



BRIÓFITOS DE TRONCOS EN DESCOMPOSICIÓN DE LA ESTACIÓN BIOLÓGICA EL ZAFIRE, AMAZONAS-COLOMBIA

Bryophytes of rotten logs from El Zafire biological station, Amazonas - Colombia

Emanuel A. CATAÑO-DIAZ.¹, Jaime URIBE-MELÉNDEZ.¹, Laura V. CAMPOS²

¹Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Avenida carrera 30 # 45-03, edificio 425, Bogotá, Colombia.

²Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia.

**For correspondence:* ecatanod@unal.edu.co, juribem@unal.edu.co, lcampos@unisalle.edu.co

Received: 10th April 2020, **Returned for revision:** 27th August 2020, **Accepted:** 28th September 2020.

Associate Editor: Xavier Marquínez.

Citation/Citar este artículo como: Cataño Diaz EA, Uribe Meléndez J, Campos LV. Briófitos de troncos en descomposición de la estación biológica El Zafire, Amazonas - Colombia. *Acta Biol Colomb.* 2021;26(2):214-225. Doi: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v26n2.86245>

RESUMEN

En el presente trabajo se caracterizó la flora briofítica en troncos en descomposición en la estación meteorológica El Zafire, Amazonas-Colombia. Para ello se realizó un muestreo de 100 unidades muestrales en 20 troncos en diferente estado de descomposición y en dos tipos de bosque (tierra firme y varillal inundable). Se reportan 120 especies, 81 hepáticas y 39 musgos, pertenecientes a 55 géneros (33 hepáticas y 22 musgos) y 21 familias (nueve hepáticas y 12 musgos). Se registran cuatro especies nuevas para el país, 25 para la amazonia colombiana y 41 para el departamento del Amazonas. En términos de riqueza total, el bosque de varillal presentó un valor mayor al de tierra firme. Sin embargo, esta diferencia no es significativa (Kruskal Wallis $\chi^2=0,199$; $p = 0,05$); así mismo la diversidad fue mayor en el bosque de varillal inundable (Shanon = 3,93) en comparación con la del bosque de tierra firme (Shanon = 3,67). La composición de las comunidades de briófitos fue diferente entre los dos tipos de bosques (similitud igual a 40 %). En el estudio florístico de los dos tipos de bosques de la estación biológica, se evidenció una marcada dominancia de la familia Lejeuneaceae, que representó el 55,5 % de las hepáticas y el 37,5 % del total de las especies de briófitos.

Palabras clave: bryophyta, diversidad, epixílico, epífita.

ABSTRACT

The present study aims to characterize the bryophyte community on rotten logs in El Zafire biological station, Amazonas-Colombia. We sampled 100 plots on 20 trunks with different states of decomposition in two types of forest (terra firme and floodplain). 120 species are reported, 81 liverworts and 39 mosses, belonging to 55 genera (33 liverworts and 22 mosses) and 21 families (nine liverworts and 12 mosses). Four new species are registered for Colombia, 25 for the Colombia Amazon, and 41 for the department of Amazonas. In terms of richness, the floodplain presented a higher value than the terra firme forest. However, no significant difference was found between the two types of forests (Kruskal Wallis $\chi^2c = 0.199$, $\chi^2t = 3.81$). Diversity was higher in the floodplain (Shanon = 3.93) compared to the terra firme forest (Shanon = 3.67). The composition of the bryophyte communities shows differences between the two types of forests (similarity equal to 40 %). In the floristic study of the two types of forests of the biological station, the most common family was Lejeuneaceae, it represented 55.5 % of the liverworts sampled and 37.5 % of the total of the bryophyte species.

Keywords: bryophyta, diversity, epixylic, epiphyte.

INTRODUCCIÓN

Los briófitos de los bosques tropicales son extremadamente diversos debido a la gran variedad de ambientes (Gradstein *et al.*, 2001); estas plantas no vasculares son importantes en términos de riqueza de especies y cobertura en muchos hábitats, así como en el funcionamiento de los ecosistemas (Goffinet y Shaw, 2009). Uno de los aportes de mayor importancia es el papel que juegan en la sucesión vegetal al permitir la formación de suelos (Vanderpoorten y Goffinet, 2009). Adicionalmente, los briófitos tienen una alta importancia para los ecosistemas al participar en diversas funciones y ciclos biogeoquímicos, como el del agua y el carbono (Shaw y Goffinet, 2000).

