

Hepáticas del Parque Natural Municipal “Robledales de Tipacoque”, Boyacá-Colombia

Diana Lucía Vargas-Rojas^{1✉}, María Eugenia Morales-Puentes²

Hepaticae of the Municipal Natural Park of " Robledales de Tipacoque" in Boyacá-Colombia

Abstract

In high mountain ecosystems, Hepaticae is prominent and are essential to regulate and maintain hydrological cycles; they also contribute to nutrient recycling. We sampled five different substrates (decomposing matter, tree base, bare soil, rocks and flush root) of the "Robledales de Tipacoque" Natural Park and recorded 52 species of Hepaticae belonging to 21 genera and 12 families. The families having the highest number of species were the Plagiochilaceae with 22 (40.7%) and Lejeuneaceae with nine (16.6%), and the substrates with the highest number of species were decaying matter (30), followed by rock (22). The floristic composition in altitudinal belts is so distinct, that species of Hepaticae were found constrained to one altitudinal range.

Keywords: Distribution; diversity; ecology; Tipacoque.

Edited by Alberto Acosta✉

1 Programa Botánica, Departamento de Biología Vegetal. Universidad Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil. SisBio-Herbario UPTC. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Avenida Central del Norte, Tunja, Colombia.

2 Grupo Sistemática Biológica-Herbario UPTC. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia.

Received: 27-02-2014 **Accepted:** 14-04-2014

Published on line: 27-05-2014

Citation: Vargas-Rojas DL, Morales-Puentes ME (2014) Hepáticas del Parque Natural Municipal “Robledales de Tipacoque”, Boyacá-Colombia. *Universitas Scientiarum* 19(3): 201-211
doi: 10.11144/Javeriana.SC19-3.hpnm

Funding: Municipio y Alcaldía de Tipacoque.

Electronic supplementary material: N/A

Introducción

Las hepáticas junto con los musgos y los antoceros son plantas no vasculares pertenecientes al grupo de los briófitos; considerados un grupo independiente como división Marchantiophyta (Barbosa et al. 2007). Las hepáticas son organismos pequeños que contribuyen de manera significativa en términos de biomasa y cobertura (Churchill & Linares 1995), también permiten la estabilización de las capas más superficiales del suelo, al colonizar rocas y suelos desnudos (Vanderpoorten & Goffinet 2009), establecimiento de plantas epífitas vasculares como las orquídeas, bromelias, helechos, entre otras (Gradstein et al. 2001). Por lo anterior, son considerados excelentes indicadores climáticos de humedad, temperatura y luz.



Se estiman cerca de 5000 especies de hepáticas en el mundo distribuidas en 300 géneros, y cerca de una cuarta parte de estas especies están en el neotrópico, representadas en 191 géneros y 41 familias (Gradstein et al. 2001). Es así, como en Colombia, se registran 840 especies de hepáticas, distribuidas en 136 géneros y 36 familias (Uribe & Gradstein 1999), para el caso de Boyacá la riqueza de especies se estiman en 188, siendo uno de los departamentos que más ha incrementado los registros, especialmente en los últimos años (Uribe & Gradstein 1999, Lagos et al. 2008, Gil & Morales 2014).

La distribución altitudinal de hepáticas en zonas subandinas y andinas está representada por una gran diversidad en términos de número de especies (Orrego 2005). Las hepáticas son consideradas elementos sensibles a los cambios microambientales, siendo así organismos bioindicadores; por lo cual, mediante el estudio de la abundancia y composición florística se pueden monitorear los ecosistemas y establecer la dinámica de flujo de agua, nutrientes y energía en los ecosistemas (Watson 1980, Gradstein 1992) ideas que fueron propuestas también por Frahm & Gradstein (1991) como grupos importantes en la definición de las franjas altitudinales, basados en los cambios de cobertura y fitomasa (Watson 1980, Gradstein 1992, Orrego 2005).

El Parque Natural Municipal "Robledales de Tipacoque" (PNMRT) corresponde a la zona de vida de selva o bosque andino (Cuatrecasas 1958) y hace parte del corredor biológico Guantiva –La Rusia–Iguaque. También en esta área se encuentra una de las mayor extensión de bosque de roble; (*Quercus humboldtii*; departamentos de Boyacá y Santander). Este tipo de cobertura vegetal, favorece el desarrollo de especies de mayor y menor porte, que genera un microclima propicio para la formación de diversos hábitats, así como una amplia variedad de sustratos donde se da el crecimiento y la distribución de las hepáticas (Pócs 1982).

Dichas plantas logran su mayor diversidad y exuberancia en la zona alto andina (Churchill & Linares 1995). Así es, como Gil & Morales (2014) exponen un trabajo detallado y minucioso sobre la brioflora del Parque enfocado en la caracterización de musgos y hepáticas que crecen en diferentes rangos altitudinales, y en distintas coberturas vegetales, sin dejar de lado a los briófitos que crecen epífitos sobre roble.

Sin embargo, el parque presenta un alto grado de intervención humana producto de diferentes actividades agropecuarias (Fundación Natura Colombia 2007), que han diezmando la cobertura original, transformando los bosques en fragmentos, y varios de éstos ya son pastizales. En consecuencia, han generado cambios en la cobertura del bosque de roble y disminuido progresivamente la diversidad vegetal, que a su vez, recae en la brioflora del área de estudio (Gil & Morales 2014). Es así, como el presente estudio, aproxima la riqueza y estructura de las hepáticas que se encuentran en el PNMRT mediante la evaluación de cinco sustratos (roca, materia en descomposición, raíz aflorante, suelo desnudo y base de árbol) en un rango altitudinal de 2800 a 3300 m, que permitió evidenciar la diversidad de estas plantas y su comportamiento en los niveles altitudinales.

Materiales y métodos

Área de estudio: El Parque Natural Municipal "Robledales de Tipacoque" corresponde a un bosque alto andino con áreas fragmentadas, al igual que comunidades de páramo. Se encuentra localizado al norte del departamento de Boyacá (**Figura 1**), en el sector rural del municipio que lleva su nombre; limita al norte con el municipio de Covarachía, al occidente con Onzaga (Santander), al oriente con Boavita y al sur con el municipio de Soatá. Presenta un área de 1159 ha y comprende un rango altitudinal entre 2800 y 3300 m (6°23' N; 72°42' O) (Fundación Natura Colombia 2007).

