficiente de similitud de Jaccard (Cualitativo):  $C_j = j/(a+b-j)$ ; donde j, es el número de especies halladas en ambas localidades y a el número de especies de la localidad A, siendo b el número de especies de la localidad B. Estos índices están diseñados para ser igual a 1 en casos de similitud completa, e igual a 0, si las estaciones son disimilares y no tienen especies en común. Todas las especies tienen un peso igual en la ecuación, con independencia de sí, son abundantes o raras (Moreno, 2001). Con el fin de estimar el grado de similitud entre altitudes y sustratos. Los índices fueron calculados por medio del programa *PAST (Palaeontological Statistics, ver. 1.12., 2003)*.

**Tabla 1.** Índices de riqueza para las especies de musgos presentes en los rangos altitudinales estudiados PNMRT.

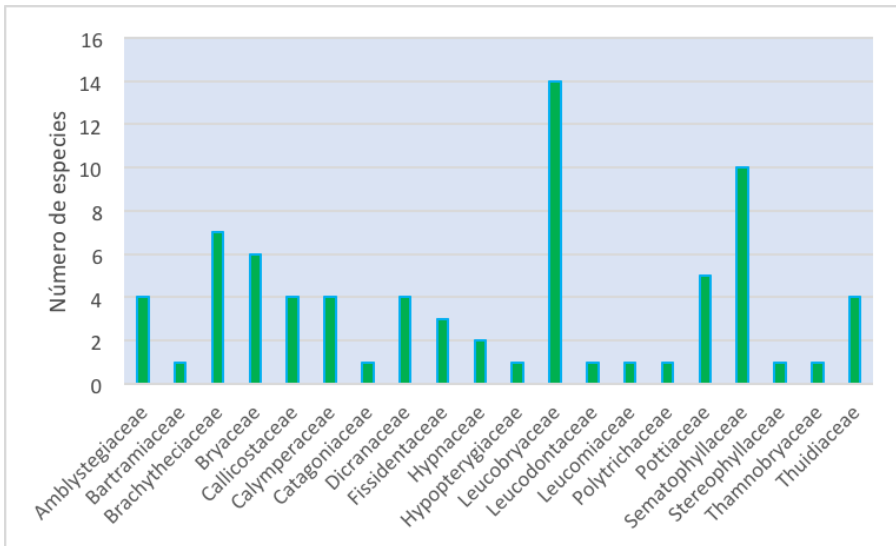
ÍNDICE	2771 m	2880 m	3030 m	3055 m	3232 m	3244 m
Taxa_S	25	18	15	23	18	22
Shannon_H	3,219	2,89	2,708	3,135	2,89	3,041
Dominance_D	0,04	0,05556	0,06667	0,04348	0,05556	0,05208
Simpson_1-D	0,96	0,9444	0,9333	0,9565	0,9444	0,9479

Fuente: propia

## RESULTADOS

Se realizaron 110 levantamientos con 200 muestras recolectadas, los cuales corresponden a 75 especies en 48 géneros y 20 familias (figura 2). De las especies presentes, el 49,3 % presentan hábito acrocárpico y el 50,6 % pleurocárpico. Las rocas presentaron la mayor cobertura de musgos con 15950.4 cm<sup>2</sup>, seguido por el suelo con 13166,16 y, por último, las raíces aflorantes de roble con 6024,48 cm<sup>2</sup>.

Las familias más diversas se encuentran representadas por Leucobryaceae (14 especies) con el 19 % de la diversidad total, seguida por Sematophyllaceae (10) con el 13 % y Brachytheciaceae (7) con el 9 % (figura 2). Los géneros más diversos fueron *Campylopus* con 13 especies (17.3 %) y *Sematophyllum* con seis (8 %).

**Figura 2.** Número de especies presentes en las familias encontradas en el PNMRT (Fuente: propia).

La abundancia en las rocas fue registrada con la presencia de 71 de las 93 muestras, en la escala de muy escaso a poco abundante (0-60 %) y 22 entre abundante y muy abundante (61-100 %); en el suelo se encontraron, 48 muestras entre muy escaso a poco abundante y 16 entre abundante-muy abundante, para un total de 64 ejemplares recolectados; mientras que, las raíces aflorantes presentaron 35 muestras de las 43 recolectadas, en la escala de muy escaso a escaso (0-40 %) y ocho entre abundante y muy abundante.

La riqueza en los sustratos evaluados evidenció a las rocas como el sustrato más rico, debido a que presentó el 66,6 % de las especies encontradas (50), seguido del suelo 48 % (36) y por último las raíces aflorantes de roble 37,3 % (28).