Frahm *et al.* (2003) muestran que en los bosques tropicales lluviosos el hábito epífita es el más rico en especies, un rasgo fuertemente asociado a los altos valores de humedad. Los troncos en descomposición también son un sustrato con características físicas y químicas únicas e idóneas para la proliferación de la flora briofítica (Pócs, 1982), lo que determina un hábito epixílico (Mägdefrau, 1982) que afecta los patrones de colonización y abundancia de las diferentes comunidades (Sastre-De Jesús, 1992).

En el trópico se registran diferentes trabajos en briófitos de troncos en estado descomposición. Por ejemplo, Richards (1954) encontró que en los troncos caídos de la región de Morabill Creek, Guayana, existe una densa cubierta de musgos pleurocárpicos y hepáticas de la familia Lejeuneaceae; Pócs (1982) estableció que para bosques tropicales los hábitos de crecimiento más comunes en estos sustratos son los de estera y tramas; estos trabajos fueron de naturaleza descriptiva, hasta que Sastre-De J. (1992) caracterizó cuantitativamente las comunidades de briófitos de troncos en diferentes estados de descomposición según su forma de crecimiento en el bosque subtropical lluvioso de Puerto Rico. Posteriormente, Mattila y Koponen (1999) evaluaron la diversidad briofítica sobre madera podrida en bosques montanos lluviosos el noreste de Tanzania, concluyendo que el estado de descomposición de los troncos determina en alta medida los tipos de asociaciones formadas entre los diferentes briófitos presentes.

Para la región amazónica existen diversos estudios que han permitido un avance en el conocimiento de briófitos de la región. Entre ellos se pueden mencionar los de Ruiz-A y Aguirre Ceballos (2004) en Tarapacá-Amazonas, donde evaluaron la diversidad y riqueza de la distribución vertical en árboles; Benavides *et al.* (2004; 2006), en regiones del Caquetá, Chiribiquete y Araracuara, realizaron estudios entorno a la diversidad de briófitos del sotobosque en bosques inundables y de tierra firme; Campos *et al.* (2014; 2015; 2019) efectuaron estudios en cuatro departamentos de la amazonia colombiana muestreando árboles vivos y hallaron diferencias en cuanto a la estructura y composición de las comunidades de briófitos en relación al gradiente vertical. El dato más reciente registra para el departamento del Amazonas 220 especies, 113 hepáticas y 107 musgos (Bernal *et al.*, 2016).

El objetivo de este trabajo fue caracterizar la flora briofítica de troncos en descomposición en un bosque de tierra firme y uno inundable de la estación biológica El Zafire, Amazonas-Colombia, como una contribución al conocimiento del estado actual de la riqueza de especies en la región y en este tipo de sustratos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en febrero de 2017 en el bosque amazónico de la estación biológica El Zafire (Fig. 1), ubicada en la Reserva Forestal de la Nación, a una altitud promedio de 114 m, en dos tipos de bosques, tierra firme (Fig. 2a) y varillal inundable (Fig. 2b). La región se caracteriza por la presencia de árboles de hasta 40 m de altura, dominada principalmente por las familias de angiospermas Fabaceae, Rubiaceae, Melastomataceae, Moraceae, Annonaceae, Araceae, Euphorbiaceae, Clusiaceae, Lauraceae y Arecaceae, entre otras (Sinchi, 2007). En el área se registra una temperatura promedio de 25 °C, que oscila entre 17 °C y 30 °C; los niveles de humedad relativa son cercanos al 85 % y las precipitaciones varían entre 2000 y 3000 mm al año, con máximos en diciembre y enero y mínimos entre junio y agosto (Roca *et al.*, 2013).

Las coordenadas corresponden a bosque de tierra firme, parcela uno: 03°59' S, y 69°53' W, altitud 99 m y parcela dos: 03°59' S, y 69°53' W, altitud 128 m; bosque de varillal inundable: parcela tres: 04°00' S, y 69°53' W, altitud 111 m y parcela cuatro: 04°00' S, y 69°53' W, altitud 117 m.