Las condiciones climáticas del área de estudio comprenden precipitaciones de 1081.85 mm/año, temperatura promedio de 17.4 °C, evaporación promedio anual de 109.3 mm, con mayores valores en el mes de enero (142.7 mm) y los menores en el mes de junio (85.2 mm) (Fundación Natura Colombia 2007). En esta zona se generan importantes fuentes hídricas como las quebradas Tipacoque y El Galván que prestan servicios a la cabecera municipal y su área de influencia (Fundación Natura Colombia 2007).

Muestreos: Los transectos se realizaron cada 200 m altitudinales en las zonas conocidas como vía Alto del Gallo (06°23'0.90"N 0.72°44'229"W, 2771 m), El Encerrado (6°23'51.1"N, 72°43'34.1"W, 2880 m), Alto del Gallo (06°23'0.90"N 0.72°44'229"W, 3030 m), Alto

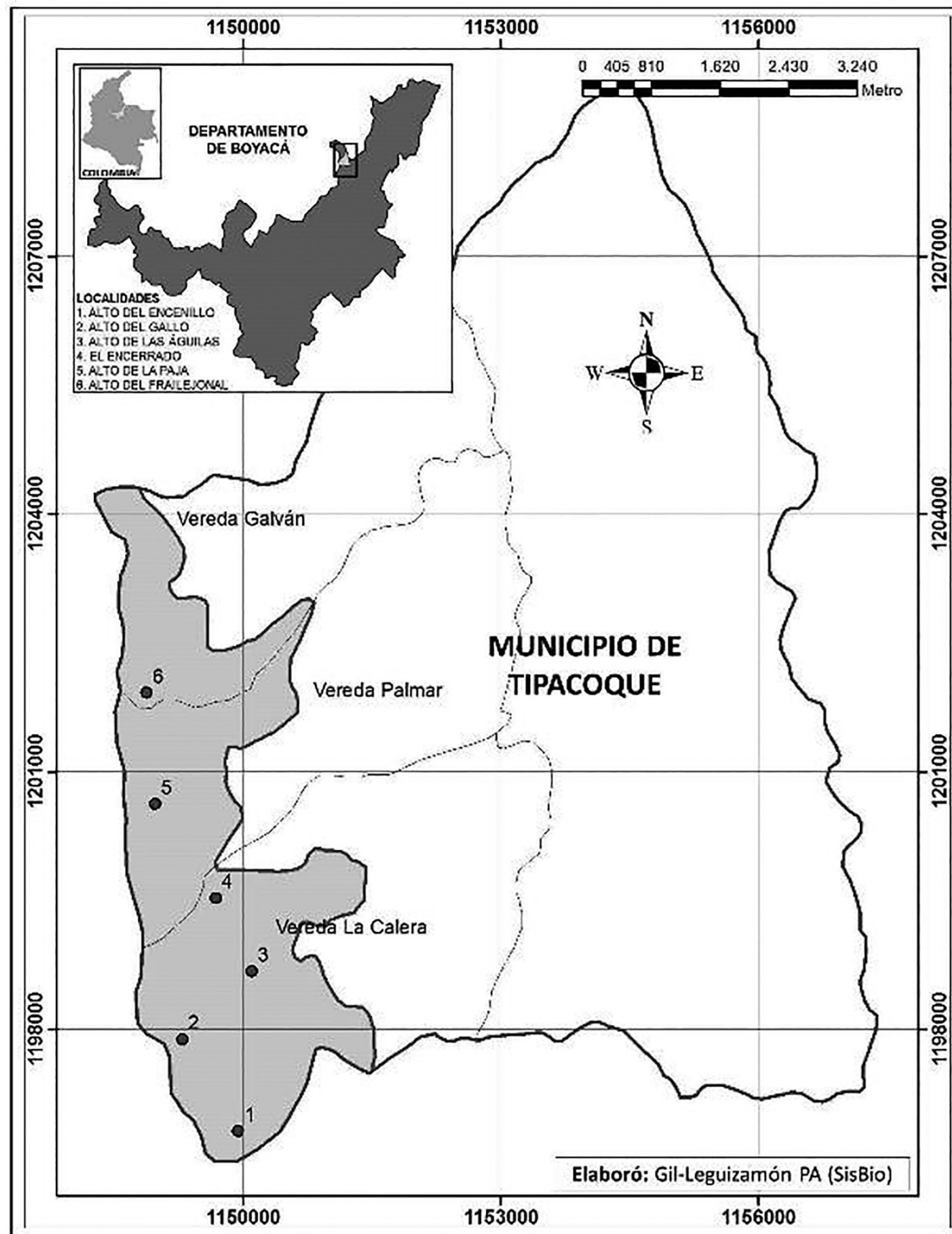


Fig.1. Mapa del área de estudio (Colombia, Boyacá, Tipacoque).

de Las Águilas ($6^{\circ}23'37.5''\text{N}$, $72^{\circ}43'27.4''\text{W}$, 3050 m), Alto El Encenillo ($6^{\circ}22'19.4''\text{N}$ $72^{\circ}43'29.9''\text{W}$, 3244 m) y Alto del Frailejón ($6^{\circ}24'53.6''\text{N}$ $72^{\circ}44'06.1''\text{W}$, 3222 m) (Figura 1) con el fin de muestrear seis parches de robledal y las franjas altitudinales que definen el parque.

Recolección de datos: Seis transectos lineales escogidos al azar de 100 m de largo y dos metros de ancho a cada lado (Pinzón & Linares 2006, Álvaro et al. 2007) fueron realizados sobre los sustratos roca, base de árbol, suelo desnudo, raíz aflorante y materia

en descomposición. La estimación de la cobertura se realizó mediante la técnica propuesta por Iwatzuki (1960), la cual fue modificada a una plantilla de acetato de 30 x 20 cm, con la que se realizaron 184 levantamientos de acuerdo a la abundancia y la distribución de las plantas no vasculares sobre cada sustrato. Se tomaron datos de ubicación como localidad y altitud. Los ejemplares colectados se identificaron y describieron en el Herbario UPTC, mediante el uso de bibliografía especializada, entre la que se destaca (Fulford 1966, 1968 y 1976; Gradstein 1990 y 1994; Gradstein et al. 2001; Uribe & Gradstein 1999 y Uribe & Aguirre 1997). Este material fue corroborado con especialistas y comparado con los ejemplares de la colección de referencia del Herbario UPTC. Así también, los ejemplares colectados se encuentran depositados en el herbario de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, bajo la numeración de Vargas-R, L.