**Roca:** se realizaron 57 levantamientos correspondiente a 50 especies, 32 géneros y 18 familias. Las familias más diversas fueron, Sematophyllaceae con 18,3 % (9 especies), seguido por Leucobryaceae con 16,3 % (8 especies), mientras que Brachytheciaceae y Amblystegiaceae con 8,2 % (4 especies cada una) y Pilotrichaceae, Pottiaceae y Thuidiaceae con 6,1 % (3 especies cada una); por último, las familias con la riqueza más baja fueron Bryaceae, Calymperaceae, Dicranaceae y Leucodontaceae con 4,1 % (2 especies cada una) y Fissidentaceae, Hypnaceae, Hypopterygiaceae, Leucomiaceae, Polytrichaceae, Stereophyllaceae y Thamnobryaceae 2 % (con una especie cada una).

**Suelo:** se realizaron 40 levantamientos con 36 especies en 26 géneros y 14 familias. Las familias más diversas fueron, Leucobryaceae con 18,9 % (7 especies), seguido por Bryaceae 16,2 % (6), Brachytheciaceae, Sematophyllaceae y Dicranaceae 10,8 % (4 especies cada una), mientras que, Amblystegiaceae, Fissidentaceae e Hypnaceae 5,4 % (2 especies cada una) y Bartramiaceae, Calymperaceae, Polytrichaceae, Pottiaceae, Stereophyllaceae y Thuidiaceae representaron el 2,7 % (una especie cada una).

**Raíz aflorante de roble:** se realizaron 25 levantamientos, donde se hallaron 28 especies en 22 géneros y 13 familias. La familia más diversa fue Leucobryaceae con 25 % (7 especies), seguida por Sematophyllaceae con 14,2 % (4), Calymperaceae y Dicranaceae con 10,7 % (3), Amblystegiaceae y Pottiaceae con 7,14 % (2 especies cada una), mientras que, las familias restantes Catagoniaceae, Hypopterygiaceae, Brachytheciaceae, Thuidiaceae, Bryaceae, Leucomiaceae y Pilotrichaceae constituyeron solo el 3,57 % (una especie cada una).

De acuerdo con el índice de Shanon-Wiener ( $H'$ ), el sustrato con mayor uniformidad en la distribución de las especies es la roca con un valor de 3.296, seguido del suelo con 2.966, y el sustrato con menor uniformidad fue raíz aflorante con 1.983. En cuanto a la dominancia el valor más alto es la raíz aflorante con 0.3023, mientras que el más bajo fue roca con 0,05434, lo que indica el sustrato con mayor diversidad como lo muestra el índice de diversidad (1-D), siendo la roca, el sustrato con el valor más alto (0,9457), seguido por el suelo (0,9355) y la raíz aflorante la menor diversidad (0,6977).

El índice de similitud de Jaccard agrupó a los sustratos suelo y roca como los de mayor correlación (34 %), mientras que, raíz aflorante presenta una correlación de 20 % con respecto a la roca y el suelo, siendo más heterogénea en la composición a nivel del sustrato.

### Distribución altitudinal

**Vía al Alto del Gallo (2771 m).** Se encontraron 25 taxones, de los cuales se destacan, Amblystegiaceae y Pilotrichaceae con seis taxones cada una, las especies con mayor frecuencia *Aerolindigia capillaceae*, *Rhynchostegium serrulatum* y *Trachyxiphium subfalcatum*, crecen como tapetes muy adheridos al sustrato, con coberturas pequeñas (0-20 %), poco exuberantes, con dominio de pleurocárpicos y el sustrato roca (tabla 2).

**Vía al Encerrado (2880 m).** Se encontraron 18 taxones, la familia con mayor número de especies, Dicranaceae (4), las más frecuentes *Holomitrium pulchellum*, *Dicranum frigidum* y *Dicranella heteromalla*, crecen en forma de césped y *Ectropothecium leptochaeton*, *Sematophyllum cuspidiferum* y *Rauarella praelonga* en tapete en el suelo desnudo con coberturas muy bajas (0-20 %), y con hábito acrocárpico (tabla 2).

**3030 m (Alto del Gallo).** Con 15 especies entre las que se destacan, nueve especies de Brachytheciaceae y cinco de Pilotrichaceae; las especies con mayor distribución a lo largo del transecto fueron *Aerolindigia capillaceae*, *Rhynchostegium serrulatum* y *Trachyxiphium subfalcatum*, en forma de tapetes muy adheridos al sustrato; todas las especies en el transecto con coberturas muy bajas (0-20 %), donde el sustrato roca, exhibe la mayoría de las especies con hábito pleurocárpico en gran parte (tabla 2).

