
DIVERSIDAD Y CLAVES DE LOS MUSGOS DEL PÁRAMO DE ANAIME, CAJAMARCA (TOLIMA-COLOMBIA) MUSGOS DEL PÁRAMO DE ANAIME

DIVERSITY AND KEYS MOSSES OF THE ANAIME'S PARAMO, CAJAMARCA (TOLIMA-COLOMBIA) MOSSES OF THE ANAIME'S PARAMO

Cediel Lozano Guzmán¹, Héctor Eduardo Esquivel²

¹. Universidad del Tolima. E-mail: cediellozano@gmail.com

². Universidad del Tolima. E-mail: hesquive@ut.edu.co

Recibido: Octubre 15 de 2016

Aceptado: Noviembre 10 de 2016

*Correspondencia del autor: Cediel Lozano Guzmán. E-mail: cediellozano@gmail.com

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el páramo de Anaime en predios de la Reserva Natural Semillas de Agua. El muestreo se desarrolló a través de cuatro transectos de 100 metros en las unidades fisionómicas matorral, matorral-frailejónal-pajónal, frailejónal-pajónal y turbera. Se registró el sustrato, hábito de crecimiento y la cobertura. La determinación en el Herbario TOLI dio como resultado 62 especies, pertenecientes a 31 géneros y 19 familias. Las familias más ricas en géneros y especies son: Bartramiaceae, Orthotrichaceae, Hypnaceae, Dicranaceae y Neckeraceae, los géneros con mayor número de especies son: Campylopus, Breutelia y Macromitrium. El matorral es la unidad fisionómica que presenta el mayor número de especies y géneros y el frailejónal-pajónal los valores más bajos para familias, géneros y especies. Se registraron 41 especies de musgos terrestres y 16 corticícolas, 5 especies comparten ambos sustratos. El índice de Margalef y Menhinick presenta los valores más altos en el matorral (5,604 y 1,156 respectivamente) y los más bajos en el frailejónal-pajónal (1,748 y 0.5164). El matorral muestra los valores más altos (D: 0.957 y H': 3,352) para la estructura, mientras que el frailejónal-pajónal los valores más bajos (D: 0.8919 y H': 2.34). El dendograma para el índice de Jaccard no refleja una relación significativa para las unidades fisionómicas. Se concluye que el matorral es el ambiente más diverso. Como aporte hay 25 nuevos registros de musgos para el Tolima. La socialización de este estudio con la comunidad contribuirá a la conservación de la diversidad de musgos de este páramo.

Palabras claves: Diversidad, musgos, páramo de Anaime.

ABSTRACT

This research was conducted in the Anaime's paramo on grounds of the Semillas de Agua Nature Reserve. Sampling was developed through four transects of 100 meters in the matorral, matorral-frailejona-pajonal, frailejona-pajonal and turbera physiognomic units. The substrate, growth habit and coverage was registered. The determination in the Herbarium TOLI resulted in 62 species belonging to 31 genera and 19 families. The richest families in genera and species are: Bartramiaceae, Orthotrichaceae, Hypnaceae, Dicranaceae and Neckeraceae, the genera with more species are: Campylopus, Breutelia and Macromitrium. Matorral is the physiognomy unit having the largest number of species and genera and frailejona-pajonal the lowest values for families, genera and species. 41 species of terrestrial mosses and 16 corticolous were registered, 5 species share both substrates. Margalef and Menhinick index presents the higher values in Matorral (5,604 and 1,156 respectively) and the lowest values in Frailejona-Pajonal (1,748 and 0.5164). Matorral shows the highest values ($D: 0.957$ and $H': 3.352$) for the structure, while Frailejona-Pajonal the lowest values ($D: 0.8919$ and $H': 2.34$). The dendrogram for the Jaccard index does not reflect a significant relationship to the physiognomic units. It is concluded that Matorral is the most diverse environment. As a contribution there are 25 new records of mosses for Tolima. The socialization of this study with the community contributes to the conservation of the diversity of mosses of this paramo.

Keywords: Diversity, mosses, Anaime's paramo.

INTRODUCCIÓN

Los musgos son plantas que se dispersan por esporas, se incluyen en la división Bryophyta, donde el esporofito generalmente permanece unido al gametofito, cuyos órganos sexuales (anteridios y arquegonios) por medio de la fecundación darán paso a la formación de los esporofitos. Son considerados como un grupo de plantas fundamentales en los procesos de fabricación del agua y sus diversas formas de almacenamiento, debido a que interceptan la lluvia, la precipitación horizontal (nubosidad), absorben y retienen el agua, además previenen su escape por escorrentía al tener capacidad de almacenamiento y debido a su gran biomasa contribuyen a detener los procesos erosivos(1).