Las especies fueron corroboradas a través de la revisión nomenclatural de: Andean Bryophytes, (<http://tropicos.org>), International Association for Plant Taxonomy (<http://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php>) y The International Plant Names Index (<http://www.ipni.org>).

Se realizó una breve descripción de cada uno de los sustratos, donde se evaluó la diversidad de las hepáticas presentes en el Parque:

Materia en descomposición: Este sustrato se encuentra representado en gran parte por hojas y troncos que se desprenden de los árboles de roble. Así mismo, el gran porte que presentan los árboles permiten el establecimiento de algunas especies de plantas epífitas como orquídeas y bromelias que constituyen una porción considerable de biomasa al caer del dosel.

Roca: El Parque presenta afloramientos rocosos, dispersos, representados por rocas de tamaños medianos (un metro de ancho a 50 cm de largo) a pequeños (50 cm o menos) con superficies lisas, agrietadas o con hendiduras de diferentes profundidades, las cuales se convierten en reservorios de agua y materia orgánica que permiten el establecimiento de algunas especies de briófitos.

Base de árbol: Ocupan gran parte del área de estudio, debido a la presencia y amplia distribución de árboles de roble, los cuales se caracterizan por ser de porte alto

y tronco grueso. Este sustrato representa un hábitat sombrío con un alto grado de humedad (Pócs 1982).

Suelo desnudo: Se encuentra en su mayoría cubierta por hojarasca y algunas rocas. Los suelos del PNMRT y su área de influencia están clasificados en asociaciones, las cuales tienen características específicas en cuanto a pendiente, erosión, profundidad y propiedades fisicoquímicas; entre ellas se encuentra, el *Misceláneo Quebrado* que comprende zonas de bosque, áreas inexplorables por las condiciones de sus suelos, tales como escasa profundidad y excesiva pendiente. En su mayor parte están dedicados a bosques y pastoreo (Fundación Natura Colombia 2007).

Raíz aflorante: Generalmente se extienden en zonas planas a poco inclinadas. En su mayoría se encuentran conformados por árboles de roble cuyo DAP es > 10 cm.

Análisis de datos: La riqueza se estimó mediante el índice de riqueza específica (S) el cual cuantifica el número de especies encontradas en cada uno de los sustratos, y no tiene en cuenta el valor de importancia de las mismas (Moreno 2001). Con las coberturas encontradas en cada sustrato se estimó la abundancia a través de índice de Simpson (D), éste como parámetro de dominancia, el cual, considera la representatividad de las especies con mayor valor de importancia (Moreno 2001).

Como parámetro de uniformidad se utilizó el índice de Shanon-Wiener (H'), que establece la cantidad de especies (riqueza) presentes en un área y la cantidad relativa de individuos en cada una de esas especies (abundancia), con un rango de valores, así: cero (0) cuando hay una sola especie y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran 1988). Con el fin de establecer la similitud entre los sustratos de cada transecto evaluado, se utilizó el coeficiente de Jaccard que muestra la relación de semejanza entre dos muestras a partir de las especies presentes en ellas (Moreno 2001). Se realizó a través del programa Past v. 1.30 (Hammer et al. 2001).

Finalmente, la distribución de las hepáticas se evaluó mediante la presencia/ausencia de las especies utilizando el índice de riqueza específica en el rango altitudinal de 2800 a 3300 m.

Resultados

Se realizaron 184 levantamientos en seis transectos, en los que se encontraron 52 especies, agrupadas en 21 géneros y 12 familias. Las familias más diversas fueron Plagiochilaceae (22 especies) y Lejeuneaceae (9) seguida Lepidoziaceae, Geocalycaceae y Jubulaceae con cuatro especies cada una, y los géneros más diversos fueron *Plagiochila* (22), *Lejeunea* (5), *Frullania* (4), *Bazzania* (2), *Lophocolea* (2) y *Metzgeria* (2) (**Figura 2**). Del total de especies colectados, 145 (78,8%) son de hábito folioso y 39 (21,1%) son talosas.

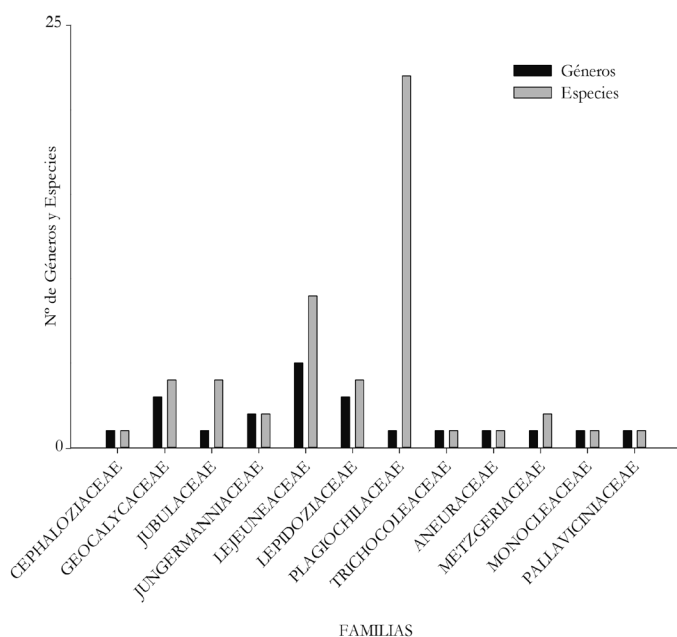


Fig. 2. Familias de hepáticas con el número de géneros y especies registrados en el estudio.

En términos de riqueza se encontró que de los cinco sustratos evaluados, la materia en descomposición y la roca presentaron la riqueza más alta (**Figura 3**), es decir, 30 especies en 16 géneros y 10 familias (materia en descomposición) y 21 especies en 11 géneros y 10 familias (roca), con especies dominantes como *Lepidozia brasiliensis*, *Heteroscyphus elliottii*, *Lophocolea bidentata* y *Monoclea gottschei*, mientras que sobre los sustratos raíces aflorantes (13 especies en 10 géneros y 8 familias) y suelos desnudos (14 especies en 12 géneros y 8 familias) con una menor riqueza.