Diseño muestral

Para el estudio se ubicaron cuatro parcelas de una hectárea cada una, dos en zona de tierra firme y dos en el bosque de varillal inundable. Dentro de cada parcela se ubicaron cinco troncos caídos, seleccionados al azar y en diferentes estados de descomposición para un total de 20 troncos en toda la zona de muestreo. En cada tronco se tomaron cinco unidades de muestreo de 100 cm² cada una, distribuidas al azar en la parte superior y lateral del tronco, para un total de 100 unidades muestrales. Los especímenes se procesaron e identificaron con claves especializadas para musgos (Zartman y Ilkiu-Borgues, 2007; Churchill, 1994) y hepáticas (Gradstein y Costa, 2003; Gradstein y Ilkiu-Borges, 2009) y se almacenaron en el Herbario Nacional de Colombia (COL). Para propósitos de nomenclatura, se revisaron estudios, tanto para hepáticas (Gradstein y Uribe, 2016) como para musgos (Churchill, 2016).

Análisis de datos

Se construyeron matrices de presencia-ausencia para el muestreo en general, por tipo de zona muestreada y

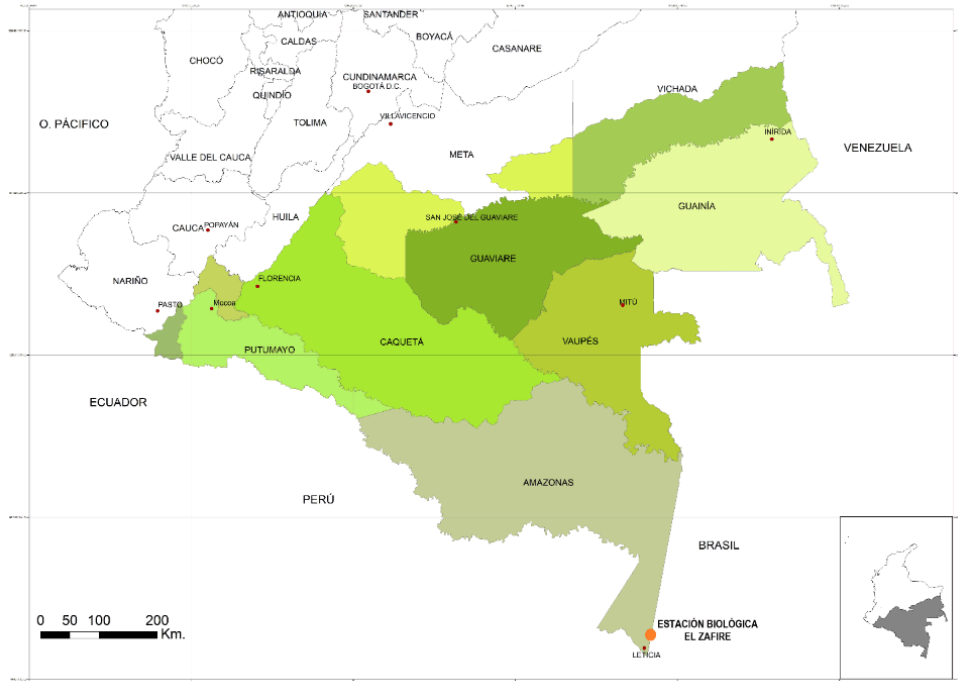


Figura 1. Mapa del área de estudio; se muestra la ubicación de la estación biológica El Zafire en color naranja.

por parcela. Con base en ellas se realizaron curvas de acumulación de especies, se calculó el índice de diversidad de Shannon y se realizó la estimación de la riqueza a través del estimador no paramétrico Bootstrap. La similitud florística se calculó con el coeficiente de similaridad de Jaccard y para cuantificar la estructura de la comunidad se empleó la frecuencia (incidencia) de las especies. Así mismo, se aplicó la prueba de análisis de la varianza de Kruskal-Wallis con la finalidad de evidenciar una posible diferenciación en términos de riqueza entre los dos tipos de bosques. Los programas empleados para calcular los diferentes estadísticos y mediciones fueron EstimateS (Colwell, 2009) y Past (Hammer, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Nuevos reportes para Colombia

Se presentan cuatro nuevos registros de briófitos para Colombia: una especie de musgo, perteneciente a la familia Calymperaceae, *Syrrhopodon annotinus* W.D. Reese & D.G. Griffin, y tres especies de hepáticas, dos pertenecientes a la familia Lejeuneaceae, *Cololejeunea clavatopapillata* Steph. y *Colelejeunea papillosa* Bernecker & Pócs, y una especie de la familia Lepidozioaceae, *Micropterygium bolivarense* Fulford.

***Syrrhopodon annotinus*.** Esta especie se diferencia de otras del género por presentar hojas enteras a levemente dentadas, más largas que anchas, de ápice agudo, curvadas cuando seca, nunca crispadas, células de la lámina papilosas (Reese, 1993).