**3055 m (Alto de Las Águilas).** Se presentan 23 taxones, siete de Leucobryaceae, seguido por seis de Sematophyllaceae, con especies frecuentes a lo largo del transecto como *Campylopus savannarum*, *C. densicoma* var. *yungarum* y *C. aff. zygodonticarpus*, con crecimiento en césped y *Heterophyllum affine*, *Aptychella prolifera* y *Drepanocladus exannulatus*, las cuales crecen en tapetes. Las coberturas en este transecto alcanzan hasta el 20 %, la mayoría de las especies son acrocárpicas y están presentes en el suelo (tabla 2).

**3232 m (Alto del Frailejón).** Se encontraron 18 taxones, la familia con mayor número de especies fue Leucobryaceae (6), y las especies con mayor frecuencia y distribución fueron *Campylopus pilifer*, *C. cleefii*, *Bryum argenteum*, *Leptodontium filicola* y *Polytrichum juniperinum*, en este rango altitudinal predominaron las formas de césped o colchones muy agrupados, en su mayoría hábitos acrocárpicos, la escala de abundancia se encuentra entre muy escaso y muy abundante, con mayor dominancia en rocas.



**Tabla 2.** Cobertura en cm<sup>2</sup> de las especies de musgos encontradas en Parque Natural Municipal “Robledales de Tipacoque” PNMRT.

FAMILIAS	ESPECIES	ROCA (cm <sup>2</sup> )	SUELO (cm <sup>2</sup> )	RAÍZ AFLO-RANTE (cm <sup>2</sup> )
AMBLYSTEGIACEAE	<i>Amblystegium serpens</i>	399,6	66,96	0
	<i>Campylium polygamum</i>	199,2	0	0
	<i>Campylium praegracile</i>	399,6	0	119,58
	<i>Drepanocladus exannulatus</i>	399,6	912	149,4
BARTRAMIACEAE	<i>Breutelia chrysea</i>	0	699,6	0
BRACHYTHECIACEAE	<i>Aerolindigia capillacea</i>	207,54	24,96	0
	<i>Brachythecium rutabulum</i>	407,4	55,8	0
	<i>Palamocladium leskeoides</i>	99,6	0	150
	<i>Rhynchostegia flexuosa</i>	0	0	24,96
	<i>Rhynchostegium scariosum</i>	0	24,96	0
	<i>Rhynchostegium serrulatum</i>	54,96	42	0
	<i>Rozea subjulaceae</i>	499,2	0	0
BRYACEAE	<i>Bryum argenteum</i>	0	33,96	0
	<i>Poblia elongata</i>	0	150	0
	<i>Rhodobryum aff. roseum</i>	0	15	0
	<i>Rhodobryum perspinidens</i>	174,6	349,8	0
	<i>Rhodobryum roseodens</i>	24,96	399,6	0
	<i>Rhodobryum sp.</i>	0	0	9,6
CALYMPERACEAE	<i>Calymperes sp1</i>	24,6	99,6	0
	<i>Calymperes sp2</i>	0	0	24,6
	<i>Syrrhopodon incompletus</i>	0	0	49,8
	<i>Syrrhopodon sp1</i>	24,96	0	106,8
CATAGONIACEAE	<i>Catagonium brevicaudatum</i>	0	0	24,6
DICRANACEAE	<i>Campylopus aff. zygodonticarpus</i>	600	1800	0
	<i>Campylopus anderssonii</i>	0	150	199,8
	<i>Campylopus cleefii</i>	136,56	0	0
	<i>Campylopus densicoma var. yungarum</i>	36	0	49,8
	<i>Campylopus flexuosus</i>	699,6	0	15
	<i>Campylopus heterostachys</i>	279	624,6	0
	<i>Campylopus jamesonii</i>	199,8	0	0
	<i>Campylopus nivalis</i>	0	0	99,6
<i>Campylopus pilifer</i>	24,96	39,96	0	