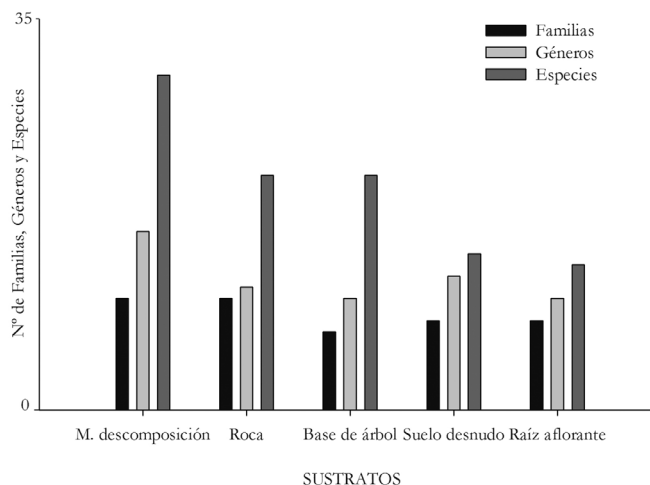


Fig. 3. Número de familias, géneros y especies por cada uno de los sustratos evaluados.

A continuación se presentan los resultados de diversidad por cada uno de los sustratos estudiados:

Materia en descomposición: Se destacan 30 especies pertenecientes a 16 géneros y 10 familias (**Tabla 1**). La familia más rica en este sustrato correspondió a Plagiochilaceae con 30% (9 especies), seguida de Lejeuneaceae con 16,66% (5), Geocalycaceae con 13,33% (4), Jubulaceae con 10% (3), Jungermanniaceae, Lepidoziaceae y Metzgeriaceae con 6,66% (2), mientras que Cephaloziellaceae y Aneuraceae constituyeron solo el 3,33% (una especie cada una). *Lepidozia brasiliensis* (60123 cm²), *Plagiochila* sp. 5 (60000 cm²) y *Plagiochila* sect. *Arrectae* sp. 1 (60000 cm²) representaron los porcentajes de cobertura más altos para este sustrato, seguidos de *Bazzania heterostipa* (465 cm²), *Riccardia* sp. 1 (318 cm²), *Heteroscyphus elliottii* (235 cm²) y *Lejeunea flava* (104 cm²).

Roca: Se encontraron 21 especies pertenecientes a 11 géneros y 10 familias (**Tabla 1**). La familia más rica en este sustrato correspondió a Plagiochilaceae con 42,8% (9 especies), seguida de Lejeuneaceae con 14,2% (3), Geocalycaceae y Metzgeriaceae con 9,52% (2), mientras que Jubulaceae, Jungermanniaceae, Lepidoziaceae, Aneuraceae y Monocleaceae constituyeron solo el 4,7% (1 especie cada una). El sustrato roca fue el segundo más rico en donde especies como *Lepidozia brasiliensis* (60160 cm²),

Tabla 1. Lista de las especies de hepáticas encontradas en los cinco sustratos evaluados del PNM Robledales de Tipacoque (Revisión nomenclatural de: Andean Bryophytes, <http://tropicos.org>). Convenciones: F: Foliosa; T: Talosa; R: Roca; Ra: Raíz aflorante; Sd: Suelo desnudo; Ba: Base de árbol; Md: Materia en descomposición.

Familia	Taxón	Hábito	Sustrato	Altitud (M)
Cephaloziaceae	<i>Cephaloziella granatensis</i> (J.B. Jack) Fulford	F	Sd, Md	2771
Geocalycaceae	<i>Heteroscyphus elliptii</i> (Stephani) Pagan	F	R, Ra, Sd, Ba, Md	2771-2880-3030-3244-3222
	<i>Leptoscyphus amphibolus</i> (Nees) Grolle	F	Sd, Md	2771-2880-3244
	<i>Lophocolea bidentata</i> (L.) Dumort	F	R, Ra, Sd, Ba, Md	2771-2880- 3030-3222-3244
	<i>Lophocolea muricata</i> (Lehm.) Nees	F	Ba, Md	2880-3055-3222-3244
Jubulaceae	<i>Frullania</i> sp.1	F	Md	3244
	<i>Frullania</i> sp.2	F	Md	2771
	<i>Frullania</i> sp.3	F	Md	3055
	<i>Frullania</i> sp.4	F	R	3055
Jungermanniaceae	<i>Anastrophyllum auritum</i> (Lehm.) Stephani	F	R, Ra, Sd, Md	2771-3055
	<i>Jamasoniella</i> sp.1	F	Ra, Sd, Md	2771-3055
Lejeuneaceae	<i>Anoplolejeunea conferta</i> (C. F. W. Meissn. ex Spreng) A. Evans	F	Ba, Md	3244
	<i>Blepharolejeunea securifolia</i> (Stephani) R.M. Schust	F	Md	3055
	<i>Lejeunea flava</i> (Sw.) Nees	F	Sd, Ba, Md	2771-2880-3244
	<i>Lejeunea</i> sp.1	F	Ba	2771-3244
	<i>Lejeunea</i> sp.2	F	R	2880
	<i>Lejeunea</i> sp.3	F	Md	2880
	<i>Lejeunea</i> sp.4	F	R	3055
	<i>Diplasiolejeunea</i> sp.	F	Ba, Md	3055
Lepidoziaceae	<i>Taxilejeunea pterigonia</i> (Lehm. & Lindenb.) Schiffn	F	R	2880
	<i>Bazzania heterostipa</i> Steph.	F	Ba, Md	2880-3222-3244
	<i>Bazzania pallide-virens</i> (Steph.) Fulford	F	Ba	3222-3244
	<i>Lepidozia brasiliensis</i> Stephani	F	R, Ra, Sd, Ba, Md	2771-2880-3030-3222-3244
Plagiochilaceae	<i>Telaranea</i> sp.1	F	Sd	3222
	<i>Plagiochila aerea</i> Taylor	F	Ra, Sd, Ba, Md	3030-3055-3222-3244
	<i>Plagiochila</i> cf. <i>diversifolia</i> Lindenb. & Gottsche	F	R, Ba, Md	2880-3055
	<i>Plagiochila longispina</i> Lindenb. & Gottsche	F	R, Md	3030
	<i>Plagiochila</i> Sect. <i>Arrectae</i> sp. 1	F	R, Ba, Md	2771-2880-3244
	<i>Plagiochila</i> Sect. <i>Arrectae</i> sp. 2	F	Ba	3222
	<i>Plagiochila</i> Sect. <i>Arrectae</i> sp. 3	F	Md	3222
	<i>Plagiochila</i> Sect. <i>Arrectae</i> sp. 4	F	R	3055
	<i>Plagiochila</i> sp. 1	F	R	3055-3244
	<i>Plagiochila</i> sp. 2	F	R, Ra	3055-3244
	<i>Plagiochila</i> sp. 3	F	R	3244
	<i>Plagiochila</i> sp. 4	F	Md	3222
	<i>Plagiochila</i> sp. 5	F	Md	3222
	<i>Plagiochila</i> sp. 6	F	Md	3222
	<i>Plagiochila</i> sp. 7	F	Ba	3222
	<i>Plagiochila</i> sp. 8	F	Ba	3222
	<i>Plagiochila</i> sp. 9	F	Md	2880
	<i>Plagiochila</i> sp. 10	F	Ba	2771
	<i>Plagiochila</i> sp. 11	F	R, Ra	3055
	<i>Plagiochila</i> sp. 12	F	R	3055
	<i>Plagiochila</i> sp. 13	F	Ba	3055
	<i>Plagiochila</i> sp. 14	F	Sd	3055
	<i>Plagiochila</i> sp. 15	F	Ra	3055
Trichocoleaceae	<i>Trichocolea tomentosa</i> (Sw.) Gottsche	F	Ba	3222
Aneuraceae	<i>Riccardia</i> sp.1	T	R, Ra, Md	2880-3030
Metzgeriaceae	<i>Metzgeria filicina</i> Mitt	T	R, Ra, Sd, Ba, Md	2771-2880-3030-3055- 3244
	<i>Metzgeria</i> aff. <i>neotropica</i> Kuwah	T	R, Ra, Ba, Md	2880-3055-3222-3244
Monocleaceae	<i>Monoclea gottschei</i> Lindenb	T	R, Ra, Ba, Md	2880-3030
Pallaviciniaceae	<i>Symphogyna brongniartii</i> Mont	T	Ra, Sd	3030

