

LOS MUSGOS EN EL COMPLEJO DE PÁRAMOS GUANTIVA-LA RUSIA EN LOS DEPARTAMENTOS DE BOYACÁ Y SANTANDER, COLOMBIA*

Martha Fabiola Martínez-O.¹, Carlos Nelson Díaz-Pérez², María Eugenia Morales-Puentes³

Resumen

Objetivo: Conocer los musgos en el complejo Guantiva-La Rusia desde la riqueza y la similitud en los ecosistemas, localidades y sustratos en los flancos oriental y occidental del mismo. **Metodología:** En el complejo de páramos Guantiva-La Rusia (Boyacá y Santander) se realizaron seis transectos en el gradiente altitudinal; tres en el flanco oriental (municipios de Cerinza, Paipa y Tipacoque) y tres en el occidental (municipios de Onzaga, Belén y Duitama). **Resultados:** Se registraron 128 especies de musgos en 72 géneros y 36 familias; siendo las más diversas Dicranaceae con 4 géneros y 22 especies, seguido de Pottiaceae (6 y 14), Hypnaceae (8 y 12), Sematophyllaceae (5 y 10) y Bryaceae (4 y 6). A nivel de géneros se destacan *Campylopus* con 19 especies, *Breutelia* y *Leptodontium* (7), *Sematophyllum* (5) y *Neckera* (4). En el subpáramo se presenta la mayor riqueza con 67 especies, 45 géneros y 25 familias. El sustrato más diverso es terrícola con 81 especies, seguido de cortícola 64 y rupícola 24. Se registra *Leptodontium viticulosoides*, *Campylopus heterostachys* y *Molendoa sendneriana* en la categoría de vulnerable (VU). **Conclusión:** Se concluye que la mayor riqueza de especies se registró en el flanco menos húmedo, lo cual puede ser explicado por factores locales y no regionales.

Palabras clave: bosque, subpáramo, forma de crecimiento, gradiente altitudinal, sustrato.

* FR: 13-I-18. FA: 20-V-18.

¹ Grupo Sistemática Biológica, Herbario UPTC, Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. E-mail: mafamaov@hotmail.com.

² Grupo Sistemática Biológica, Herbario UPTC, Doctorado en Ciencias Biológicas y Ambientales, Facultad de Ciencias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. E-mail: nelson.diaz@uptc.edu.co.

³ Grupo Sistemática Biológica, Herbario UPTC, Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. E-mail: maria.morales@uptc.edu.co.

CÓMO CITAR:

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



MOSES FROM THE GUANTIVA - LA RUSIA PARAMO COMPLEX IN THE DEPARTMENTS OF BOYACÁ AND SANTANDER, COLOMBIA

Abstract

Objective. To study the species of moss in the Guantiva - La Rusia paramo complex (Boyacá - Colombia), from the richness and similarity in the ecosystems, localities and substrates in the eastern and western flanks of the paramo. **Methodology.** On the Guantiva – La Rusia paramo complex (Boyacá and Santander) six transects were made in the altitudinal gradient: three in the eastern flank (Municipalities of Cerinza, Paipa and Tipacoque) and three in the western flank (Onzaga, Belén and Duitama). **Results.** A total of 128 moss species of 72 genera and 36 families were recorded, being the most diverse Dicranaceae, with four genera and 22 species, followed by Pottiaceae (6/14), Hypnaceae (8/12), Sematophyllaceae (5/10) and Bryaceae (4/6). At the genus level, *Campylopus* with 19 species, *Breutelia* and *Leptodontium* (7), *Sematophyllum* (5) and *Neckera* (4) stand out. The greatest richness with 67 species, 45 genera and 25 families were found in the sub-paramo. The most diverse substrate was terrestrial with 81 species, followed by corticola, 64, and rupicolous vegetation, 24. *Leptodontium viticulosoides*, *Campylopus heterostachys* and *Molendoa sendneriana* are recorded in the vulnerable category of (VU). **Conclusion.** It is concluded that the greatest species richness was recorded in the less humid flank which can be explained by local but not regional factors.

Key words: forest, subparamo, habit of growth, altitudinal gradient, substrate.

INTRODUCCIÓN

Los briófitos son el segundo grupo más diverso de plantas (después de las angiospermas) con una riqueza que oscila entre 18000 y 25000 especies (GLIME, 2007; SHAW & RENZAGLIA, 2004). Se encuentran representados por tres divisiones: Anthocerotophyta (100-150 especies), Marchantiophyta (3000-5000) y Bryophyta (12800) (DELGADILLO-MOYA, 2014; GLIME, 2007; SHAW & RENZAGLIA, 2004). Estos organismos son plantas terrestres de pocos centímetros de altura (tal como *Dawsonia superba* Grev., que alcanza hasta 60 cm) (ESTÉBANEZ-PÉREZ *et al.*, 2011); y a diferencia de las angiospermas no presentan estructuras complejas ni producen flores y semillas; viven principalmente en ambientes húmedos sobre diferentes tipos de sustratos y en los bosques de alta montaña se encuentran principalmente sobre los troncos de los árboles y en el suelo (ARDILES *et al.*, 2008; GÁLVEZ-AGUILAR, s. f.).

La riqueza estimada de musgos para Colombia es de 932 especies (52 endémicas), en 261 géneros y 65 familias (BERNAL *et al.*, 2015) que lo ubican como el país más diverso del mundo en este grupo. Este conocimiento ha sido el resultado de numerosos estudios tales como los de AGUIRRE & RUIZ (2001), AVENDAÑO-TORRES (2007), BOLAÑOS & RAMÍREZ (2009), CHURCHILL (1989), GIL-NOVOA & MORALES-PUENTES (2016), LINARES & CHURCHILL (1997), LINARES *et al.* (2000), RAMÍREZ-PADILLA (2013) y VAN REENEN & GRADSTEIN (1983); sin desconocer que existen regiones del país aún sin explorar, por lo que este número puede incrementarse.

En el departamento de Boyacá se han realizado estudios que dan a conocer la riqueza de briófitos como es el caso de ÁLVARO & MORALES (2007), AVENDAÑO & AGUIRRE (2007), BARBOSA *et al.* (2007), LAGOS *et al.* (2008), RUIZ *et al.* (2006), SANTOS & AGUIRRE-C. (2002) y VELANDIA & ZIPA (2003). Para el área de estudio se destacan los trabajos en el municipio de Duitama con el catálogo florístico del páramo de La Rusia (HERNÁNDEZ-A. & RANGEL-CH., 2002) y Tipacoque por GIL-NOVOA & MORALES-PUENTES (2014, 2016), PORRAS (2011), VARGAS (2011), VARGAS-ROJAS & MORALES-PUENTES (2014). En el departamento de Santander aún existe un menor número de estudios, destacando el de GIL-NOVOA *et al.* (2017) y GRADSTEIN *et al.* (2018) sobre la diversidad de los musgos de un bosque subandino; así como el trabajo reciente de MARTÍNEZ & DÍAZ (2017) sobre una aproximación a los briófitos del complejo Guantiva-La Rusia, su riqueza y distribución.