FAMILIAS	ESPECIES	ROCA (cm <sup>2</sup> )	SUELO (cm <sup>2</sup> )	RAÍZ AFLO-RANTE (cm <sup>2</sup> )
DICRANACEAE	<i>Campylopus savannarum</i>	259,8	0	0
	<i>Campylopus trichophylloides</i>	0	0	99,6
	<i>Campylopus trivialis</i>	15	149,4	0
	<i>Campylopus zygodonticarpus</i>	0	499,2	0
	<i>Dicranella heteromalla</i>	0	99,6	0
	<i>Dicranodontium aff. pulchroalare</i>	0	24,96	150
	<i>Dicranum frigidum</i>	174,6	869,4	174,6
	<i>Holomitrium pulchellum</i>	49,8	9	64,2
FISSIDENTACEAE	<i>Fissidens diplodus</i>	0	9	0
	<i>Fissidens dissitifolius</i>	78	0	0
	<i>Fissidens rigidulus</i>	0	15	0
HYPNACEAE	<i>Ectropothecium leptochaeton</i>	49,8	814,8	0
	<i>Hypnum amabile</i>	0	600	0
HYOPTERYGIACEAE	<i>Hypopterygium tamariscinum</i>	598,86	0	399,6
LEUCOBRYACEAE	<i>Leucobryum martianum</i>	0	1200	72
LEUCODONTACEAE	<i>Leucodon curvirostris</i>	239,4	0	0
LEUCOMIACEAE	<i>Leucomium strumosum</i>	1200	0	0
	<i>Trachyxiophium glanduliferum</i>	79,8	0	0
	<i>Trachyxiophium steerei</i>	74,4	0	0
PILOTRICHACEAE	<i>Trachyxiophium subfalcatum</i>	109,92	0	122,94
	<i>Polytrichum juniperinum</i>	1099,2	549	0
POLYTRICHACEAE	<i>Didymodon aff. umbrosus</i>	0	0	24,6
	<i>Leptodontium aff. stoloniferum</i>	0	0	39,6
	<i>Leptodontium filicola</i>	799,2	649,8	0
	<i>Leptodontium viticulosoides</i>	600	0	0
	<i>Weissia controversa</i>	24,96	0	0
POTTIACEAE	<i>Acroporium estrellae</i>	0	0	24,6
	<i>Aptychella proligera</i>	234,6	0	15
	<i>Heterophyllum affine</i>	2341,2	1050	3199,2
	<i>Sematophyllum adnatum</i>	99,6	0	0
	<i>Sematophyllum aff. adnatum</i>	49,8	0	0
	<i>Sematophyllum aff. swartzii</i>	24,96	9	15
	<i>Sematophyllum cuspidiferum</i>	49,8	15	0
	<i>Sematophyllum erythropodium</i>	399,6	0	0
	<i>Sematophyllum subsimplex</i>	6	0	0
	<i>Wijkia subnitida</i>	164,4	600	0

FAMILIAS	ESPECIES	ROCA (cm <sup>2</sup> )	SUELO (cm <sup>2</sup> )	RAÍZ AFLO-RANTE (cm <sup>2</sup> )
STEREOPHYLLACEAE	<i>Stereophyllum radiculosum</i>	24,96	99,6	0
THAMNOBRYACEAE	<i>Porotrichum expansum</i>	525	0	0
	<i>Cyrto-hypnum campanulatum</i>	399,6	0	0
	<i>Rauiella praelonga</i>	0	414,6	600
THUIDIACEAE	<i>Thuidium carantae</i>	72	0	0
	<i>Thuidium peruvianum</i>	1199,4	0	0

Fuente: propia

**3244 m (Alto del Encenillo).** Se encontraron 22 taxones, donde Leucobryaceae registra seis, seguida por Sematophyllaceae (5); *Heterophyllum affine* es la especie con mayor frecuencia, seguida por *Holomitrium pulchellum* y *Campylopus heterostachys* que crecen en tapetes y céspedes respectivamente, siendo las formas de crecimientos más comunes en este transecto; de igual manera, y van desde muy escasos hasta poco abundantes, y forman grandes comunidades que comparten el mismo sustrato, y donde la raíz aflorante tiene la mayor presencia de musgos y los hábitos de crecimiento acrocárpico y pleurocárpico se encuentran muy bien distribuidos entre los taxa. Se destaca la presencia de especies como *Acroporium estrellae*, *Actinodontium sprucei*, *Calymperes* sp1, *Campylopus nivalis*, *Catagonium brevicaudatum*, *Didymodon* aff. *umbrosus*, *Fissidens rigidulus*, *Palamocladium leskeoides* y *Rhodobryum* aff. *roseum* por encontrarse exclusivas para este transecto.

De acuerdo con el índice de Shanon-Wiener el transecto en el rango altitudinal con mayor uniformidad en la distribución de las especies es el de 2771 m (con un valor de 3,219), seguido por 3055 m (3,135) y 3244 m (3,041); el rango altitudinal que presentó menor uniformidad fue 3030 m (con 2,708). En cuanto a la dominancia, el valor más alto es 3030 m (0,06667), lo que indica que es el transecto con menor diversidad, seguido por 2880 y 3232 m (0,05556 cada uno). El índice de diversidad refleja que el rango altitudinal 2771 m, que presenta mayor diversidad (con un valor de 0,96), seguido por 3055 y 3244 m (con valores de 0,9565 y 0,9479 respectivamente) (tabla 1).

## DISCUSIÓN

El estudio realizado en el PNMRT muestra una alta riqueza de especies (75), de las cuales, 24 son nuevos registros para Boyacá, comparado con los trabajos de Churchill & Linares (1995), Gil-Novoa y Morales-Puentes (2014, 2016), donde presentaron 233 especies para el departamento de Boyacá; El PNMRT presenta el 32,1 % de las especies presentes en el departamento, considerando que este estudio solo evalúa tres sustratos, el número puede aumentar al cubrir más sustratos, llegando así a considerar la cifra de 400 especies para Boyacá propuesta por Churchill & Linares (1995) y Ramírez- Padilla (2013).