Los musgos están estimados en cerca de 12800 especies en todo el mundo, organizados en 900 géneros(2). En Colombia la documentación sobre el inventario de los musgos inició con el trabajo de Florschütz-de waard y Florschütz(3), le siguieron Churchill(4), Churchill y Linares(1) y finalmente Aguirre(5), con un claro aumento en la documentación de la riqueza de musgos a medida que aparecían nuevos registros. Se estima que en Colombia existen alrededor de 976 especies de musgos registrados, pertenecientes a 264 géneros y 72 familias. En Colombia, la mayor diversidad de musgos se establece en la región de vida Andina con 914 especies, 259 géneros y 68 familias, favorecidos por los diferen-

tes ambientes(6). Dentro de la Región Natural Andina, encontramos que para los páramos existen registros de 366 especies, 142 géneros y 45 familias, para la cordillera central existen registros de 582 especies, 211 géneros y 65 familias, a su vez, el páramo en esta cordillera cuenta con 190 especies, 90 géneros y 36 familias(7). Finalmente, para el departamento del Tolima, la riqueza de musgos se estima en 179 especies(6).

El presente trabajo se centra en el estudio de los musgos del páramo de Anaime (Reserva Natural Semillas de Agua), ubicado en la cordillera central de los Andes Colombianos, municipio de Cajamarca, departamento del Tolima, a lo largo de un gradiente altitudinal (de 3.540 a 3.730 msnm), centrándose en establecer la diversidad y construcción de claves para su reconocimiento, además de precisar la preferencia de sustrato, mediante la determinación de las diferentes especies colectadas en el área de estudio, pretendiendo contribuir a la documentación de los musgos en el país y enriquecer los inventarios existentes para la zona de páramo.

MATERIALES Y MÉTODOS**Área de estudio**

El páramo de Anaime se ubica sobre el flanco oriental de la cordillera central de los Andes Colombianos, entre los 4°15' de latitud Norte y 75°30' de longitud Oeste,

en jurisdicción de los municipios de Cajamarca, Ibagué, Roncesvalles y Rovira en el Departamento del Tolima y Génova en el Departamento del Quindío. Su extensión es de aproximadamente 57.197 ha distribuidos en un rango altitudinal entre los 3200 a 3900 msnm(8).

La Reserva Natural Semillas de Agua se ubica en el páramo de Anaime entre los 3200 a 3800 msnm, comprende un área de aproximadamente 1.000 ha, con temperaturas entre los 3 hasta los 18 °C y una precipitación media anual de 1700 a 1850 mm(9).

Procedimientos

Se establecieron 4 sitios de muestreo entre el sub-páramo y el páramo, con un rango altitudinal entre los 3540 a 3730 msnm. En cada sitio de muestreo se realizó un transecto lineal de 100 metros de largo y dos metros de ancho a cada lado, procurando pasar por las zonas menos afectadas por la acción antrópica, así como también por diferentes sustratos, que en este caso fueron suelo y base de tronco (no mayor a 1 metro de altura). En cada sitio donde se realizaron los transectos el ambiente era dominado por una unidad fisionómica del paisaje (tabla 1).

Tabla 1. Sitios de muestreo

Transecto	Unidad Fisionómica	Altura (msnm)	Coordenadas
1	Matorral	3540	4°15'05,86" N 75°33'21,16 W
2	Matorral-Frailejona-Pajonal	3580	4°15'03,29" N 75°33'22,62" W
3	Turbera	3676	4°15'33,08" N 75°34'36,51" W
4	Frailejona-Pajonal	3730	4°15'30,31" N 75°34'44,66" W

A lo largo de los transectos se colectaron los musgos, que fueron depositados en bolsas de papel de 1 libra debidamente marcada, así mismo se tomaron datos de campo como coordenadas, altitud, sustrato, cobertura, forma de crecimiento, además de algunas observaciones de campo cuando se requirió. La cobertura se obtuvo utilizando una plantilla con un área de 400 cm²(10) que presenta una trama cuadrículada de 1 centímetro.

En el herbario TOLI de la Universidad del Tolima las muestras fueron secadas a una temperatura promedio de 50°C y depositadas en sobres de papel, para posterior a su determinación ser ingresadas a la colección bajo la numeración del primer autor. Para la determinación se utilizaron las claves de Churchill y Linares(1), Grads-

tein et al(2), Esquivel y Nieto(11), además de la clave digital del Missouri Botanical Garden(12).

Para determinar la diversidad se realizaron los cálculos para los índices de diversidad α y β de acuerdo a lo propuesto por Moreno(13). Para la diversidad alfa se evaluó la riqueza específica y la estructura. En la riqueza específica se consideraron los índices de Margalef y Menhinick además de los estimadores no paramétricos Jackknife 1 y Bootstrap. La estructura se evaluó por medio de los índices de Simpson como parámetro de dominancia y Shannon-Wiener como parámetro de uniformidad. Para la diversidad beta se evaluó el índice de similitud de Jaccard.