En Boyacá se registran cinco complejos de páramos (MORALES *et al.*, 2007) dentro de los que se destaca el complejo Guantiva-La Rusia con una extensión de 100262 ha; se localiza entre los departamentos de Boyacá y Santander; siendo importante por su hidrografía y ecosistemas de bosque altoandino y páramo, los que son propicios para el establecimiento de los musgos. El objetivo de este trabajo fue conocer los musgos en el complejo Guantiva-La Rusia desde la riqueza y la similitud en los ecosistemas, localidades y sustratos en los flancos oriental y occidental del mismo.

ÁREA DE ESTUDIO

El complejo de páramos Guantiva-La Rusia se ubica en el flanco occidental de la cordillera Oriental, en dirección nororiente desde el Santuario de Fauna y Flora de Guanentá Alto Río Fonce (Paipa-Duitama) hasta los límites de Tutazá (Boyacá) y Onzaga (Santander) (MORALES *et al.*, 2007) (Figura 1).

Se evaluaron seis localidades: tres en el flanco oriental en los municipios de Cerinza (5°56'45,7"N-72°55'34,4"W, 2808-3183 m), Paipa (5°50'47,6"N-73°0,7'12"W, 3120-3520 m), Tipacoque (6°23'44,5"N-73°43'43,7"W, 2916-3225 m) y tres en el

flanco occidental en los municipios de Onzaga ($6^{\circ}13'19''\text{N}$ - $72^{\circ}46'45,8''\text{W}$, 3112-3450 m), Belén ($6^{\circ}2'45,1''\text{N}$ - $73^{\circ}0'57,9''\text{W}$, 3322-3771 m) y Duitama ($5^{\circ}56'34,8''\text{N}$ - $73^{\circ}6'44,8''\text{W}$, 3265-3607 m). El régimen de lluvias es bimodal con mayores valores entre abril-mayo y octubre-noviembre, con fluctuaciones entre 700 y más de 3000 mm/año; la temperatura oscila entre 12-30 °C (MORALES *et al.*, 2007; SOLANO *et al.*, 2005).

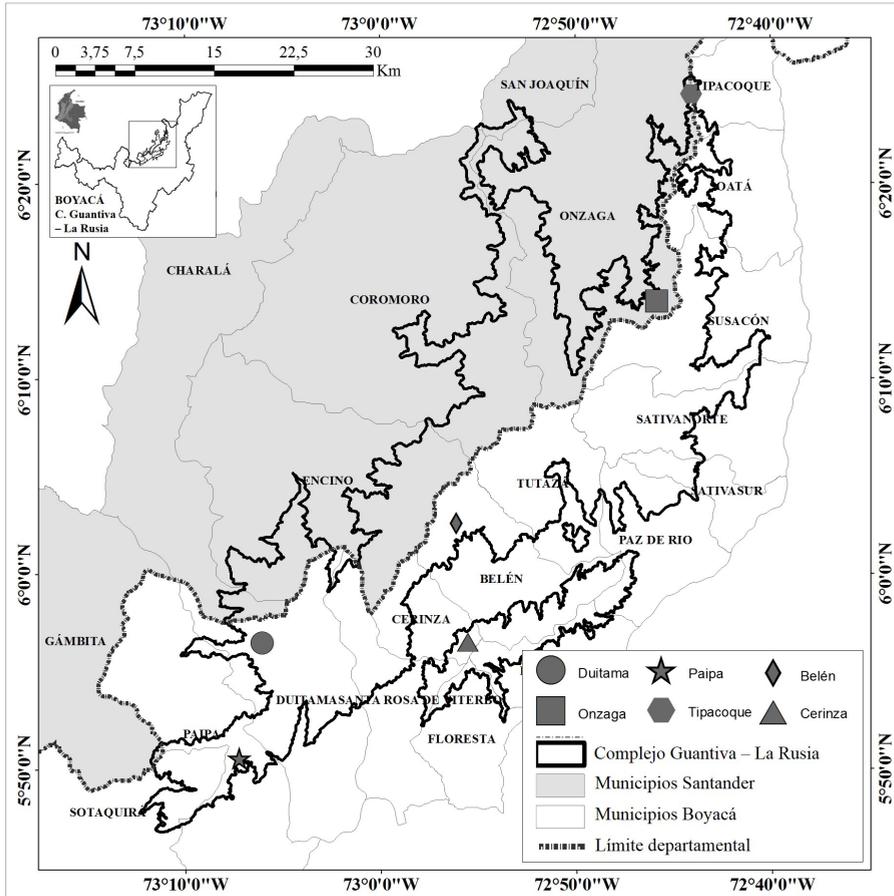


Figura 1. Complejo de páramos Guantiva-La Rusia, Boyacá y Santander, Colombia, y puntos de muestreo. Fuente: modificado de MORALES-PUENTES *et al.* (2015).

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo

Se realizaron seis transectos altitudinales, con muestreos cada 100 m, desde el ecosistema de bosque (-2808 m) hasta el páramo (-3371 m); en cada sitio se estableció una parcela de 4 x 12,5 m, esta metodología es modificada de la propuesta por MARÍN (2013). Se consignó información sobre forma de crecimiento (CALZADILLA & CHURCHILL, 2014) y tipo de sustrato (AGUIRRE, 2008) en: terrícola (suelo), materia orgánica en descomposición, folícola (hoja), rupícola (roca) y cortícola (corteza); e información para registrar en las etiquetas. El material se determinó utilizando claves taxonómicas (CHURCHILL & LINARES, 1995; FRAHM, 1991; GRADSTEIN *et al.*, 2001; SHARP *et al.*, 1994), consulta de ejemplares depositados en el Herbario UPTC y revisión por especialistas. Los ejemplares se encuentran depositados en la colección del Herbario UPTC.