La familia más rica es Leucobryaceae con el género *Campylopus*, tal y como lo muestran muchos estudios, entre ellos, los de Gil-Novoa y Morales-Puentes (2014, 2016), Pinzón & Linares (2006) y Ruíz & Aguirre (2003). Según Frahm & Gradstein (1991) este grupo presenta taxones típicos de hábitats abiertos, por presentar características como el hábito acrocárpico, forma de crecimiento en césped y una serie de adaptaciones morfo-anatómicas tales como, presencia de banda central en el tallo y costa con estereidas, células basales hialinas que permiten la diversificación en todos los ambientes.

El sustrato con mayor riqueza de musgos es la roca, lo que coincide con el estudio realizado por García et al. (2015), donde evidencian que las rocas son el sustrato con mayor abundancia de musgos, esto debido a las condiciones microclimáticas que se presentan en las fisuras y agujeros donde se puede acumular polvo, materia orgánica y agua (Gradstein et al., 2001). Las rocas se encuentran ampliamente distribuidas en todo el PNMRT, las coberturas de los musgos sobre las rocas varían según la zona donde éstas se encuentren; dentro del bosque de robledales (2771, 2880, 3030, 3055, 3244 m altitudinales) la superficie de las rocas suele estar cubierta por tapetes de musgos exuberantes y, en el subpáramo (3232 m), las rocas presentan grietas con hendiduras de diversa profundidad en las que se acumula polvo, materia orgánica y, temporalmente, agua, lo que favorece el desarrollo de un buen número de especies, creciendo en forma de césped en pequeños conglomerados, donde el hábito acrocárpico de los musgos es el que domina (Pinzón & Linares, 2006). Sin embargo, los porcentajes de coberturas de musgos registrados sobre las rocas muestran la mayoría de las especies en un rango desde muy escasos hasta poco abundantes (0-60 %), lo que puede ser atribuido a la época seca en la que se realizó el muestreo, ya que el aumento de biomasa en los musgos se ve incrementada con el contenido del agua (Ruíz, Linares & Morales, 2006; Spitale, 2017). De igual manera, la presencia de ambientes sombríos y resguardados de la acción del viento, donde existe una alta humedad, permite que los briófitos se desarrollen con amplias coberturas (Wolf, 1993), aspectos que también se presentan en el PNMRT en los rangos altitudinales 2771 m, transecto que se encuentra trazado junto a una quebrada y en medio del bosque.

La cobertura se relaciona directamente con el grado de exposición de los briófitos al macroclima existente, condiciones que se presentan en el Alto El Frailejón (3232 m), con especies como *Campylopus cleefii*, *Bryum argenteum* y *Leptodontium filicola*, que resaltan por su frecuencia y distribución en el transecto; además, por estar restringidas a este rango altitudinal, lo cual es también evidenciado por Pinzón & Linares (2006), donde Dicranaceae, Pottiaceae y Bryaceae dominaron los sitios abiertos y xerofíticos por atributos como la presencia de papilas numerosas sobre la lámina, márgenes fuertemente involutas, costas fuertes y gruesas, extremos de las hojas canescentes y los hábitos no exuberantes, restringiéndose así el aumento de la biomasa (Pócs, 1982).

Las rocas son el sustrato más uniforme, visto con el índice de Shanon-Wiener ( $H'$ ) y con el valor más alto de diversidad ( $1-D$ ). No obstante, el suelo presenta también valores altos en diversidad como lo indica Holz, Gradstein, Heinrichs & Kappelle (2002), siendo el suelo rico en especies, lo que puede ser atribuido a las condiciones que ofrece la vegetación arbustiva acompañante, ya que, estos ambientes sombríos y resguardados de la acción del viento, permiten que los musgos exhiban altas coberturas (Lagos, Sáenz & Morales-Puentes, 2008; Wolf, 1993), aunque el exceso de radiación solar puede llegar a limitar su crecimiento (Richards, 1984).

De igual manera Holz et al. (2002) afirman en su estudio con briófitos en robledales, que el suelo de estos bosques juega un papel importante como hábitat para estas plantas, debido a que, estos ecosistemas brindan un gran número de microhábitats, donde se exhiben muchas formas de crecimiento, tales como césped, representados por especies de Polytrichaceae, Dicranaceae, Leucobryaceae y Calymperaceae, y Pócs (1982) las destaca como especies acidófilas, por crecer en la capa superior del suelo. Del mismo modo, los resultados obtenidos en este trabajo mediante el análisis de similitud (Jaccard), establece una correlación entre los sustratos suelo y roca, debido a que comparten gran parte de las especies presentes (Porrás-López, 2011).