RESULTADOS

Se registran 62 especies de musgos (tabla 2), pertenecientes a 31 géneros y 19 familias. Las familias más ricas en cuanto a géneros y especies son: Bartramiaceae (3 géneros - 9 especies), Orthotrichaceae (3-8), Hypnaceae (3-3), Dicranaceae (2-16) y Neckeraceae (2-3). Los géneros con mayor número de especies son: *Campylopus* (14), *Breutelia* (5) y *Macromitrium* (4). De las 62 especies de musgos encontrados, 37 son acrocárpicos (59,7%) y 25 pleurocárpicos (40,3%). Se encontraron 41 especies de musgos sobre suelo (terrestres) y 16 sobre base de tronco (corticícolas), 5 especies comparten ambos sustratos.

Especies	Transectos			
	1	2	3	4
<i>Aerolindigia capillacea</i> (Hornsch.) M. Menzel	X			
<i>Amphidium tortuosum</i> (Hornsch.) Cufod.	X			
<i>Anacolia laevisphaera</i> (Taylor) Flowers	X			
<i>Bartramia angustifolia</i> Mitt.	X	X		
<i>Bartramia longifolia</i> Hook.	X			
<i>Bartramia mathewsii</i> Mitt.	X			
<i>Brachythecium rutabulum</i> (Hedw.) Schimp.			X	
<i>Breutelia brittoniae</i> Renaud & Cardot	X	X	X	X
<i>Breutelia integrifolia</i> (Taylor) A. Jaeger		X		
<i>Breutelia polygastrica</i> (Müll. Hal.) Broth.	X	X	X	X

Breutelia subarcuata (Müll. Hal.) Schimp	X				Campylopus luteus (Müll. Hal) Paris	X			
Breutelia trianae (Hampe) A. Jaeger		X			Campylopus nivalis (Brid.) Brid.		X	X	
Calliergonella cuspidata (Hedw.) Loeske	X		X		Campylopus pauper (Hampe) Mitt.	X			
Campylium praegracile (Mitt.) Broth.	X	X			Campylopus pittieri R.S. Williams	X	X		
Campylopus densicoma (Müll. Hal.) Paris	X	X	X		Campylopus reflexisetus (Mül. Hal) Broth.		X	X	X
Campylopus anderssonii (Müll. Hal) A. Jaeger	X	X	X		Campylopus richardii Brid.			X	X
Campylopus dicnemoides (Müll. Hal.) Paris	X	X	X		Campylopus sp1.			X	
Campylopus flexuosus (Hedw.) Brid.	X				Campylopus sp2.	X			
Campylopus luteus (Müll. Hal) Paris	X				Campylopus sp3.	X			
Campylopus nivalis (Brid.) Brid.	X	X			Campylopus sp4.	X			
Campylopus pauper (Hampe) Mitt.	X				Catagonium brevicaudatum Müll. Hal. ex Broth.		X		
Campylopus pittieri R.S. Williams	X	X			Chorisodontium mittenii (Müll. Hal.) Broth.	X	X		
Campylopus reflexisetus (Mül. Hal) Broth.	X	X	X		Chorisodontium wallissi (Müll. Hal.) Broth		X		
Campylopus richardii Brid.		X	X		Ctenidium malacodes Mitt.	X	X	X	X
Campylopus sp1.		X			Daltonia cf. pulvinata Mitt.		X		
Campylopus sp2.	X				Hypnum amabile (Mitt.) Hampe	X	X	X	X
Campylopus sp3.	X				Lepidopilum longifolium Hampe	X	X		
Campylopus sp4.	X				Leptodontium luteum (Taylor) Mitt.	X	X		
Catagonium brevicaudatum Müll. Hal. ex Broth.	X				Loeskeobryum giganteum (E.B. Bartram) J.R. Rohrer			X	
Chorisodontium mittenii (Müll. Hal.) Broth.	X	X			Macromitrium cf. crosbyorum B.H. Allen & Vitt	X	X		
Chorisodontium wallissi (Müll. Hal.) Broth	X				Macromitrium longifolium (Hook.) Brid.	X			
Ctenidium malacodes Mitt.	X	X	X	X	Macromitrium sp1.	X			
Daltonia cf. pulvinata Mitt.	X				Macromitrium sp2.	X			
Hypnum amabile (Mitt.) Hampe	X	X	X	X	Plagiothecium lucidum (Hook. F & Wilson) Paris		X		
Calliergonella cuspidata (Hedw.) Loeske	X		X		Pleurozium schreberi (Willd. ex Brid.) Mitt.	X	X		X
Campylium praegracile (Mitt.) Broth.	X	X			Porotrichodendron superbum (Taylor) Broth.	X			
Campylopus densicoma (Müll. Hal.) Paris	X	X	X		Porotrichum expansum (Taylor) Mitt.	X	X		
Campylopus anderssonii (Müll. Hal) A. Jaeger	X	X	X		Porotrichum lancifrons (Hampe) Mitt.		X		
Campylopus dicnemoides (Müll. Hal.) Paris	X	X	X		Prionodon densus (Sw. ex Hedw.) Müll. Hal.	X			
Campylopus flexuosus (Hedw.) Brid.	X				Prionodon fuscolutescens Hampe	X			
					Pyrrhobryum mnioides (Hook.) Manuel	X	X		