Monoclea gottschei (60629 cm²) y *Plagiochila* cf. *diversifolia* (60000 cm²) fueron particularmente abundantes al presentar porcentajes de cobertura del 100% para este sustrato, seguido de *Plagiochila* sp. 11 (501 cm²), *Lophocolea bidentata* (395 cm²), *Plagiochila longispina* (205 cm²), *Lejeunea* sp. 2 (150 cm²) y *Metzgeria* aff. *neotropica* (133 cm²).

Base de árbol: Se encontraron 21 especies pertenecientes a 10 géneros y seis familias (Tabla 1). La familia más diversa en este sustrato correspondió a Plagiochilaceae con 38,09% (8 especies), seguida de Lejeuneaceae con 19,04% (4), Lepidoziaceae y Geocalycaceae con 14,28% (3), Metzgeriaceae con 9,52% (2), mientras que Monocleaceae y Trichocoleaceae formaron el 4,76% (1 especie cada una). *Lepidozia brasiliensis* (60471 cm²) presentó la mayor cobertura seguida de *Heteroscyphus elliotii* (618 cm²) y *Bazzania pallide-virens* (687 cm²).

Suelo desnudo: Se encontraron 14 especies pertenecientes a 12 géneros y ocho familias (Tabla 1). La familia más diversa en este sustrato correspondió a Plagiochilaceae y Geocalycaceae con 21,4% (3 especies), seguida de Jungermanniaceae y Lepidoziaceae con 14,28% (2), mientras que Cephaloziellaceae, Pallaviciniaceae, Lejeuneaceae y Metzgeriaceae constituyeron solo el 7,14% (1 especie cada una). *Lepidozia brasiliensis* (120008 cm²) presentó la mayor cobertura, seguida de *Heteroscyphus elliotii* (60586 cm²) y *Lophocolea bidentata* (60315 cm²).

Raíz aflorante: Se identificaron 13 especies pertenecientes a 10 géneros y ocho familias (Tabla 1). La familia más diversa en este sustrato correspondió a Plagiochilaceae con 23,07% (3 especies), seguida de Geocalycaceae, Jungermanniaceae y Metzgeriaceae con 15,38% (2 especies cada uno) mientras que, Lepidoziaceae, Pallaviciniaceae, Aneuraceae y Monocleaceae constituyeron solo el 7,69% (1 especie cada uno). *Lepidozia brasiliensis* (12109 cm²) es la hepática foliosa más abundante, al presentar la mayor cobertura seguida de *Jamesoniella* sp.1 (60000 cm²) y *Symphyogyna brongniartii* (60130 cm²). Especies como *Plagiochila aerea* (58 cm²), *Monoclea gottschei* (40 cm²), *Metzgeria filicina* (30 cm²), *Metzgeria* aff. *neotropica* (18 cm²), *Lophocolea bidentata* (11 cm²), *Anastrophyllum auritum* (15 cm²), *Heteroscyphus elliotii* (15 cm²) y *Plagiochila* sp. 2 (16 cm²) presentaron menores coberturas.

El sustrato con mayor uniformidad en la distribución de las especies, correspondió a la materia en descomposición (índice de Shannon-Wiener) con un valor de 1,176, seguido de roca con 1,17, y la base de árbol con 0,244 que presentó menor uniformidad. Los datos de dominancia muestran que el valor más alto se encontró en el sustrato base de árbol (0,922), a su vez, este resultado indica que es el sustrato con menor diversidad (Tabla 2).

Table 2. Índices de abundancia proporcional para las especies de hepáticas presentes en los distintos sustratos del PNM “Robledales de Tipacoque”.

	Roca	Raíz Aflorante	Suelo desnudo	Base de árbol	Materia en descomposición
Taxa_S	21	13	14	22	30
Dominance_D	0,3264	0,3753	0,3696	0,9226	0,3261
Shannon_H	1,17	1,047	1,079	0,2444	1,176
Simpson_1-D	0,6736	0,6247	0,6304	0,07737	0,6739

El índice de diversidad (1-D) para los sustratos evaluados permite establecer que la materia en descomposición registra la mayor diversidad con un valor de 0,6739, seguido de roca y suelo desnudo con valores de 0,6736 y 0,6304 respectivamente.