***Cololejeunea clavatopapillata*.** Esta especie se diferencia de las otras especies del género por la presencia de hojas ovado-trianguulares, simétricas, con lóbulos bien desarrollados, con dos dientes marcados de hasta dos células de largo, el primero de ellos recto (Pócs *et al.*, 2014).

***Cololejeunea papillosa*.** En esta especie la mayoría de las hojas son reducidas, lineares, una a dos veces más largas que anchas, asimétricas, frecuentemente sin lóbulos, de dos a tres células de ancho, ápice redondeado a truncado (Pócs *et al.*, 2014).

***Micropterygium bolivarense*.** Esta especie se caracteriza por presentar hojas simétricas, fuertemente cóncavas, ovadas, sin quilla alada, si está presente de solo dos o tres células de ancho. Anfigastros, hacia la base del tallo, orbiculares y cóncavos (Fulford, 1963).

Nuevos reportes para el departamento del Amazonas y la amazonia colombiana

Este estudio también presenta nuevos reportes para la amazonia colombiana: 25 especies de briófitos, 21 hepáticas pertenecientes a 14 géneros y siete familias, y cuatro especies de musgos, pertenecientes a tres géneros y tres familias. Además, se incluyen 16 reportes nuevos para el departamento del Amazonas (Anexo 1), 13 corresponden a hepáticas distribuidas en ocho géneros y cinco familias y tres corresponden a musgos distribuidos en tres géneros y tres familias. Así mismo, es importante mencionar la presencia de *Odontoschisma soratamum* Fulford, que hasta ahora sólo se conocía a partir del ejemplar tipo (Gradstein y Ilkiu-Borges, 2015).



Figura 2. Fotografía de las áreas de muestreo. a. Bosque de tierra firme. b. Bosque de varillal inundable

CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA

Se obtuvieron en total 120 especies (81 hepáticas y 39 musgos), agrupadas en 55 géneros (33 hepáticas y 22 musgos) y 21 familias (9 hepáticas y 12 musgos) y 729 incidencias. La flora troncos en descomposición fue dominada por hepáticas con el 67,5 % de todos los briófitos presentes; la mayoría de las hepáticas fueron foliosas con una alta representatividad de la familia Lejeuneaceae (37,5 %). Solo tres especies fueron talosas, *Riccardia regnellii* (Spruce) Gradst., *Pallavicinia lyellii* (Hook.) Gray y *Symphyogyna podophylla* (Thunb.) Mont. & Ness.

En este estudio se evidenció una marcada dominancia de la familia Lejeunaceae, la que representó un 55,5 % en las hepáticas muestreadas. La dominancia de la familia ha sido reportada en otros estudios en áreas de bosques lluviosos de tierras bajas: Campos *et al.* (2015), con más del 50 % del total las especies, e.g., Oliveira y ter Steege (2013) con 47 % y Gradstein (1992; 2006) con 70 % y 75 % respectivamente, todos ellos briófitos epífitos. Estos resultados muestran la amplia adaptabilidad y especialización ecofisiológica que tiene la familia entre las hepáticas foliosas (Heinrichs *et al.*, 2007), lo que la convierte en un elemento de gran importancia en la composición y estructura de la flora en el bosque húmedo tropical (Schuster, 1984).

La distribución de la riqueza de especies mostró una alta proporción de familias con pocos géneros y especies, así como también géneros representados por un bajo número de especies. Siete familias (33,3 %) y 30 géneros (54,5 %) estuvieron representados por una única especie y 11 familias (52,4 %) estuvieron representadas por un solo género; dos familias (9,5 %) y diez géneros (18,2 %) estuvieron representadas por dos especies (Tabla 1).

Las familias con el mayor número de especies fueron Lejeuneaceae y Lepidoziaceae. A su vez, la familia Lejeuneaceae presentó el mayor número de incidencias con 176 (24,1 % de total del muestreo), seguida por las familias Sematophyllaceae con 86 (11,8 %) y Lepidoziaceae con 80 (10,9 %) incidencias. Por su parte, los géneros con mayor

riqueza de especies fueron *Syrrophodon* y *Plagiochila*, con nueve y ocho especies respectivamente. En cuanto a la frecuencia en términos de incidencia, los géneros más representativos fueron *Riccardia* (61), *Zoopsisidella* (50), *Leucobryum* (47), *Xylolejeunea* (42), *Trichosteleum* (42) y *Callicostella* (40). Las especies con mayor representatividad o número de incidencias fueron *Riccardia regnellii* (61), *Zoopsisidella integrifolia* (50), *Xylolejeunea crenata* (42), *Trichosteleum papillosum* (38), *Leucobryum martianum* (37), *Callicostella pallida* (35) y *Sematophyllum subsimplex* (35).