Rhacocarpus purpurascens (Brid.) Paris	X	X	
Rhodobryum beyrichianum (Hornsch.) Müll. Hal.	X		
Rhodobryum grandifolium (Taylor) Schimp.	X		
Rhodobryum procerum (Schimp.) Paris	X		
Scorpidium scorpioides (Hedw.) Limpr.	X		
Sphagnum magellanicum Brid.	X	X	
Sphagnum sp1.		X	
Sphagnum sp2.	X	X	X
Thuidium peruvianum Mitt.	X	X	
Trachyxiophium steerei (D.G. Griffin) S.P. Churchill	X		X
Zygodon peruvianus Sull.	X		
Zygodon reinwardtii (Hornsch.) A. Braun	X		
Zygodon sp.	X		

En cuanto a la riqueza por unidad fisionómica, el matorral presenta el mayor número de especies y géneros, mientras que el matorral-frailejona-pajonal el mayor número de familias, por su parte el frailejona-pajonal presenta el menor número de especies, géneros y familias (figura 1). En relación a la preferencia de sustrato por unidad fisionómica, en la turbera y el frailejona-pajonal encontramos únicamente especies terrestres (19 y 12 especies respectivamente), en el matorral son más numerosas las especies terrestres (24), que las corticícolas (14) y las que se registran en ambos sustratos (4) y en el matorral-frailejona-pajonal, están presentes 20 especies terrestres, 8 corticícolas y 1 especie en ambos sustratos.

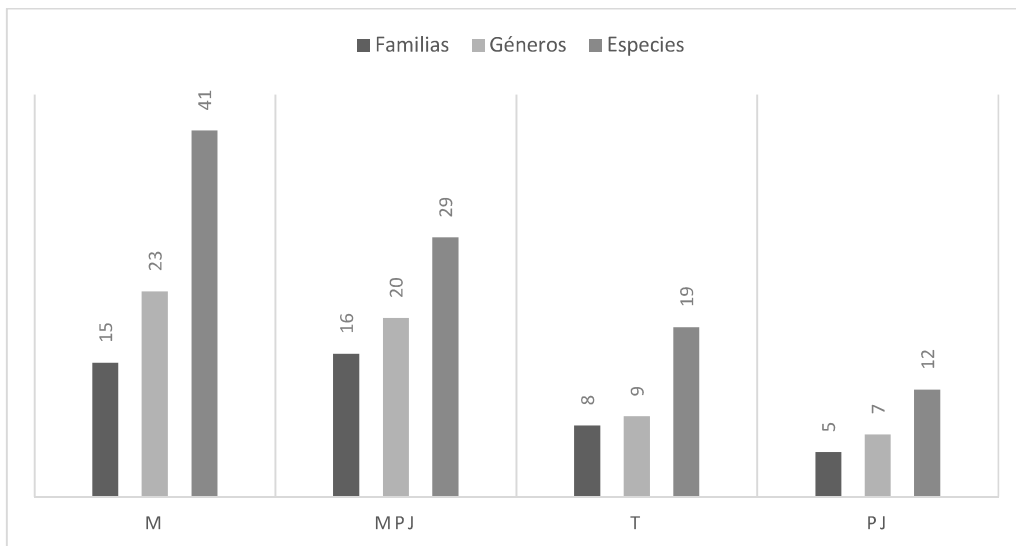


Figura 1. Familias, géneros y especies por unidad fisionómica.

De acuerdo a los índices de diversidad de Margalef y Menhinick obtenidos, se aprecia que para el primero, el matorral es el que presenta el valor más alto, seguido del matorral-frailejona-pajonal, la turbera y por último el frailejona-pajonal quien presenta el valor más bajo; en el índice de Menhinick este orden se mantiene (tabla 3).

Tabla 3. Índices para la diversidad alfa

ÍNDICE	M	MFP	T	FP
Margalef	5,604	4,095	2,654	1,748
Menhinick	1,156	0,9499	0,6394	0,5164

Se graficó la curva de acumulación de especies y los estimadores Jackknife 1 y Bootstrap para los transectos muestreados (Figura 2 y Tabla 4).

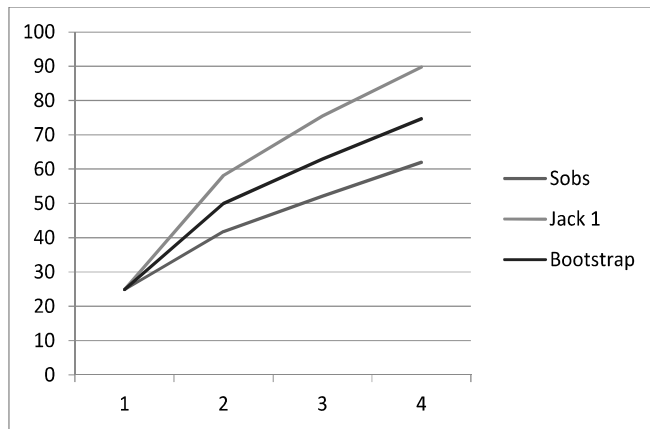


Figura 2. Curva de acumulación de especies y estimadores de riqueza calculados para los transectos.