Análisis de la información

Se determinó la riqueza y composición de especies del complejo por flanco (oriental y occidental), tipo de ecosistema (bosque, subpáramo y páramo) y sustrato (cortícola, folícola, materia orgánica en descomposición, rupícola y terrícola). Para este último, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para evaluar si existía alguna relación entre las especies de musgos y el sustrato. Se determinó la forma de crecimiento dominante, según los valores de cobertura (cm²), con el fin de conocer si la composición de especies de musgos favorece la delimitación de los ecosistemas a lo largo del complejo; se calculó la similitud entre los tipos de ecosistema de todas las localidades; a su vez, se analizó por localidad (independiente del tipo de ecosistema) a través del índice de Jaccard en el programa Past versión 3.06 (HAMMER *et al.*, 2001). Por último, se revisaron los listados y libros rojos de especies amenazadas de acuerdo a los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza —UICN— (2001) con el fin de identificar si alguna especie se encuentra categorizada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Riqueza

Se recolectaron 282 muestras que incluyen el 13,73 % de las especies registradas para Colombia (128 especies), 27,58 % de los géneros (72) y 55,38 % de las familias (36).

Las familias con la mayor riqueza fueron Dicranaceae con 4 géneros y 22 especies, seguido de Pottiaceae (6/14), Hypnaceae (8/12), Sematophyllaceae (5/10) y Bryaceae (4/6). A nivel de géneros los más representativos son *Campylopus* con 19 especies, *Breutelia* y *Leptodontium* (7), *Sematophyllum* (5) y *Neckera* (4).

El flanco oriental del complejo presenta la mayor riqueza con 89 especies, en 54 géneros y 30 familias. Las familias más diversas son Dicranaceae con 4 géneros y 18 especies y Pottiaceae con 6 y 12, lo que corresponde al 18,36 y 17,14 % de las especies registradas para la región andina (AGUIRRE-C., 2008). Estos dos taxones, según MORALES (2009), dominan en ambientes abiertos y expuestos. En cuanto a géneros *Campylopus* presenta 14 especies, seguido de *Breutelia* (6) y *Leptodontium* (5). El 74 % (40) de los géneros registran una sola especie, lo cual puede significar que se requiere aumentar los muestreos en el área estudiada.

El 59,55 % (53) de las especies, el 44,44 % de los géneros y el 26,66 % de las familias fueron encontradas solo para este flanco; se destaca por su abundancia *Campylopus flexuosus* (Hedw.) Brid., *Adelothecium bogotense* (Hampe) Mitt., *Heterophyllum affine* (Hook.) M. Fleisch. y *Leskeadelphus angustatus* (Taylor) B.H. Allen.

Con respecto al flanco occidental se registran 75 especies (39 únicamente encontradas para ese costado, 52 %), en 48 géneros (18/37,5 %) y 28 familias (6/21,42 %). Las familias más diversas correspondieron a Dicranaceae con 2 géneros y 11 especies, seguido de Hypnaceae (6/8), Bryaceae (4/6) y Sematophyllaceae (3/6). A nivel de género se tiene a *Campylopus* con 10 especies, seguido de *Breutelia* (5) y *Leptodontium* (4). *Campylopus* se halla en los dos costados del complejo; siendo el más diverso tal como lo propone AGUIRRE-C. (2008), quien encontró los mayores valores para la región andina y el páramo con un patrón de riqueza que se incrementa hacia las partes altas. El 75 % (36) de los géneros presenta una sola especie. Se destacan por sus valores de cobertura las siguientes especies, las cuales fueron registradas únicamente para este costado: *Brachymenium systylium* (Müll. Hal.) A. Jaeger, *Neckera obtusifolia* Taylor y *Thamnobryum fasciculatum* (Hedw.) I. Sastre.

En cada flanco existe un alto número de especies, géneros y familias exclusivas que corresponden a más de la mitad de las especies registradas para este complejo. Esto puede ser explicado por la heterogeneidad de los hábitats, la variación altitudinal y climática, así como la perturbación antrópica (GONZÁLEZ-MANCEBO *et al.*, 2003; GRAU *et al.*, 2007; ZECHMEISTER & MOSER, 2001).

SPITALE (2017) menciona que la mayor limitante para el crecimiento de los briófitos es la disponibilidad de agua, seguida del rango de temperatura óptima para cada organismo; sin embargo, para el presente estudio, se registró una mayor riqueza de musgos en el costado más seco (oriental) del complejo (MORALES *et al.*, 2007). No obstante, este trabajo es exploratorio para el área de estudio y se centró en la riqueza de musgos; siendo este un soporte para futuras investigaciones enfocadas a entender la dinámica de los mismos en estos ecosistemas.

Los dos flancos comparten 36 especies (28,12 %), 30 géneros (41,66 %) y 22 familias (61,11 %); de las cuales predominan *Thuidium peruvianum* Mitt., *Rhodobryum grandifolium* (Taylor) Schimp., *Racomitrium crispipilum* (Taylor) A. Jaeger, *Pilotrichella flexilis* (Hedw.) Ångstr., *Leptodontium viticulosoides* (P. Beauv.) Wijk & Margad. e *Hypnum amabile* (Mitt.) Hampe.

Tipo de ecosistema

El subpáramo es el ecosistema que registro la mayor riqueza con 67 especies (se destaca por su abundancia *Brachythecium occidentale* (Hampe.) A. Jaeger, *B. chrysea*, *B. subdisticha* (Hampe.) A. Jaeger, *C. anderssonii*, *D. frigidum*, *H. amabile*, *L. viticulosoides*, *Pilotrichella flexilis* (Hedw.) Ångstr., *R. grandifolium* y *Thuidium peruvianum* Mitt.), 45 géneros (*Campylopus*, *Breutelia*, *Leptodontium*, *Hypnum*, *Dicranum*, *Thuidium* entre otros) y 25 familias (Bartramiaceae, Bryaceae, Dicranaceae, Hypnaceae, Pottiaceae, Meteoriaceae como las más representativas); seguido por el bosque que registra 57 especies (*C. andersonii*, *Campylopus reflexisetus* (Müll. Halbroth.) Broth., *D. frigidum*, *Heterophyllum affine* (Hook.) M. Fleisch, *Hypopterygium tamariscinum* (Hedw.) Brid, *Leskeadelphus angustatus* (Taylor) B.H. Allen, *Mittenothamnium reptans* (Hedw.) Cardot, *Prionodon densus* (Sw. ex Hedw.) Müll. Hal. y *T. Peruvianum* Mitt.), 40 géneros (*Campylopus*, *Prionodon*, *Mittenothamnium*, *Leptodontium*, *Dicranum* entre otros) y 25 familias (Dicranaceae, Hypnaceae y Sematophyllaceae entre otras). En el ecosistema de páramo se encontraron 31 especies (*Aptychella prolifera* (Broth.) Herzog, *Campylopus cleefii* J.-P. Frahm, *D. frigidum*, *L. Viticulosoides*, *Racomitrium crispipilum* (Taylor) A. Jaeger entre otras), 25 géneros (*Campylopus*, *Leptodontium*, *Racomitrium* entre otros) y 13 familias (Pottiaceae, Dicranaceae, Sematophyllaceae entre otras) (Tabla 1).