Otro análisis empleado corresponde a la similitud florística, la cual estableció agrupaciones entre la raíz aflorante y suelo desnudo como los sustratos más correlacionados (42%), seguido de base de árbol y materia en descomposición (32%) (Figura 4). En general, la similitud entre los sustratos es baja, lo que indica que no se presentaron especies compartidas y se sugiere una heterogeneidad en la composición a nivel de sustratos. En cuanto a la similitud entre los transectos, los rangos altitudinales más correlacionados fueron 2880 y 3030 m con un 42%, seguido de 3244 y 2771 m altitudinales con un 38% de similitud, a su vez, se encuentran relacionados con el transecto de los 3055 m al presentar una similitud de 22%. Por último, se observa que el rango altitudinal de 3222 m muestra la similitud más baja (20%), lo cual se explica por la presencia de especies únicamente registradas en este rango altitudinal (Figura 5).

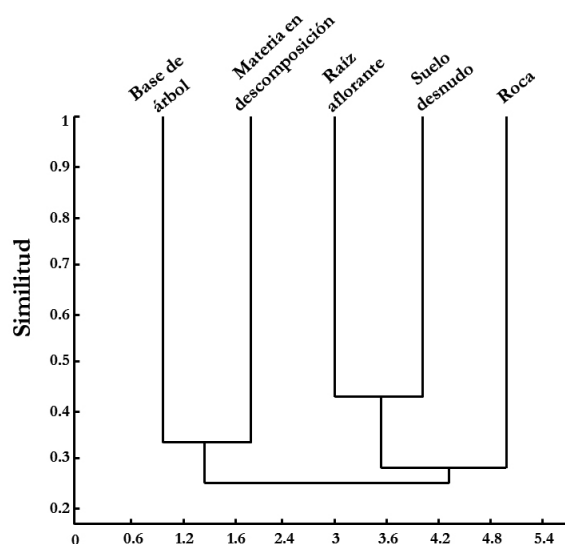


Fig. 4. Índice de similitud de Jaccard en los diferentes sustratos estudiados.

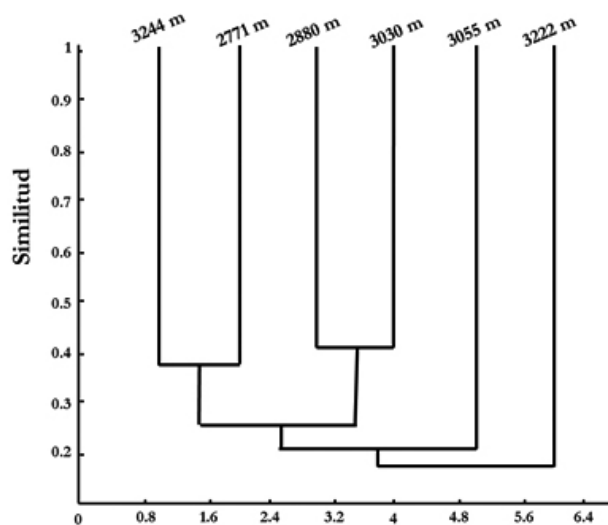


Fig. 5. Índice de similitud de Jaccard entre los seis transectos evaluados.

Discusión

El estudio realizado en el PNMRT muestra que la materia en descomposición y las rocas corresponden a los sustratos más diversos al presentar porcentajes de cobertura y número de especies significativamente altos (30 y 21 especies respectivamente). De acuerdo con Gradstein et al. (2000) lo anterior, puede atribuirse a condiciones ambientales como las bajas temperaturas, la incidencia de luz y la disponibilidad de agua, que permiten la acumulación de materia orgánica en el suelo y favorece el crecimiento de las hepáticas; contrario a estos resultados, el estudio realizado por Álvaro et al. (2007) muestran una mayor riqueza en el sustrato cortícola al evaluar árboles de 0 a 3 m de altura en bosques altoandinos de la cordillera Oriental.

No obstante, los estudios realizados por Gradstein et al. (2001) y Holz (2003) en sotobosque muestran una clara preferencia de las hepáticas por sustratos como raíz aflorante, ramas, cortezas y bases de árboles; donde, los levantamientos que se realizaron sobre la materia en descomposición (principalmente ramas y troncos caídos) no solamente resaltan en número de especies, sí no en el estado de conservación del PNMRT al encontrar familias como Lejeuneaceae y Trichocoleaceae que indican un alto grado de humedad en el ambiente.

En el sustrato rocoso, la familia Plagiochilaceae muestra una clara dominancia sobre el resto de grupos 42,8% (9 especies), seguida de Lejeuneaceae con 14,2% (3); este sustrato es importante para el establecimiento y desarrollo de hepáticas talosas como *Monoclea gottschei*, *Metzgeria* aff. *neotropica*, *Metzgeria filicina* y *Riccardia* sp.1 y en algunos casos dominaron este sustrato, debido a los depósitos de agua y materia orgánica que se forman en las grietas de las rocas como lo describe Richards (1984). Igualmente, el crecimiento de hepáticas foliosas como *Taxilejeunea* aff. *pterigonia* y *Plagiochila* cf. *diversifolia* son una evidencia de la preferencia sobre un sustrato específico, similar a las observaciones por Gradstein et al. (2001) quienes describen a estas especies como las más frecuentes en el sotobosque, causado por la estrecha relación que existe con las condiciones microclimáticas como bajas temperaturas, altos niveles de luz y disponibilidad de agua (Barbosa et al. 2007).

La bases de los árboles como estrato se considera como una zona de transición entre las especies encontradas en el suelo y las que se establecen a lo largo del tronco, así mismo, esta transición se refleja en gran diversidad de especies (Holz 2003); igualmente, la luz en estos estratos basales se ve muy disminuida por la sombra que produce el dosel (Frahm & Gradstein

1991); es así, como los levantamientos realizados sobre base de árbol representaron 21 especies entre las que se destacan los géneros *Bazzania*, *Lepidozia* y *Plagiochila*, que según Holz (2003) son típicos en este sustrato. Además, hepáticas foliosas como *Lejeunea* sp.1 y *Trichocolea tomentosa* son sensibles a los cambios ambientales, y se registraron únicamente en la base de los árboles, ya que las condiciones de humedad, protección y oscuridad de este sustrato son óptimas para el desarrollo y crecimiento de estas plantas.