Tabla 3. Riqueza observada y calculada por dos estimadores no paramétricos

	OBSERVADA		ESPERADA	
		Jacknife 1		Bootstrap
Riqueza de especies	62	90		75
% de especies registradas		69%		83%

A partir de las coberturas registradas para cada especie en el páramo de Anaime y mediante el uso del programa PAST (Paleocological Statistic, version 3.12) se calcularon los índices de dominancia de Simpson y equidad de Shanon-Wiener (Tabla 4).

Tabla 4. Índices de dominancia de Simpson y equidad de Shanon-Wiener para las especies de musgos presentes en el páramo de Anaime.

	M	MFP	T	FP
Simpson	0.957	0.9407	0.9334	0.8919
Shanon-Wiener	3.352	3.0252	2.816	2.34

A partir de la presencia/ausencia de especies encontradas en las unidades fisionómicas, se presenta el dendograma con el índice de similitud de Jaccard, con valores entre 0 (sin similitud) y 1 (similitud máxima) (Figura 3).

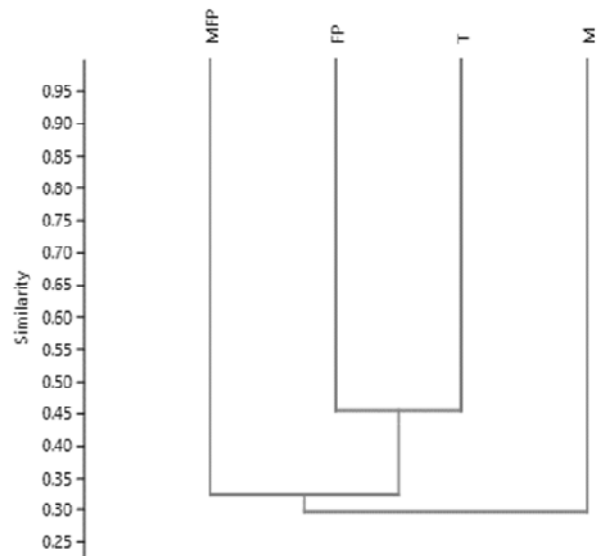


Figura 3. Dendograma con el índice Jaccard para los transectos muestreados.

Finalmente se elaboró una clave dicotómica para los géneros de musgos, elaborada a partir de los resultados obtenidos en el presente estudio:

Clave para los géneros registrados en el páramo de Anaime.

- 1. Costa simple 2
- 1. Costa ausente, o corta y bifurcada o doble y larga 19
- 2. Costa ocupando 1/3 o más del ancho de la hoja Campylopus
- 2. Costa ocupando menos de 1/3 del ancho de la hoja 3
- 3. Costa aparentemente engrosándose hasta la unión con el ápice setáceo Chorisdontium
- 3. Costa del mismo grosor a lo largo de toda su longitud 4
- 4. Células de la lámina lisas 5
- 4. Células de la lámina papilosas o mamilosas 11
- 5. Margen biestratificada, doblemente dentada Pyrrhobryum
- 5. Margen uniestratificada, entera o serrada 6
- 6. Hojas bordeadas 7
- 6. Hojas no bordeadas 8
- 7. Plantas acrocárpicas, borde serrado o denticulado Rhodobryum

7. Plantas pleurocárpicas, borde entero o raramente serrulado en el ápice	
..... Daltonia	
8. Tallos diferenciados entre primarios y secundarios	9
8. Tallos no diferenciados entre primarios y secundarios	10
9. Plantas laxas y algo flexibles, ramas ± teretes	Porotrichodendron
9. Plantas generalmente erectas y rígidas, ramas en su mayoría complanadas	
..... Porotrichum	
10. Costa larga, $\frac{2}{3}$ de la longitud de la lámina	Brachythecium
10. Costa corta, $\frac{1}{2}$ de la longitud de la lámina o menos	Aerolindigia
11. Células de la lámina con una hasta dos papilas (raramente más de dos papilas)	
..... 12	
11. Células de la lámina con más de dos papilas	17
12. Plantas acrocárpicas	13
12. Plantas pleurocárpicas	15
13. Hojas marcadamente plegadas, con células alares diferenciadas	Breutelia
13. Hojas débilmente plegadas o no, con células alares indiferenciadas	14
14. Tallos sin hialodermis, hojas angostamente lanceoladas con bases poco diferenciadas	Anacolia
14. Tallos con hialodermis, limbo angosto bien diferenciado y base oblongo u obovada conspicua	Bartramia
15. Paráfilos presentes en los tallos	Thuidium
15. Paráfilos ausentes	16
16. Tallos primarios rastreros, densamente tomentosos, células basales de la lámina a menudo tuberculadas	Macromitrium
16. Tallos primarios rastreros, radiculosos por debajo o desnudos	Prionodon
17. Costa en corte transversal generalmente bien desarrollada, con banda de estereidas por encima y por debajo de las células guía	Leptodontium
17. Costa en corte transversal poco diferenciada, sin bandas de estereidas	18
18. Cápsulas inmersas, hojas periqueciales diferenciadas, epidermis del tallo aparentemente pluripapilosa	Amphidium
18. Cápsulas exsertas, hojas periqueciales poco diferenciadas, epidermis del tallo aparentemente lisa	Zygodon
19. Costa ausente	20
19. Costa corta y bifurcada o doble y larga	21
20. Plantas verde oliva hasta pardo amarillentas o pálido doradas, hojas largo-pilíferas desde una base ovada y con células alares	Rhacocarpus
20. Plantas blanquecinas, formando una cabezuela compacta de ramas cortas en un racimo apical (capítulo)	Sphagnum
21. Costa doble y larga, ocupando $\frac{1}{2}$ o más de la longitud de la lámina	22
21. Costa corta y bifurcada, ocupando menos de $\frac{1}{2}$ de la longitud de la lámina ...	23
22. Tallo con hialodermis bien desarrollada, plantas generalmente epífitas	
..... Lepidopilum	
22. Tallo con hialodermis ausente (raramente presente y débilmente diferenciado)	
..... Trachyxiphium	
23. Hojas dispuestas en 2 filas, ápices mucronados	Catagonium
23. Hojas dispuestas en 3 filas o más	24
24. Células papilosas	Ctenidium
24. Células lisas	25
25. Paráfilos presentes, hojas cordado-auriculadas	Loeskeobryum
25. Paráfilos ausentes	26
26. Hojas complanadas, presencia de decurrencias	Plagiotheicum