Tabla 1. Especies de musgos registradas en el complejo de páramos Guantiva-La Rusia (Boyacá y Santander, Colombia) según el tipo ecosistema y la localidad.

Especie	Ecosistema	Municipios					
		B	C	D	O	P	T
<i>Acroporium estrellae</i> (Müll. Hal.) W.R. Buck & Schäf.-Verw.	P, S, B.	X	X				X
<i>Acroporium pungens</i> (Hedw.) Broth.	P, S, B.			X	X		X
<i>Adelothecium bogotense</i> (Hampe) Mitt.	B						X
<i>Andreaea rupestris</i> Hedw.	P			X			
<i>Aptychella prolifera</i> (Broth.) Herzog	P				X		
<i>Bartramia subdisticha</i> Hampe	S					X	
<i>Brachymenium speciosum</i> (Hampe) A. Jaeger	P				X		
<i>Brachymenium systylium</i> (Müll. Hal.) A. Jaeger	S	X					

Especie	Ecosistema	Municipios					
		B	C	D	O	P	T
<i>Brachythecium occidentale</i> (Hampe.) A. Jaeger	S, B.	X	X		X		X
<i>Brachythecium plumosum</i> (Hedw.)	B				X		
<i>Breutelia austro-arcuata</i> (Brid.) Mitt., J. Linn	S	X					
<i>Breutelia brittoniae</i> Renauld & Cardot	P, S.	X	X				
<i>Breutelia chrysea</i> (Müll. Hal.) A. Jaeger	S, B.	X	X			X	X
<i>Breutelia polygastrica</i> (Müll. Hal.) Broth	S						X
<i>Breutelia squarrosa</i> A. Jaeger	P, S.				X	X	
<i>Breutelia subdisticha</i> (Hampe.) A. Jaeger	S		X	X			
<i>Breutelia trianae</i> (Hampe) A. Jaeger	S		X				
<i>Bryoerythrophyllum campylocarpum</i> (Müll. Hal.) H.A. Crum	S					X	
<i>Bryoerythrophyllum jamesonii</i> (Taylor) H.A. Crum	P, S.		X		X		
<i>Bryum andicola</i> Hook.	P	X					
<i>Bryum densifolium</i> Brid.	P				X		
<i>Calliergonella cuspidata</i> (Hedw.) Loeske	B	X					
<i>Campylium chrysophyllum</i> (Bridel) J.M. Lange	B				X		
<i>Campylium praegracile</i> (Mitt.) Broth	S		X				
<i>Campylophyllum sommerfeltii</i> (Myrin) Hedenäs	S		X				
<i>Campylopus actocarpus</i> (Hornsch.) Mitt.	S, B.				X	X	
<i>Campylopus anderssonii</i> (Mull. Hal.) A. Jaeger	S, B.	X	X			X	X
<i>Campylopus argyrocaulon</i> (Müll. Hal.) Broth.	S		X				
<i>Campylopus cleefii</i> J.-P. Frahm	P	X				X	
<i>Campylopus flexuosus</i> (Hedw.) Brid.	S, B.						X
<i>Campylopus flexuosus</i> var. <i>incacoralis</i> (Herzog) J.-P. Frahm	S						X
<i>Campylopus frigidum</i> Lesq.	B					X	
<i>Campylopus heterostachys</i> (Hampe) A. Jaeger	S					X	
<i>Campylopus huallagensis</i> Broth.	S		X			X	
<i>Campylopus jugorum</i> Herzog, Beih.	P				X		
<i>Campylopus luteus</i> (Müll. Hal.) Paris	B			X			
<i>Campylopus nivalis</i> (Brid.) Brid.	P, B.				X	X	X
<i>Campylopus pauper</i> (Hampe) Mitt.	B				X		
<i>Campylopus pittieri</i> R.S. Williams	P					X	
<i>Campylopus reflexisetus</i> (Müll. Hal.) Broth.	B				X	X	
<i>Campylopus</i> sp.	P, S, B.	X	X			X	X
<i>Campylopus subcuspidatus</i> (Hampe) A. Jaeger	S		X				
<i>Campylopus weberbaueri</i> Broth.	S		X			X	
<i>Campylopus zygodontocarpus</i> Müll. Hal	B	X					

Especie	Ecosistema	Municipios					
		B	C	D	O	P	T
<i>Chorisodontium mittenii</i> Müll. Hal.	B					X	
<i>Dicranum frigidum</i> Müll. Hal.	P, S, B.	X	X	X	X	X	X
<i>Didymodon rigidulos</i> Hedw.	S		X				
<i>Didymodon</i> sp.	P					X	
<i>Eurhynchium praelongum</i> (Hedw.) Schimp	B	X			X		
<i>Grimmia longirostris</i> Hook.	P, S.	X		X			
<i>Hedwigidium integrifolium</i> (P. Beauv.) Dixon	P, S.			X			X
<i>Heterophyllum affine</i> (Hook.) M.Fleisch.	B						X
<i>Hypnum amabile</i> (Mitt.) Hampe	S, B.	X	X	X	X	X	
<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw.	P	X					
<i>Hypopterygium tamariscinum</i> (Hedw.) Brid.	S, B.						X
<i>Isopterygium tenerifolium</i> Mitt.	S		X				
<i>Isopterygium tenerum</i> (Sw.) Mitt., J.Linn.Soc.	S					X	
<i>Leptodontium brachyphyllum</i> Broth. & Thér.	S, B.		X	X			
<i>Leptodontium capituligerum</i> Müll.hal.	B					X	
<i>Leptodontium flexifolium</i> (Dicks.) Hampe	S	X					
<i>Leptodontium longicaule</i> Mitt.	S		X				
<i>Leptodontium luteum</i> (Taylor) Mitt.	S			X			
<i>Leptodontium</i> sp.	B						X
<i>Leptodontium viticulosoides</i> (P. Beauv.) Wijk & Margad.	P, S, B.		X		X	X	X
<i>Lepyrodon tomentosus</i> (Hook.) Mitt.	S	X					X
<i>Leskea angustata</i> Taylor	S, B.						X
<i>Leskeadelphus angustatus</i> (Taylor) B.H. Allen.	B						X
<i>Leucobryum crispum</i> Müll. Hal.	B						X
<i>Leucobryum martianum</i> (Hornsch.) Hampe ex Müll.	B						X
<i>Leucodon curvirostris</i> Hampe	B				X		
<i>Leucomium strumosum</i> (Hornsch.) Mitt. Revisar	B						X
<i>Macrocoma tenue</i> ssp. <i>sullivantii</i> (Müll. Hal.) Vitt	S			X			X
<i>Meteorium remotifolium</i> (Müll. Hal.) Manuel	P, S, B.				X		X
<i>Mittenothamnium reptans</i> (Hedw.) Cardot	S, B.			X			X
<i>Mittenothamnium</i> sp.	B					X	
<i>Molendoa sendtneriana</i> (Bruch & Schimp.) Limpr.	P					X	
<i>Neckera chilensis</i> Schimp.	S			X			
<i>Neckera eubrenbergii</i> Müll. Hal.	B				X		
<i>Neckera obtusifolia</i> Taylor	S				X		
<i>Neckera scabridens</i> Müll. Hal.	B						X