La zona de tierra firme tuvo un total de 82 especies, 46 géneros y 19 familias; 29 géneros estuvieron representados por una sola especie, 12 familias por un solo género y nueve familias por una sola especie. La zona inundable tuvo un total de 86 especies pertenecientes a 43 géneros y 18 familias, 24 géneros estuvieron representados por una sola especie, mientras que las familias representadas por un solo género y una sola especie fueron de 12 y seis, respectivamente (Tabla 1).

La riqueza específica de la estación biológica El Zafire fue altamente representativa (87,3 %), al compararse con el valor obtenido por el estimador no paramétrico Bootstrap, que fue de 137 especies. En relación con la representatividad por tipo de bosque, se observó que siempre fue mayor o igual al 83 %, lo que sugiere un buen muestreo y permite la comparación entre ellos (Fig. 3). El número de especies por tronco fue muy variable, con un valor máximo de 34, un mínimo de 11 y un promedio de 20 especies. En la parcela uno el valor promedio de especies por tronco fue de $23,4 \pm 7,3$, para la parcela dos fue de $18 \pm 6,2$, para la tres de $18,4 \pm 8,4$ y para la cuatro de $20,4 \pm 3,84$.

La prueba de análisis de la varianza de Kruskal-Wallis ($X^2=0,199$; $p = 0,05$) permitió evidenciar que no hay diferencia significativa entre la zona de tierra firme y la de varillal inundable, en términos de riqueza de las especies. Este estudio es el primer aporte de los briófitos de troncos en estado de descomposición en la amazonía colombiana.

Tabla 1. Distribución de la riqueza de especies en familia y géneros y distribución de la riqueza de géneros en familias para el muestreo en general y para los dos tipos de bosque.

MUESTREO GENERAL							
Número de Especies	Familias		Géneros		Número de Géneros	Familia	
	#	%	#	%		#	%
1	7	33,3	30	54,5	1	11	52,4
2	2	9,5	10	18,2	2	5	23,8
3 - 5	7	33,3	11	20	3 - 5	4	19
6 - 10	2	9,5	4	7,3	6 - 10	-	-
> 11	3	14,3	-	-	> 11	1	4,8

TIERRA FIRME							
Número de Especies	Familias		Géneros		Número de Géneros	Familia	
	#	%	#	%		#	%
1	9	47,3	29	63	1	12	63,2
2	4	21	9	19,6	2	3	15,8
3	-	-	1	2,2	3	-	-
4	-	-	4	8,7	4	2	10,5
5	1	5,3	1	2,2	5	1	5,2
6	2	10,5	2	4,3	6	-	-
7	1	5,3	-	-	7	-	-
> 8	2	10,5	-	-	> 8	1	5,2

VARILLAL INUNDABLE							
Número de Especies	Familias		Géneros		Número de Géneros	Familia	
	#	%	#	%		#	%
1	6	33,3	24	55,8	1	12	66,7
2	3	16,7	7	16,3	2	3	16,7
3	3	16,7	6	14	3	1	5,5
4	2	11,1	4	9,3	4	-	-
5	-	-	-	-	5	1	5,5
6	1	5,5	1	2,3	6	-	-
7	-	-	-	-	7	-	-
> 8	3	16,7	1	2,3	> 8	1	5,5

Muchas de las especies encontradas tienen amplia distribución y están presentes en la cuenca amazónica de Brasil, Colombia y Ecuador (e.g., Oliveira y ter Steege, 2013; Campos *et al.*, 2014; 2019).

Para el muestreo total, el índice de Shannon mostró un valor de 4,0, lo que sugiere que la zona es altamente diversa. Los índices de diversidad, tanto para los dos tipos de bosques como para cada parcela, también indican zonas de alta diversidad, con la zona inundable levemente más diversa (Shannon= 3,93) que la zona de tierra firme (Shannon= 3,67). De las 120 especies identificadas, 48

(40 %) estuvieron presentes en las dos zonas. La zona de varillal inundable presentó 34 (28,3 %) especies exclusivas (22 hepáticas y 12 musgos); por su parte, la zona de tierra firme tuvo 38 (31,6 %) especies exclusivas (26 hepáticas y 12 musgos). Del total de las 120 especies identificadas, 61 (43 hepáticas y 18 musgos) se registraron en una parcela, 32 (22 hepáticas y diez musgos) en dos parcelas, 12 (siete hepáticas y cinco musgos) en tres y 15 (nueve hepáticas y seis musgos) en todas las parcelas.