26. Hojas teretes	27
27. Hialodermis presente en el tallo	28
27. Hialodermis ausente en el tallo	29
28. Hialodermis del tallo completa (rodeando completamente al tallo), hojas del tallo oblongo ovadas u oblongas con costa corta y doble	Calliergonella
28. Hialodermis del tallo generalmente incompleta (no rodeando completamente al tallo), hojas del tallo orbiculares hasta ampliamente ovado-lanceoladas con costa corta y doble, en ocasiones simple	Scorpidium
29. Hojas ovadas o triangulo-lanceoladas, patentes, con células alares cuadradas o corto rectangulares	Campylium
29. Hojas subovales a ovadas, células arales infladas, cuadradas o corto a largo rectangulares, fuertemente porosas	Pleurozium

DISCUSIÓN

Según los datos publicados por Aguirre(7) y la información obtenida en la presente investigación, se puede afirmar que en el páramo de Anaime se encuentra el 6,35% de las especies, el 11,74% de los géneros y el 26,38% de las familias de musgos registrados en Colombia, de igual manera, el 16,93% de las especies, el 21,83% de los géneros y el 42,22% de las familias de musgos registradas para la región de vida paramuna en Colombia. Es importante resaltar que en el páramo de Anaime existe el 16,93% de las especies de musgos registradas para la región de vida paramuna de nuestro país, se destaca para la región de vida paramuna presente en la cordillera central, corresponde al 32,63% de las especies de musgos registradas, lo cual indica que el páramo de Anaime es una zona de vida con un importante número de especies de musgos. En el páramo de Anaime se encontraron 25 nuevos registros para los páramos del departamento del Tolima, lo cual indica que hacen falta más estudios para enriquecer los inventarios de la flora de musgos.

Las familias más diversas en cuanto a géneros y especies son Bartramiaceae, Orthotrichaceae, Hypnaceae, Dicranaceae y Neckeraceae, estas familias son bastante diversas en la región de vida paramuna(7). En cuanto a géneros, los que presentaron mayor número de especies son Campylopus, Breutelia y Macromitrium, según Aguirre(7) estos géneros son los más diversificados en los páramos de Colombia.

El número de géneros encontrados en el páramo de Anaime es menor con relación a los publicados para el Nevado del Tolima(11), pero mayor para los registrados en el Volcán Puracé(14).

En cuanto a la diversidad de especies, géneros y familias por unidad fisionómica en el páramo de Anaime, el matorral es el más diverso, seguido del matorral-frailejunal-pajonal, la turbera y finalmente el frailejunal-pajonal, tan sólo en la diversidad de familias este orden cambia, debido a que el más diverso es el matorral-frailejunal-pajonal seguido del matorral. Esto se debe a que en el gradiente altitudinal las especies de musgos presentan su punto máximo de diversidad en la ecotonía entre la zona alto andina y la transición al sub-páramo, donde se localiza casi la mitad del total de especies registradas para Colombia, en el páramo por el contrario disminuye(1)(15). Igualmente Cataño(16) registra para 4 turberas del Nevado del Tolima 30 especies de musgos, 11 más de las registradas en la turbera del presente estudio, esto indica un importante número de especies presentes en turbera para el páramo de Anaime.