Especie	Ecosistema	Municipios					
		B	C	D	O	P	T
<i>Orthodicranum flagellare</i> (Hedw.) Loeske	B						X
<i>Orthotrichum pungens</i> Mitt.	S		X				
<i>Phyllogonium fulgens</i> (Hedw.) Brid.	S					X	
<i>Pilotrichella flexilis</i> (Hedw.) Ångstr.	S, B.	X		X			X
<i>Plagiomnium rhynchophorum</i> (Hook.)	B			X			
<i>Plagiothecium conostegium</i> Herzog	B						X
<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt.	P, S.	X	X				
<i>Poblia nutans</i> (Hedw.) Lindb.	S			X			
<i>Polytrichadelphus longisetus</i> (Brid.) Mitt.	S		X				
<i>Polytrichadelphus purpureus</i> Mitt.	P, S.		X			X	
<i>Polytrichastrum tenellum</i> (Müll. Hal.) G.L. Sm.	P, S.		X		X		
<i>Polytrichum ericoides</i> Hampe	S	X					
<i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.	P, S.	X	X				X
<i>Porotrichodendron superbum</i> (Taylor) Broth	B				X		
<i>Porotrichopsis flacca</i> Herzog	B						X
<i>Porotrichum expansum</i> (Taylor) Mitt.	B						X
<i>Porotrichum mutabile</i> Hampe	B	X			X		
<i>Prionodon densus</i> (Sw. ex Hedw.) Müll. Hal.	S, B.			X			X
<i>Pseudocrossidium</i> sp.	S		X				
<i>Pylaisia falcata</i> Schimp.	P, S.	X					
<i>Pylaisia</i> sp.	P	X					
<i>Pylaisiella falcata</i> (Bruch, Schimp.& w. Gumbel)	S			X			
<i>Pyrrhobryum spiniforme</i> (Hedw.) Mitt.	S						X
<i>Racomitrium crispipilum</i> (Taylor) A. Jaeger	P	X				X	
<i>Racomitrium cucullatifolium</i> Hampe	P					X	
<i>Regmatodon polycarpus</i> (Griff.) Mitt.	B				X		
<i>Rhacopilopsis trinitensis</i> (Müll.Hal)	S, B.		X		X		
<i>Rhodobryum grandifolium</i> (Taylor) Schimp.	S, B.		X	X	X	X	X
<i>Rhodobryum spiniforme</i> (Hedw.) Mitt.	B						X
<i>Rhynchostegiopsis</i> sp.	S		X				
<i>Rigodium toxarion</i> (Schwägr.) A. Jaeger	B			X			X
<i>Sematophyllum adnatum</i> (Michx.) E. Britton	B						X
<i>Sematophyllum napoanum</i> (De Not.) Steere	S	X					
<i>Sematophyllum</i> sp.	B						X
<i>Sematophyllum subsimplex</i> (Hedw.) Mitt.	P			X			
<i>Sematophyllum swartzii</i> (Schwägr.) W.H. Welch & H.A. Crum	S, B.				X		X

Especie	Ecosistema	Municipios					
		B	C	D	O	P	T
<i>Sphagnum cuspidatum</i> Ehrh. ex Hoffm	S			X			
<i>Sphagnum</i> sp.	S		X				
<i>Squamidium leucotrichum</i> (Taylor) Broth.	S, B.			X			X
<i>Syntrichia andicola</i> (Mont.) Ochyra	S		X				
<i>Syrrhopodon gaudichaudii</i> Mont.	B				X		X
<i>Syrrhopodon rupestris</i> Mitt.	B						X
<i>Taxiphyllum taxirameum</i> (Mitt.) M. Fleisch.	P	X					
<i>Taxithelium</i> sp.	B					X	
<i>Thamnobryum fasciculatum</i> (Hedw.) I. Sastre	S				X		
<i>Thuidium peruvianum</i> Mitt.	S, B.	X	X	X	X	X	X
<i>Trachypus viridulos</i> (Mitt.) Zanten, Blumea	B				X		
<i>Trachyphium subfalcatum</i> (Hampe) W.R. Buck	P			X			

Nota: Ecosistema: P=páramo, S=subpáramo, B=bosque; municipios: B=Belén, C=Ceranza, D=Duitama, O=Onzaga, P=Paipa, T=Tipacoque; X= presencia.

Sustrato

El mayor número de especies se encontró en el sustrato terrícola con 81 (63 % del total), seguido del cortícola (64/50 %), rupícola (24/18,75 %), materia orgánica en descomposición (7/5,46 %) y folícola (1/0,78 %). Estos resultados también fueron registrados por GÁLVEZ-AGUILAR (s. f.) para el Parque Nacional Los Mármoles en Hidalgo (México) y AGUIRRE-C. (2008) para toda la región cordillerana de Colombia.

Según GONZÁLEZ-MANCEBO *et al.* (2003), la alta riqueza en el sustrato terrícola puede ser ocasionada por la sustitución de especies características de hábitats forestales por otras típicas de ambientes alterados donde este sustrato es mayor. En cada sustrato se observó una mayor frecuencia de algunas especies, destacando en el terrícola *Leptodontium viticulosoides* (P. Beauv.) Wijk & Margad. (Pottiaceae), *Dicranum frigidum* Müll. Hal. (Dicranaceae) y *Thuidium peruvianum* Mitt. (Thuidiaceae); en el sustrato rupícola *Campylopus actocarpus* (Hornsch.) Mitt. (Pottiaceae), *Grimmia longirostris* Hook (Dicranaceae), *Hedwigidium integrifolium* (P. Beauv.) Dixon (Hedwigiaceae) y *L. viticulosoides* (Pottiaceae); en el cortícola *Prionodon densus* (Sw. ex Hedw.) Müll. Hal. (Prionodontaceae), *Pilotrichella flexilis* (Hedw.) Ångstr (Meteoriaceae), *Hypnum amabile* (Mitt.) Hampe (Hypnaceae) y *Campylopus andersonii* (Mull. Hal.) A. Jaeger (Dicranaceae); en materia orgánica en descomposición *Breutelia chrysea* (Müll. Hal.) A. Jaeger (Bartramiaceae), *Rhodobryum grandifolium* (Taylor) Schimp. (Bryaceae), *Campylopus flexuosus* (Hedw.) Brid., *Campylopus weberbaueri* Broth (Dicranaceae),

Isopterygium tenerifolium Mitt. (Hypnaceae), *Acroporium estrellae* (Müll. Hal.) W.R. Buck & Schäf.-Verw., *Sematophyllum swartzii* (Schwäger.) W.H. Welch & H.A. Crum (Sematophyllaceae) y la única especie folícola es *Hypnum amabile* (Mitt.) Hampe (Hypnaceae); mientras que *Rhodobryum grandifolium* (Taylor) Schimp. es la única especie que se encontró para todos los sustratos.