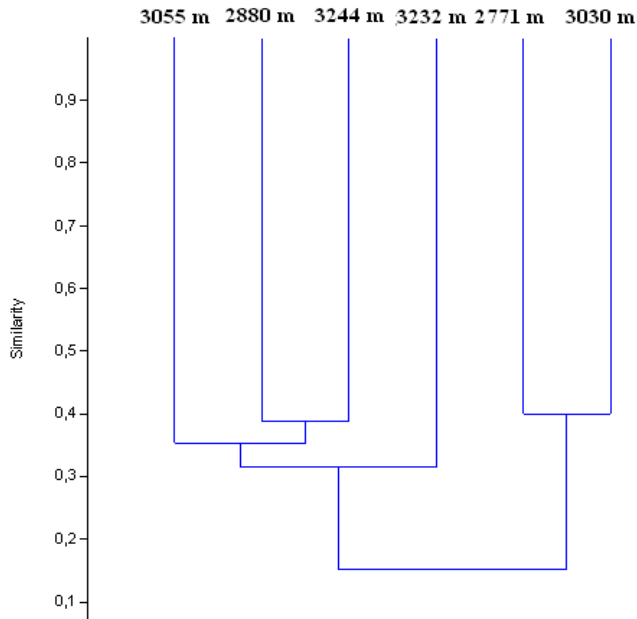
Por otro lado, las raíces aflorantes de los robles presentaron la menor riqueza y cobertura; solo en el transecto realizado en el sector Alto del Encenillo (3244 m), se muestran estas raíces, dominando sobre los demás sustratos, y se puede atribuir a que los robles presentes en este fragmento de bosque tienen amplia sombra de dosel, propiciando un ambiente para el crecimiento exuberante de los briófitos (Gil-Novoa & Morales-Puentes, 2014; Porrás-López, 2011; Wolf, 2003).

Se observa una particularidad en el Alto del Encenillo, donde los musgos crecen en las raíces aflorantes con mayor cobertura que en el resto del árbol; lo anterior, se puede atribuir a la acumulación de agua lluvia por escorrentía, que genera humedad, dando las condiciones óptimas para el crecimiento de los musgos (Richards, 1984). En esta área del muestreo, las raíces aflorantes se tornan como una zona de transición entre el suelo y el bosque, que ofrece el nicho adecuado para el crecimiento de los briófitos, similar al que cumplen, las bases de los árboles (Pócs, 1982).

El crecimiento de los musgos sobre las raíces aflorantes de roble en el sector Alto del Encenillo, también se debe a que la superficie del suelo se encuentra cubierta por materia en descomposición; esta capa impide la adhesión de los musgos al suelo y restringe su crecimiento (Richards, 1984), bajo estas condiciones, los briófitos no se establecen con firmeza, por lo que terminan colonizando las raíces aflorantes, de tal manera que los briófitos terrestres no forman un estrato continuo, pero se encuentran en el suelo en forma esporádica (Pócs, 1982).

En cuanto a la distribución de musgos en los rangos altitudinales, se observa que no se presentan las mismas especies en todos los rangos, se evidenció la restricción por la mayoría de las especies a un rango altitudinal determinado; es el caso del rango de los 2771 m se observa la restricción de las taxa *Sematophyllum erythropodium*, *Rozea subjulaceae*, *Rhodobryum roseodens*, *Porotrichum expansum*, *Leucomium strumosum*, *Fissidens diplodus*, *Cyrto-hypnum campanulatum* y *Amblystegium serpens*.

Para el rango de 2880 m se presentan como especies exclusivas *Campylopus zygodonticarpus*, *Dicranella heteromalla*, *Pohlia elongata* y *S. cuspidiferum*; a los 3030 m de altura las especies restringidas son *Aerolindigia capillaceae*, *Thuidium carantae*, *Trachyxiphium glanduliferum* y *Rhodobryum* sp. Para el transecto de 3055 m las especies exclusivas son *Calymperes* sp2, *Campylopus densicoma* var. *yungarum*, *C. savannarum*, *Leptodontium* aff. *stoloniferum*, *Leucobryum martianum*, *Sematophyllum* aff. *adnatum*, *S. subsimplex* y *Syrrophodon incompletus*.



**Figura 3.** Índice de similitud de Jaccard entre los seis transectos evaluados (Fuente: propia).

El transecto de 3232 m se destaca por presentar a *Bryum argenteum*, *Campylopus cleefii*, *C. jamesonii*, *C. pilifer*, *Hypnum amabile*, *Leptodontium filicola*, *Sematophyllum adnatum* y *Weissia controversa* exclusivas de la zona. Por último, en el transecto de 3244 m las especies exclusivas son *Acroporium estrellae*, *Actinodontium sprucei*, *Calymperes* sp1, *Campylopus nivalis*, *Catagonium brevicaudatum*, *Didymodon* aff. *umbrosus*, *Fissidens rigidulus*, *Palamocladium leskeoides* y *Rhodobryum* aff. *roseum*; estas especificidades se

pueden atribuir a los factores como sustrato y altitud, que se presentan en los distintos sectores, condiciones que afectan el desarrollo de los briófitos (Frahm & Gradstein, 1991) (figura 2).