Es de resaltar la acción antrópica ejercida en las distintas unidades fisionómicas que se colectaron, en especial en la turbera y el frailejunal-pajonal donde muy cerca pasa una carretera, lo cual podría ser un factor que esté afectando la diversidad, sin embargo, es necesario realizar un estudio con ese enfoque para determinar el grado de perturbación que se podrían estar ejerciendo en estos ambientes.

En relación a la preferencia de sustrato, se encontró que las terrestres son las más abundantes con 41 especies, seguido de las corticícolas con 16, además se encontraron 5 especies en ambos sustratos. Las especies terrestres fueron las más abundantes en los cuatro ambientes, sólo el matorral y el matorral-frailejunal-pajonal presentan especies corticícolas, además de especies que se establecen en ambos sustratos. Según Aguirre(7) los musgos terrestres y corticícolas son los más abundantes en los páramos, expresando sus valores más altos en la

ecotonía entre la zona alto-andina y la transición al páramo. En el páramo de Anaime, zonas con presencia de matorrales favorecen especies corticícolas, aunque las especies más abundantes son las terrestres. Por su parte, los páramos abiertos como frailejonales-pajonales y turberas presentan especies casi exclusivamente terrestres, sin negar que aquellos páramos abiertos donde exista presencia de vegetación arbustiva puedan favorecer especies corticícolas.

Según el índice de Margalef el matorral es el único sitio con alta diversidad, mientras que el matorral-frailejonal-pajonal y la turbera presentan valores de mediana diversidad y el frailejonal-pajonal valores de baja diversidad, teniendo en cuenta que para el índice de Margalef valores superiores a cinco está relacionado a sitios de alta diversidad, valores entre dos y cinco a sitios de mediana diversidad y valores menores a dos de baja diversidad, estos resultados son similares a los arrojados por el índice de Menhinick.

En general, los índices de riqueza específica permiten determinar que existe alguna relación entre el matorral y el matorral-frailejonal-pajonal, esto se entiende debido a que son ambientes cercanos y propios del subpáramo, además, debido a su cercanía con la zona de ecotonía con el bosque alto-andino presentan diversidad alta, por otro lado, la turbera y el frailejonal-pajonal presentan valores bajos, en este caso, el ambiente de páramo abierto explica la baja diversidad.

El gráfico de la curva de acumulación de especies, junto con los estimadores Jackknife 1 y Bootstrap muestra una subestimación de la riqueza para cada uno de las unidades fisionómicas muestreadas, es decir, indican que aún se requieren más muestreos y colectas para tener una riqueza más completa en el páramo de Anaime, es de resaltar sin embargo, que los estimadores de riqueza empleados (tabla 4) nos indican que los muestreos fueron buenos, con el 69% para Jackknife 1 y el 83% para Bootstrap.

La estructura (dominancia y uniformidad) de los musgos en el páramo de Anaime tiende a ser similar a la riqueza, ya que el matorral es el ambiente donde mejor se desarrollan los musgos, mientras que el frailejonal-pajonal tiende a ser el menos propicio.

En términos de dominancia el matorral es la unidad fisionómica más diversa, seguido por el matorral-frailejonal-pajonal, la turbera y el frailejonal-pajonal. El

matorral y el matorral-frailejonal son ambientes con alta diversidad, seguidos muy de cerca por la turbera y un poco más alejado el frailejonal-pajonal. Estadísticamente se puede decir que los valores entre el matorral, el matorral-frailejonal-pajonal y la turbera son relativamente cercanos, mientras que el valor del frailejonal-pajonal presenta una mayor diferencia. Por su parte el índice de Shannon-Wiener presenta datos similares a los de Simpson, donde el matorral es el más equitativo, seguido del matorral-frailejonal-pajonal, la turbera y el frailejonal-pajonal.

Finalmente, el dendograma para el índice de similitud de Jaccard nos permite afirmar que no existe una relación significativa entre las unidades fisionómicas estudiadas, al parecer la turbera y el frailejonal-pajonal guardan una relación en cuanto al número de especies que comparten, sin embargo el porcentaje de relación es muy bajo (inferior al 50%), éstas a su vez comparten unas pocas especies con el matorral-frailejonal-pajonal (menos del 35%), por su parte, el matorral es el menos similar con los demás ambientes, debido a que tan sólo comparte un 30% de sus especies.

Es de aclarar que como lo hemos mencionado, el matorral y el matorral-frailejonal guardan alguna relación en cuanto a diversidad de especies, esto se debe a que son ambientes relativamente similares, donde comparten especies arbustivas que permiten el establecimiento de musgos corticícolas, en este caso los que se ubican en la base del tronco, además de generar un ambiente sombreado que permite el establecimiento de especies terrestres no tolerantes a altas radiaciones, contrario a la turbera y el frailejonal-pajonal, donde en su mayoría son ambientes abiertos, propicios para especies terrestres.

CONCLUSIONES

En el páramo de Anaime se registraron 62 especies de musgos, pertenecientes a 31 géneros y 19 familias.

Las familias más ricas en géneros y especies son Bartramiaceae, Orthotrichaceae, Hypnaceae, Dicranaceae y Neckeraeae y los géneros con mayor número de especies fueron *Campylopus*, *Breutelia* y *Macromitrium*.