A partir del análisis de componentes principales (ACP) se encontró que los dos primeros describen el 80,03 % de la varianza: el primero con 52,65 % y el segundo con el 27,38 % (Figura 2). El primero es explicado por la preferencia de algunas especies por los sustratos terrícola y rupícola, los cuales predominan en las coberturas de subpáramo y páramo; el segundo componente lo explica el sustrato cortícola, que predomina en la cobertura de bosque. Esto puede relacionarse con los tipos de cobertura vegetal, la disponibilidad de sustratos y las condiciones microclimáticas que se presentan en cada lugar (FRAHM *et al.*, 2003; SPITALE, 2017). Por otro lado, se registra que un grupo de especies no presentó preferencia por algún sustrato.

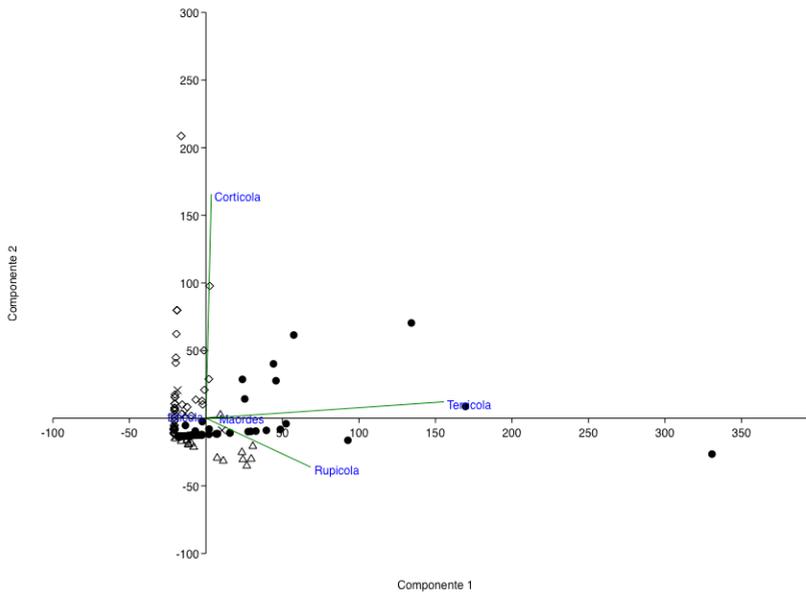


Figura 2. Análisis de componentes principales (ACP) para las especies de musgos por sustratos en el complejo de páramos Guantiva-La Rusia (Boyacá y Santander). Fuente: elaboración propia.

Forma de crecimiento

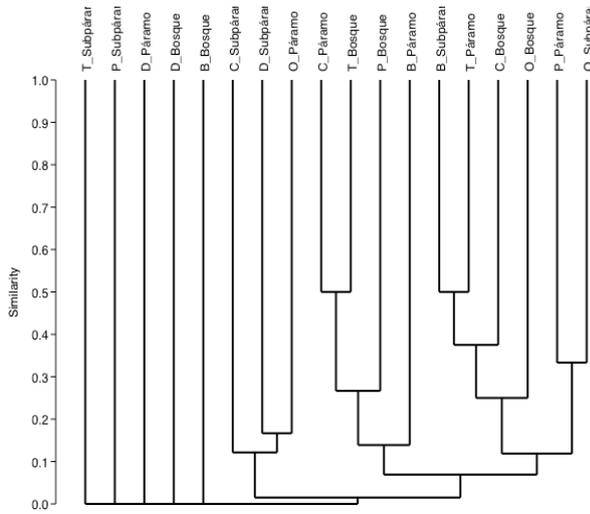
La forma cespitosa presenta la mayor dominancia con el 40,78 %, seguido de tapiz (33,33 %), trama (7,80 %), dendroide (7,09 %), péndulo (6,73 %), cojín (3,19 %) y cola (1,06 %). BIRSE (1957), GIMINGHAM & BIRSE (1957) y MAGDEFRAU (1952) indican que las formas de crecimiento de los briófitos se ven influenciadas por las condiciones ambientales, particularmente por la humedad relativa y la intensidad lumínica; ello, en condiciones de alta humedad e intensidad lumínica; es así como el crecimiento tiende a ser vertical favoreciendo el desarrollo de las formas de vida cespitosas.

El 51 % de los musgos son acrocárpicos, el 47 % pleurocárpicos y el 2 % cladocárpicos. De acuerdo con GRIFFIN (1990), el grupo de musgos acrocárpicos se ve favorecido sobre los pleurocárpicos en ambientes expuestos; mientras que en las zonas boscosas estos últimos predominan.

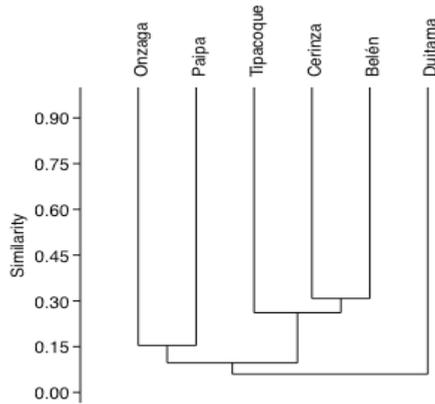
Índice de similitud

En el cálculo de similitud realizado entre los tipos de ecosistemas (bosque, subpáramo y páramo) de todas las localidades, no se evidencia el agrupamiento de un mismo ecosistema; lo anterior, permite indicar que la composición de especies no está relacionada con el tipo de ecosistema ni con el gradiente altitudinal (Figura 3 A). Por otro lado, se observa poca similitud a nivel de localidades; registrando los mayores valores entre Cerinza y Belén, las cuales se encuentran próximas. Las localidades de Tipacoque-Onzaga y Duitama-Paipa son muy cercanas, por lo que se esperaba que compartieran un alto número de especies. Esto indica que existe una alta diversidad beta a lo largo del complejo.