En cuanto a la similitud entre los transectos, los rangos altitudinales más correlacionados fueron, 2771 y 3030 m con un valor de 40%, seguido de 2880 y 3244 m altitudinales con 39% de similitud; a su vez, se encuentran relacionados con los 3055 m al presentar una similitud de 35%. Por último, se observa que el rango altitudinal de 3232 m muestra la similitud más baja (32%), siendo el menos relacionado con el resto de los transectos (figura 3).

A medida que se asciende en el rango altitudinal, se evidencia que la cobertura de especies comienza a disminuir y ser menos constantes, como, por ejemplo, el número de taxones encontrados en el rango más alto (3244 m) fue de 22, en 3232 m se encontraron 18 taxones y en el rango más bajo (2771 m) el total de taxones encontrados fue de 25 (Richards, 1984; Ramírez-Padilla, 2013; Ruíz & Aguirre, 2003) y en zonas de subpáramo, el sustrato roca se convierte en el dominante de la zona.

El hábito acrocárpico de los musgos usualmente se presenta en un ambiente heliófilo (*Leptodontium filicola*) y el pleurocárpico en ambientes ombrófilos (*Thuidium peruvianum*), Moreno-Gaona, Gil-Novoa, Morales-Puentes & Gil-Leguizamón (2018) muestran que las formas de crecimiento se encuentran directamente relacionadas con las condiciones de los microhábitats, en ese caso el hábito pleurocárpico se presentó dominante en la mayoría de las especies, siendo esto, en una zona más cálida, lo que contrasta con este estudio donde el hábito acrocárpico domina y se evidencia mayor capacidad de resistencia a la incidencia de luz y viento, como *Campylopus flexuosus*, en ambientes con condiciones de exposición como *Bryum argenteum* y *Dicranum frigidum* (Holz et al., 2002; Gradstein et al., 2001). Por otro lado, las plantas pleurocárpicas dominan la forma de crecimiento en tapete como *Thuidium peruvianum*, donde se extienden sobre el sustrato en el Alto del Encenillo (Porrás-López, 2011; Pinzón & Linares, 2006) en áreas abiertas y expuestas.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, a la Escuela de Biología y a la Maestría en Ciencias Biológicas. Al Grupo Sistemática Biológica y al herbario UPTC por todo el apoyo logístico y financiero. A J.E. Gil-Novoa por el apoyo en determinaciones. Así también a la población de Tipacoque y a la administración del municipio de Tipacoque de su momento con el Sr. alcalde de su momento N.H. Melgarejo.