El matorral fue la unidad fisionómica con mayor número de especies y géneros, seguido del matorral-frailejonal, la turbera y el frailejonal-pajonal, en cuanto al número de familias el matorral-frailejonal fue el más rico,

seguido del matorral, la turbera y el frailejónal-pajonal. Los musgos en el páramo de Anaime son más abundantes en el sustrato terrestre con 41 especies seguido del corticícola (base de tronco) con 16, además, 5 especies se encuentran en ambos sustratos.

Tanto el índice de Margalef como el de Menhinick presentan los valores más altos para el matorral, seguido del matorral-frailejónal, la turbera y por último el frailejónal-pajonal.

En cuanto a la estructura (dominancia y equidad), el matorral es el que presenta los valores más altos, seguido del matorral-frailejónal, la turbera y el frailejónal-pajonal.

Según el dendograma de Jaccard no existe una relación significativa entre las unidades fisionómicas, tan sólo la turbera y el frailejónal-pajonal presentan una similitud menor del 50%.

El presente trabajo contribuye a aumentar en 25 especies el número de registros de musgos para el Tolima que según Aguirre (2008) estaba en 179 especies. También es susceptible de confirmar más nuevos registros para Colombia o en el mejor de los casos nuevas especies, basado en que en el proceso de determinación hay 8 muestras aún sin determinar (4 *Campylopus*, 2 *Sphagnum* y 2 *Macromitrium*), en espera de que sean revisados por especialistas.

Se aclara que la clave de musgos estará construida hasta nivel de especie en corto tiempo.

AGRADECIMIENTOS

Al Comité Central de Investigaciones de la Universidad del Tolima por apoyar económicamente el desarrollo de este proyecto y a la Reserva Natural Semillas de Agua por permitir realizar el proyecto allí.

REFERENCIAS

1. Churchill, S.P. y Linares, E. (1995). *Prodromus Bryologidae Novo-Granatensis: Introducción a la Flora de Musgos de Colombia*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia.
2. Gradstein, S.R., Churchill, S.P y Salazar, N. (2001). *Guide to the Bryophytes of Tropical America*. New York: New York Botanical Garden.
3. Florschütz-de Waard, J. y Florschütz, P.A. (1979). Estudios sobre Criptógamas Colombianas III. Lista comentada de los musgos de Colombia. *Bryologist*, (82), 669-678.
4. Churchill, S.P. (1989). *Bryologia Novo Granatensis. Estudios de los musgos de Colombia IV. Catálogo nuevo de los musgos de Colombia*. *Tropical Bryologist*, (1), 95-132.
5. Aguirre, J. (2008). "Catálogo de los musgos de Colombia". En: J.O. Rangel (Ed), *Colombia: Diversidad Biótica VI: Riqueza y Diversidad de los Musgos y Líquenes en Colombia* (99-319). Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia.
6. Aguirre, J. (2008). "Diversidad y riqueza de los musgos y líquenes en Colombia –Generalidades y Metodología–". En: J.O. Rangel (Ed). *Colombia: Diversidad Biótica VI: Riqueza y Diversidad de los Musgos y Líquenes en Colombia* (1-18). Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia.
7. Aguirre, J. (2008). "Diversidad y riqueza de los musgos en la región natural andina o sistema cordillero". En: J.O. Rangel (Ed). *Colombia: Diversidad Biótica VI: Riqueza y Diversidad de los Musgos y Líquenes en Colombia* (19-54). Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia.
8. Mejía, L.M. Delimitación del complejo del páramo de Anaime y río Chili apoyado en SIG participativo. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad del Tolima; 2012
9. Corporación Semillas de Agua. (2003). *Plantas del páramo de Anaime: cordillera central, andes Colombianos*. Colombia: Corporación Semillas de Agua.
10. Iwatzuki, A. (1960). The epiphytic bryophyte communities in Japan. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*, (22), 159-339.

11. Esquivel, H.E. & Nieto, A. (2003). Diversidad florística de la cuenca alta del río Combeima. Ibagué: Universidad del Tolima.
12. Missouri Botanical Garden. Andean Bryophytes. Tropicos. <http://www.tropicos.org/projectwebportal.aspx?pagename=AMFamilykeys&projectid=21> (último acceso 13 de abril del 2016).
13. Moreno, C.E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M & T - Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. Zaragoza:
14. Bolaños, G.Y. y Ramírez, B.R. (2009). Distribución altitudinal de musgos en el municipio de Popayán, Cauca. *Revista Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, (21), 31-44.
15. Linares, E., Aguirre, J. y Rangel, J.O. (2000). "Musgos". En: J.O. Rangel (Ed). *Colombia diversidad Biótica III. La región de vida paramuna (473-527)*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia.
16. Cataño, E., Uribe, J. y Campos, L.V. (2014). Diversidad de hepáticas y musgos en turberas del Nevado del Tolima, Colombia. *Caldasia*, (36), 217-229.