A través del índice de similitud de Jaccard se observan valores bajos ($<0,35$) entre las localidades (Figura 3 B). A su vez, aquellas que comparten mayor número de especies no presentan una relación directa con el flanco donde se encuentran; lo cual podría tener más afinidad con condiciones locales relacionadas con el ecosistema, microhábitat y/o sustrato, y no con las condiciones macroclimáticas (SPITALE, 2017).



A.



B.

Figura 3. Similitud de Jaccard: **A.** Entre los ecosistemas de todas las localidades. B=Belén, C=Cerinza, D=Duitama, O=Onzaga, P=Paipa, T=Tipacoque; **B.** de las localidades de estudio en el complejo de páramos Guantiva-La Rusia (Boyacá y Santander). Fuente: elaboración propia.

Especies en categoría de amenaza

Según las categorías y criterios de la UICN para especies amenazadas se registran *Leptodontium viticulosoides*, *Campylopus heterostachys* (Hampe) A. Jaeger y *Molendoo sendtneriana* (Bruch & Schimp.) Limpr. en la categoría vulnerable (VU) (LINARES *et al.*, 2002). Estas, a pesar de no encontrarse “en peligro crítico” ni “en peligro”, enfrentan un moderado riesgo de extinción o deterioro poblacional a mediano plazo debido a que su permanencia depende de las condiciones de la vegetación vascular que afronta una alta tasa de deforestación; principalmente en los bosques altoandinos que hoy cuentan con solo el 2,9 % (ETTER *et al.*, 2006), en donde en algunas zonas solamente persisten pequeños fragmentos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, al Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt mediante convenio No. 14-13-014-195CE, a la Escuela de Biología y a la Maestría de Ciencias Biológicas. Al grupo “Sistemática Biológica”. Al Herbario UPTC y a los miembros del grupo de trabajo en campo y laboratorio.

REFERENCIAS

- AGUIRRE, J. & RUIZ, C., 2001.- Composición florística de la brioflora de la Serranía del Perijá (Cesar-Colombia): distribución y ecología. *Caldasia*, 23 (1): 181-201.
- AGUIRRE-C., J., 2008.- Diversidad y riqueza de musgos en la región natural andina o sistema cordillerano: 19-54 (en) RANGEL-CH., J.O. (ed.) *Colombia Diversidad Biótica VI: riqueza y diversidad de musgos y líquenes de Colombia*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales.
- ÁLVARO, M. & MORALES, M.E., 2007.- Catálogo comentado de las hepáticas del Cerro de Mamapacha, municipio de Chinavita-Boyacá, Colombia. *Acta Biolo. Colomb.*, 12 (1): 67-86.
- ARDILES, V., CUVERTINO, J. & OSORIO, E., 2008.- *Guía de campo briofitas de los bosques templados australes de Chile: una introducción al mundo de los musgos, hepáticas y antocrotos que habitan los bosques de Chile*. Concepción: Corporación Chilena de la Madera.
- AVENDAÑO, K. & AGUIRRE-C., J., 2007.- Los musgos (Bryophyta) de la región de Santa María-Boyacá (Colombia). *Caldasia*, 29 (1): 59-71.
- BARBOSA, I., URIBE, J. & CAMPOS, L.V., 2007.- Las hepáticas de Santa María (Boyacá, Colombia) y alrededores. *Caldasia*, 29 (1): 39-49.
- BERNAL, R., GRADSTEIN, S.R. & CELIS, M. (eds.), 2015.- *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- BIRSE, E.M., 1957.- Ecological studies on growth-form in bryophytes. *Journal of Ecology*, 45 (3): 721-733.
- BOLAÑOS, G.Y. & RAMÍREZ, B.R., 2009.- Distribución altitudinal de musgos en el municipio de Popayán, Cauca. *Rev. Asoc. Col. Cienc. Biol.*, 21: 31-44.
- CALZADILLA, E. & CHURCHILL, S.P., 2014.- *Glosario ilustrado para musgos neotropicales*. Missouri: Missouri Botanical Garden.
- CHURCHILL, S.P., 1989.- Bryologia Novo Granatensis. Estudios de los musgos de Colombia IV. Catálogo nuevo de los musgos de Colombia. *Tropical Bryology*, 11 (1): 95-132.
- CHURCHILL, S.P. & LINARES, E.L., 1995.- *Prodomus Bryologiae Granatensis. Introducción a la flora de musgos de Colombia*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales.
- DELGADILLO-MOYA, C., 2014.- Biodiversidad de bryophyta (musgos) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 100-105.
- ESTÉBANEZ-PÉREZ, B., DRAPER, I. & MEDINA-BUJALANCE, R., 2011.- Briofitos: una aproximación a las plantas terrestres más sencillas. *Memorias R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 9: 19-73.
- ETTER, A., MGALPINE, C., WILSON, K., PHINN, S. & POSSINGHAM, D.Y.H., 2006.- Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114: 369-386.
- FRAHM, J., 1991.- Dicranaceae: Campylopodioideae, Paraleucobryoideae. *Flora Neotropical. Monografía*, 54: 1-237.
- FRAHM, J.P., O'SHEA, B., PÓCS, T., KOPONEN, T., PIIPPO, S. & ENROTH, J., *et al.*, 2003.- Manual of Tropical Bryology. *Trop. Bryol.*, 23: 1-196.