El suelo desnudo fue el sustrato que presentó menor riqueza de especies, contrario a los estudios realizados por Holz (2003), y registro este sustrato como uno de los más ricos, superando inclusive a las bases de los árboles y rocas. La baja representación se debe probablemente a la gruesa capa de hojarasca que se observó en el suelo (entre los 10-30 cm de profundidad), lo cual impide el crecimiento de las hepáticas; sin embargo, especies como *Heteroscyphus elliotti*, *Lepidozia brasiliensis* y *Lophocolea bidentata* se encontraron con altos porcentajes de cobertura, y *Telaranea* sp.1 es un taxón específico para este sustrato.

Por otro lado, los estudios realizados por Richards (1984) y Pócs (1982) describen la diversidad de las hepáticas en las raíces aflorantes, donde *Plagiochila* y *Lepidozia* son los géneros más ricos. Por el contrario, los resultados obtenidos en el PNM “Robledales de Tipacoque”, mostraron que la raíz aflorante constituye el sustrato menos diverso (1-D) al representar solamente el 7,06% de la riqueza, es decir 13 especies. Sin embargo, es importante mencionar que *Jamesoniella* sp.1, *Lepidozia brasiliensis* y *Symphyogyna brongniartii* son las especies más abundantes y cuya presencia se mantiene gracias al continuo aporte de agua por escorrentía, lo cual es reflejado en los altos valores de cobertura.

Plagiochilaceae, Lejeuneaceae y Lepidoziaceae son las familias con mayor abundancia y no mostraron una preferencia de sustrato, por el contrario se encontraron dominando todos los sustratos, lo que se muestra en las diferentes estrategias adaptativas que registran estos grupos de taxones como la distribución y forma de crecimiento en el sustrato, las asociaciones que presentan con otros grupos de plantas vasculares y no vasculares, además de la restricción que presentan algunas especies a diferentes rangos altitudinales.

Respecto a la distribución altitudinal *Lepidozia brasiliensis*, *Lophocolea bidentata* y *Heteroscyphus elliotti* se registraron en todos los rangos estudiados y represento el 25% de las especies halladas en los sustratos evaluados, de manera que no se encontraron restringidas a un sustrato específico. Es importante resaltar que a medida que se asciende altitudinalmente, la diversidad y la riqueza de especies disminuye, debido a que los microhábitats fueron expuestos a claros de bosque y procesos de paramización, que han reducido la cobertura vegetal y alterado la estrecha relación que existe entre las condiciones microclimáticas y las especies (Richards 1984, Frahm & Gradstein 1991). Lo anterior, puede observarse en la distribución de familias como Cephaloziellaceae, Monocleaceae y Lejeuneaceae que en términos de número de especies disminuye al aumentar la altitud (Holz 2003), y con especies como *Cephaloziella granatensis*, *Lejeunea* sp.2, *Lejeunea* sp. 3 y *Blepharolejeunea securifolia*, que se encuentran distribuidas hasta los 3055 m.

Cephaloziella granatensis, *Lophocolea muricata* y *Taxilejeunea* aff. *pterigonia* se registraron en una altitud de 2771 m, sin embargo, estas especies no fueron observadas en el sector “El Encerrado” que presenta un rango altitudinal similar; lo anterior se debe, probablemente a las diferentes características que presenta cada sector y los sustratos donde se establecen principalmente, el suelo desnudo y la materia en descomposición. Así mismo, se evidencio la presencia de *Symphyogyna brongniartii* a los 3030 m, mientras que la distribución de *Blepharolejeunea securifolia* y *Diplasiolejeunea* sp.1, se encontró a los 3050 m, igualmente ocurrió a los 3222 y 3244 m con las especies de *Trichocolea tomentosa* y *Anoplolejeunea conferta* respectivamente.

Por último, se destaca la presencia de las especies *Monoclea gottschei*, *Riccardia* sp.1 y *Symphyogyna brongniartii* que solo se registraron entre los 2800 y 3050 m. Así mismo, *Anoplolejeunea conferta*, *Bazzania pallide-virens*, *Bazzania heterostipa* y *Trichocolea tomentosa* se registraron únicamente a los 3200 m, lo cual puede explicarse por las diferencias microclimáticas que presentan los puntos de muestreo, ya que las zonas muestreadas entre los 2800 y 3050 m corresponden a lugares más preservados y húmedos, debido a que cuenta con corrientes de agua y de difícil acceso para el ganado.

Conclusiones

Los bosques de roble del PNM "Robledales de Tipacoque" han sido objeto de fuertes transformaciones debido a las actividades antrópicas que han interrumpido la dinámica de las poblaciones diezmando su diversidad vegetal, entre ellas las hepáticas que se encontraron ampliamente distribuidas sobre la materia en descomposición y las rocas. El hábito más dominante fue el folioso con el 78,8% de las especies colectadas. Así mismo, la preferencia de sustratos fue evidente para especies como *Taxilejeunea* aff. *pterigonia* y *Plagiochila* cf. *diversifolia* ubicadas sobre roca; igualmente, *Telaranea* sp. 1 fue específica para suelo desnudo, mientras que *Lejeunea* sp. 1 y *Trichocolea tomentosa* se encontraron creciendo en base de árbol únicamente. La distribución altitudinal de las hepáticas se encontró restringida para familias como Cephaloziellaceae, Monocleaceae y Lejeuneaceae, mientras que las especies como *Lepidozia brasiliensis*, *Lophocolea bidentata* y *Heteroscyphus elliotti* se encontraron distribuidas en toda la franja altitudinal que presenta el PNMRT.

Agradecimientos

A la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, en especial al grupo de investigación Sistemática Biológica y Herbario UPTC por el apoyo logístico. Al municipio y alcaldía de Tipacoque por los permisos, financiación y apoyo logístico. A los profesores David Cortes y Maribel Pinzón por la revisión y oportunos aportes en el manuscrito. Al Dr. Stephan Robbert Gradstein y Dr. Alfons Schäfer-Verwimp por la revisión del material de *Diplasiolejeunea* y a Wilson Álvaro por su colaboración con *Anastrophyllum*. A Pablo Gil del grupo Sistemática Biológica (UPTC) por la elaboración del mapa.

Conflicto de intereses

Los autores desean expresar que en la realización de este artículo no se presentó ningún conflicto de intereses los ámbitos personales o profesionales.