## REFERENCIAS

- Braun-Blanquet, J. (1979). *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Madrid, España: Ediciones Brume.
- Churchill, S. & Linares, E. (1995). *Prodromus Bryologiae Novo-Granatensis. Introducción a la flora de musgos de Colombia*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales.
- Cuta, L. E. & Gil, J. E. (2017). Brioflora de un fragmento de bosque subandino en el municipio de Bolívar (Santander-Colombia). *Ciencia en Desarrollo, 1E*(Suplemento Especial), 146-147.
- Florschütz-de Waard, J. (1996). Key to the genera of mosses of the Guianas. In A. R. A. Gürts van Rijn Musci. (Ed), *Flora of the Guianas* (pp. 480-489). Flora of the Guianas. Leiden: Botanical Garden Kew.
- Frahm, J. P. & Gradstein, S. R. (1991). An altitudinal zonation of tropical rain forests using bryophytes. Universidad de Duisburg, Germany. *J Biogeogr.*, 18, 669-678.
- Fundación Natura Colombia. (2007). *Diagnóstico socioambiental del PNM "Robledales de Tipacoque" y su área de influencia*. Convenio 106-107.
- García, M. S., Basilio, H., Herazo, F., Mercado, J. & Morales, M. (2016). Diversidad de briófitos en los Montes de María, Colosó (Sucre, Colombia). *Colombia Forestal*, 19(1), 41-52.
- Gil-Novoa, J. E. & Morales-Puentes, M. E. (2014). Estratificación vertical de briófitos epífitos de *Quercus humboldtii* (Fagales: Fagaceae) en el Parque Natural Municipal "Robledales de Tipacoque" (Boyacá - Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 62(2), 719-727.
- Gil-Novoa, J. E. & Morales-Puentes, M. E. (2016). Catálogo de briófitos epífitos de roble (*Quercus humboldtii*: Fagaceae), en el municipio de Tipacoque, Boyacá-Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. nat.*, 20(2), 19-32.
- Gradstein, S. R. (1992). Threatened bryophytes of the Neotropical rain forest: a status report. Holanda. *Tropical Bryology*, 6, 83-93.
- Gradstein, S. R., Griffin, D., Morales, M. & Nadkarni, N. (2001). Diversity and habitat differentiation of mosses and liverworts in the cloud forest of Monteverde, Costa Rica. *Caldasia*, 23(1), 203-212.
- Gradstein, S.R., Churchill, S. & Salazar-Allen, N. (2001). Guide to the bryophytes of tropical America. *Memoirs of New York Botanical Garden*, 86.
- 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. *Bryologist*, 105(3), 334-348.
- Iwatsuki, Z. (1960). The epiphytic bryophyte communities in Japan. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*, 22, 159-339.
- Kessler, M. (2000). Altitudinal zonation of Andean cryptogam communities. *J Biogeogr.*, 27, 275-282.
- Lagos, M., Sáenz, F. & Morales-Puentes, M. E. (2008). Briófitos reófilos de tres quebradas del páramo de Mampacha, Chinavita (Boyacá-Colombia). *Act Biol. Col.*, 13(1), 143-160.
- Lloret, F. (1986). La vegetación briofítica rupícola en relación con los gradientes altitudinal e hídrico en el Montseny (Barcelona). *Orsis*, 2, 55-70.
- Martínez, M. & Díaz, C. N. (2017). Riqueza de musgos por sustratos en un gradiente altitudinal del Complejo de Páramos Guantiva-La Rusia (Boyacá y Santander- Colombia). *Ciencia en Desarrollo, 1E*(Suplemento especial), 334-335.
- Martínez-O., M. F., Díaz-Pérez, C. N. & Morales-Puentes, M. E. (2019). Los musgos en el complejo de páramos Guantiva-La Rusia en los departamentos de Boyacá y Santander, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 23(1),15-30. DOI: 10.17151/bccm.2019.23.1.1
- Moreno-Gaona, D. E., Gil-Novoa, J. E., Morales-Puentes, M. E. & Gil-Leguizamón, P.A. (2018). Capítulo 6: Bosques en miniatura, los briófitos de Cupiagua y Aguazul departamento de Casanare. En C. N. Díaz-Pérez., M. E. Morales-Puentes., P.A. Gil-Leguizamón. & J. E. Gil-Novoa. (Coords), *Flora de Aguazul: muestra de diversidad* (pp. 147-168). Tunja, Colombia: Editorial UPTC.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. *Zaragoza*, 1, 84.
- 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. 59-104). Cambridge: Cambridge University Press, USA.
- Porras-López, S. (2011). *Diversidad y abundancia de los musgos (Briophyta) en un gradiente altitudinal del Parque Natural Municipal "Robledales de Tipacoque" Tipacoque, Boyacá-Colombia* (tesis). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia.
- Ramírez-Padilla, B. R. (2013). Riqueza y distribución de musgos en el departamento del Cauca, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 17(2), 17-37.
- Richards, P. W. (1984). The ecology of tropical forest bryophytes. En R. M. Schuster. (Ed.), *New Manual of Bryol* (pp. 1233-1270). Nichinan: Hattori Botanical Laboratory.
- Ruiz, A. 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, 101-113.
- Ruiz, E. J., Linares, E. L. & Morales, M. E. (2006). *Sphagnum* (Sphagnaceae) en el departamento de Boyacá, Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 30(114), 31-45.
- Schofield, W. B. (1985). *Introduction to Bryology*. New York: Department of Botany University of British Columbia.
- Sharp, A. J., Crum, H. & Eckel, P. M. (Eds). (1994). *The moss flora of México. Mem. New York Bot. Gard.*, 69(1), 1-1113.
- Spitale, D. (2017). Forest and substrate type drive bryophyte distribution in the Alps. *Journal of Bryology*, 39(2),128-140.
- Tropicos. (2017). Tropicos.org. Recuperado de <http://www.tropicos.org/>
- Vargas-Rojas, D. L. & Morales-Puentes, M. E. (2014). Hepáticas del Parque Natural Municipal "Robledales de Tipacoque", Boyacá-Colombia. *Universitas Scientiarum*, 19(3), 201-211. Doi: 10.11144/Javeriana.SC19-3.hpnms
- Wolf, J. H. D. (1993). Diversity patterns and biomass of epiphytic bryophytes and lichens along an altitudinal gradient in the Northern Andes. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 80(4), 928-960.
- Wolf, J. H. D. (2003). Estudios en ecosistemas tropandinos. *Diversidad y ecología de las comunidades epifíticas en la cordillera Central, Colombia*, 5, 452-502.