- GÁLVEZ-AGUILAR, V.M., s. f.- Estudio florístico de los musgos del Parque Nacional Los Mármolos, Hidalgo, México: Tesis, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Licenciatura en Biología, Hidalgo.
- GIL-NOVOA, J.E. & MORALES-PUENTES, M.E., 2014.- Vertical stratification of epiphytic bryophytes found on *Quercus humboldtii* (Fagaceae) from Boyacá, Colombia. *Rev. Biol. Trop.*, 62 (2): 719-727.
- GIL-NOVOA, J.E. & MORALES, M.E., 2016.- Catalogue of oak's epiphytic bryophytes (*Quercus humboldtii*: Fagaceae), in the municipality of Tipacoque, Boyacá-Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 20 (2): 19-32.
- GIL-NOVOA, J.E., CUTA-ALARCÓN, L.E. & MORALES-PUENTES, M.E., 2017.- Riqueza y distribución de musgos en un bosque subandino en Bolívar-Santander, Colombia. *Rev. Biol. Trop.*, 65 (4): 1397-1406.
- GIMINGHAM, C.H. & BIRSE, E.M., 1957.- Ecological studies on growth-form in bryophytes. I. Correlations between growth-form and habitat. *Journal of Ecology*, 45: 533-545.
- GLIME, J.M., 2007.- *Bryophyte Ecology*. Disponible: <http://www.bryoecol.mtu.edu/>.
- GONZÁLEZ-MANCEBO, J.M., LOSADA-LIMA, A. & PATIÑO, J., 2003.- Bryophyte biodiversity in Garajonay National Park (Gomera, Canary Islands). Preliminary analysis. *Vieraea*, 31: 421-445.
- GRAU, O., GRYTNE, J.A. & BIRKS, H.J.B., 2007.- A comparison of altitudinal species richness patterns of bryophytes with other plant groups in Nepal, Central Himalaya. *Journal of Biogeography*, 34 (11): 1907-1915.
- GRADSTEIN, S.R., URIBE-M., J., GIL-N., J.E., MORALES, C. & NEGRITTO, M.A. 2018.- Liverworts new to Colombia, *Caldasia*, 40 (1).
- GRADSTEIN, S.R., CHURCHIL, S. & SALAZAR-ALLEN, N., 2001.- *Guide to the bryophytes of tropical America*. New York: New York Botanical Garden.
- GRIFFIN, D., 1990.- Floristics of the South American Páramo Moss Flora. *Tropical Bryology*, 2: 127-132.
- HAMMER, Ø., HARPER, D. & RYAN, P., 2001.- Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4 (1): 9.
- HERNANDEZ-A., M.M. & RANGEL-CH., J.O., 2002.- Catálogo florístico del páramo de La Rusia, Duitama (Boyacá): 379-428 (en) ANGEL-J., C., CASTAÑO-U., C., ARJONA-H. F., RODRÍGUEZ, J.V. & DURÁN, C.L. (eds.) *Memorias Congreso Mundial de Páramos*. Paipa: Ministerio del Medio Ambiente, CAR, IDEAM y Conservación Internacional.
- LAGOS, M., SÁENZ, F. & MORALES-PUENTES, M.E., 2008.- Briófitos reófilos de tres quebradas del páramo de Mamapacha, Chinavita (Boyacá-Colombia). *Acta biológica Colombiana*, 13 (1): 143-160.
- LINARES, E. & CHURCHILL, S., 1997.- Comunidades de briófitos reófilos en un caño de montaña, en San Francisco, Cundinamarca, Colombia. *Caldasia*, 19 (1-2): 323-329.
- LINARES, E.L. & URIBE-M., J., 2002.- *Libro rojo de briófitos de Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- LINARES, E., AGUIRRE, J. & RANGEL-CH., J.O., 2000.- Musgos: 473-529 (en) RANGEL-CH., J.O. (ed.) *Colombia diversidad biótica III. La región de vida paramuna de Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Investigación Alexander von Humboldt.
- MARÍN, C., 2013.- Propuesta metodológica para caracterizar las coberturas vegetales en los páramos de Santurbán y Rabanal. Proyecto Páramos y Sistemas de Vida. Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Documento interno.
- MÄGFELFRAU, K., 1952.- Life – forms of bryophytes: 45-58 (en) SMITH, A.J.E. (ed.) *Bryophyte ecology*. New York: Springer.
- 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*, Suplemento especial: 334-335.
- MORALES, M., OTERO, J., VAN DER HAMMEN, T., TORRES, A., CADENA, C. & PEDRAZA, C., et al., 2007.- *Atlas de páramos de Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- MORALES, T., 2009.- Musgos (Bryophyta) del Parque Nacional El Ávila, sectores: Cerro el Ávila y Lagunazo. Venezuela. *Caldasia*, 31 (2): 251-267.
- PORRAS, S., 2011.- Diversidad y abundancia de los musgos (Briophyta) en un gradiente altitudinal del Parque Natural Municipal Robledales de Tipacoque (Boyacá-Colombia): Tesis, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ciencias, Tunja.
- 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.
- RUIZ, E.Y., LINARES, E.L. & MORALES-PUENTES, M.E., 2006.- *Sphagnum* (Sphagnaceae) en el departamento de Boyacá, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias, Exactas, Físicas y Naturales*, 30 (114): 31-45.
- SANTOS, G.A. & AGUIRRE-C., J., 2002.- Estudio florístico de los musgos de la región de la Quinchas-Magdalena medio (Colombia): 77 (en) ANGEL-J., C., CASTAÑO-U., C., ARJONA-H. F., RODRÍGUEZ, J.V. & DURÁN, C.L. (eds.) *Memorias Congreso Mundial de Páramos*. Paipa: Ministerio del Medio Ambiente, CAR, IDEAM y Conservación Internacional.
- SHARP, A., CRUM, H. & ECKEL, P., 1994.- *The moss flora of México. Parts one and two*. New York: New York Botanical Garden.
- SHAW, J. & RENZAGLIA, K., 2004.- Phylogeny and diversification of bryophytes. *American Journal of Botany*, 91: 1557-1587.
- SOLANO, C., ROA, C. & CALLE, Z., 2005.- *Estrategia de desarrollo sostenible del corredor de conservación Guantiva-La Rusia-Iguaque*. Bogotá: Fundación Natura.
- SPITALE, D., 2017.- Forest and substrate type drive bryophyte distribution in the Alps. *Journal of Bryology*, 39 (2): 128-140.
- VAN REENEN, G. & GRADSTEIN, S., 1983.- Studies on Colombian cryptogams XX: A transect analysis of the bryophyte vegetation along an altitudinal gradient on the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Acta Botanica Neerlandica*, 32 (3): 163-175.
- VARGAS, D.L., 2011.- Hepáticas del Parque Natural Municipal "Robledales de Tipacoque", Boyacá-Colombia: Tesis, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ciencias Básicas, Tunja.
- VARGAS-ROJAS, D.L. & MORALES-PUENTES, M.E., 2014.- Hepáticas del Parque Natural Municipal "Robledales de Tipacoque", Boyacá-Colombia. *Univ. Sci.*, 19 (3): 201-211.
- VELANDIA, G. & ZIPA, M., 2003.- Diversidad y distribución de briófitos en parches de bosque y páramo en Mamapacha, Chinavita-Boyacá, Colombia: Tesis, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ciencias Básicas, Tunja.
- VILLARDÓN, J.L.V. 2002.- Análisis de componentes principales. *Cataluña: UOC, Departamento de Estadística*, 32.
- ZECHMEISTER, H.G. & MOSER, D., 2001.- The influence of agricultural land-use intensity on bryophyte species richness. *Biodiversity and Conservation*, 10: 1609-1625.