Referencias

Álvarez W, Díaz M, Morales ME (2007) Catálogo comentado de las hepáticas de cerro de Mamapacha, municipio de Chinavita- Boyacá, Colombia. *Acta biológica Colombiana* 12(1): 67-86.

- Barbosa I, Uribe J, Campos LV (2007) Las hepáticas de Santa María (Boyacá, Colombia) y alrededores. *Caldasia* 29(1): 39-49.
- Churchill S, Linares E (1995) Prodomus Bryologiae Novogranatensis. Introducción a la flora de musgos de Colombia. Tomos I y II. Instituto de Ciencias Naturales. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Cuatrecasas J (1958) Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 10(40): 221-264.
- Frahm JP, Gradstein R (1991) An altitudinal zonation of tropical rain forests using bryophytes. *Journal of Biogeography* 18(6): 669-678.
- Fulford M (1966) Manual of the leafy hepaticae of Latin America. *Memories New York Botanical Garden* 11(2): 173-276.
- Fulford M (1968) Manual of the leafy hepaticae of Latin America. *Memories New York Botanical Garden* 11(3): 277-392.
- Fulford M (1976) Manual of the leafy hepaticae of Latin America. *Memories New York Botanical Garden* 11(4): 393-535.
- Fundación Natura Colombia (2007) Diagnóstico socio-ambiental del PNM "Robledales de Tipacoque" y su área de influencia Convenio 106-07. Fundación Natura – CORPOBOYACA.
- Gil-N JE, Morales-P ME (2014) Estratificación vertical de briófitos epífitos encontrados en *Quercus humboldtii* (Fagaceae) de Boyacá, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 62(2):719-727.
- Gradstein SR (1990) A key to the Colombian species of holostipous Lejeuneaceae (Hepaticae). *Tropical Bryology* 3: 45-57.
- Gradstein SR (1992) The vanishing tropical rain forest as an environment for bryophytes and lichens. En JW Bates & AM Farmer (eds.) *Bryophytes and lichens in a changing environment*. clarendon Press. Oxford, pp. 234-258.
- Gradstein SR (1994) Flora Neotropical. Lejeuneaceae: Ptychantheae, Brachiolejeuneae. *The New York Botanical Garden*. New York, USA.
- Gradstein SR, Griffin ID, Morales MI, Nadkarni NM (2000) Diversity and habitat differentiation of mosses and liverworts in the cloud forest of Monteverde, Costa Rica. *Caldasia* 23(1):203-212.
- Gradstein SR, Churchill S, Salazar N (2001) Guide to the bryophytes of tropical America. The New York Botanical Garden Press. NYBG press, Bronx, New York, USA.
- Hammer OD, Harper A, Ryan P (2001) PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia electronica* 4(1):1-9.

- Holz I (2003) Diversity and ecology of bryophytes and macrolichens in primary and secondary montane Quercus forests, Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Doctorate thesis. Faculty of Sciences Georrg- August. Gottingen University, Germany.
- Iwatzuki Z (1960) The epiphytic bryophyte communities in Japan. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 22: 159-339.
- Lagos M, Sáenz F, Morales ME (2008) Briófitos reófilos de tres quebradas del páramo de Mamapacha, Chinavita (Boyacá-Colombia). *Acta biológica Colombiana* 13(1): 143-160.
- Magurran AE (1988) Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, USA.
- Moreno CE (2001) Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, Zaragoza.
- Orrego O (2005) Briófitos de Caldas: La Reserva de Planalto. *Boletín Científico - Centro de Museos. Museo de Historia Natural* 9: 31-50.
- 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. pp: 59-104. En Smith AJE (Eds.) *Bryophyte ecology*. Cambridge University Press, USA.
- Richards PW (1984) The ecology of tropical forest bryophytes. En RM Schuster (Ed.) *New manual of bryology* (2): 1233-1270.
- Uribe J, Aguirre J (1997) Clave para los géneros de hepáticas de Colombia. *Caldasia* 19(1-2): 13-27.
- Uribe J, Gradstein SR (1999) Estado del conocimiento de la flora de hepáticas de Colombia. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 23(87): 315-318.
- Vanderpoorten A, Goffinet B (2009) Introduction to bryophytes. Cambridge University Press. USA.
- Watson MA (1980) Patterns of habitat occupation in mosses-relevance to considerations of the niche. *Bulletin of The Torrey Botanical Club* 107(3): 346-372.

Hepáticas del Parque Natural Municipal “Robledales de Tipacoque” Boyacá-Colombia

Resumen. En los ecosistemas de alta montaña las hepáticas son elementos conspicuos y fundamentales para el mantenimiento y regulación de los ciclos hidrológicos, además de contribuir al reciclaje de nutrientes. En el Parque Natural Municipal “Robledales de Tipacoque” se realizaron levantamientos sobre cinco sustratos diferentes (materia en descomposición, base de árbol, suelo desnudo, rocas y raíz aflorante) y se registraron 52 especies de hepáticas, pertenecientes a 21 géneros y 12 familias. Las familias con mayor número de especies corresponden a Plagiochilaceae con 22 (40,7%) y Lejeuneaceae con nueve (16,6%). Los sustratos más representativos en número de especies fueron materia en descomposición (30), seguido de roca (22). La composición florística por franjas altitudinales está bien diferenciada por lo que se encontraron especies de hepáticas restringidas en un solo rango altitudinal.

Palabras clave: Distribución; diversidad; ecología; Tipacoque.

Hepáticas do Parque Natural Municipal “Robledales de Tipacoque” Boyacá-Colômbia

Resumo. Nos ecossistemas de alta montanha, as hepáticas são elementos essenciais para a manutenção e regulação dos ciclos hidrológicos, além disso, contribuem na reciclagem de nutrientes. No Parque Natural Municipal “Robledales de Tipacoque” foram realizadas coletas em cinco substratos diferentes (matéria em decomposição, base de árvores, solos, rochas e raiz rente ao substrato) e registradas 52 espécies de hepáticas que correspondem a 21 gêneros e 12 famílias. As famílias com maior número de espécies são Plagiochilaceae com 22 (40,7%) e Lejeuneaceae com nove (16,6%). Os substratos mais representativos em número de espécies foram a matéria em decomposição com 30, seguido das rochas com 20. A composição florística dos gradientes altitudinais é diferenciada pelo fato de que algumas espécies foram restritas a um único estrato.

Palavras-chave: Distribuição; diversidade; ecologia; Tipacoque.