El porcentaje de similitud florística entre la zona de tierra firme y el varillal inundable fue del 40 % (Jaccard = 0,4). La

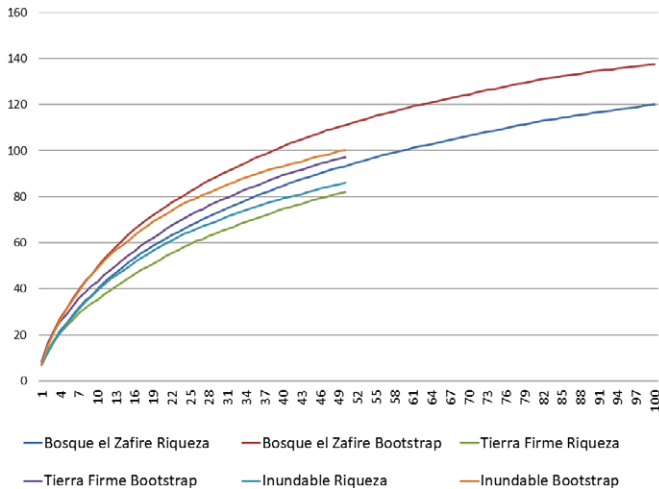


Figura 3. Gráfica comparativa entre la riqueza observada y la estimada mediante Bootstrap para el bosque de la estación biológica El Zafire y para cada tipo de bosque (tierra firme y varillal inundable). En el eje "x" se ubican las unidades de muestreo ("plots") y en el eje "y" la riqueza específica.

mayor similitud se presentó entre las parcelas uno y dos de tierra firme (33 %) y entre las parcelas dos de tierra firme y cuatro del varillal inundable; la menor similitud se presentó entre las parcelas uno (tierra firme) y cuatro (varillal), con un valor del 28 %.

Al realizar la comparación florística entre las especies en relación a su distribución dentro de cada tronco, se encontró que existe una mayor riqueza específica en los costados (93 especies) de los troncos que en la parte superior (88 especies). Aun así, no hubo una diferencia estadística en términos de riqueza entre ambas partes. Seis géneros se restringieron a la parte superior del tronco (*Acrobolbus*, *Vesicularia*, *Brymela*, *Crossomitrium*, *Lepidopilum* y *Taxithelium*) y seis a los costados (*Colura*, *Lopholejeunea*, *Microlejeunea*, *Lophocolea*, *Pallavicinia* y *Cyclodictyon*). En términos generales, 59 especies se restringen a una sola área del tronco y las 61 restantes se distribuyeron en ambas partes.

Los datos de la riqueza específica entre ambos tipos de bosques muestran que no hubo una diferencia significativa entre ellos. Sin embargo, se puede hacer una diferenciación en términos de composición florística, ya que ambas zonas solo comparten el 40 % de las especies. Así mismo, es importante anotar que la representatividad del muestreo, medida en relación al estimador de riqueza Bootstrap, fue bastante significativa al estar por encima del 83 %, siendo un buen estimador dada la robustez estadística del mismo (Bragagnolo y Pinto-da-Rocha, 2003). En cuanto a la diversidad, el índice de Shannon mostró un valor alto tanto para la zona en general, como para cada uno de los tipos de bosques y parcelas, teniendo en cuenta que el índice de Shannon en la práctica no supera valores de cinco (Krebs, 1999).

Al comparar el presente estudio con el de Campos *et al.* (2015), se observó que los troncos en descomposición comparten con los árboles vivos 44 especies. De estas

especies, *Archilejeunea crispistipula*, *A. fuscescens*, *Bazzania hookeri*, *Ceratolejeunea cornuta*, *C. cubensis*, *Cheilolejeunea aneogyna*, *C. holostipa*, *C. neblinensis*, *C. rigidula*, *Metalejeunea cucullata*, *Mniomalina viridis*, *Pycnolejeunea contigua*, *P. macroloba*, *Leucobryum martianum*, *Octoblepharum albidum*, *O. pulvinatum*, *Odontoschisma variabile*, *Sematophyllum subsimplex*, *Syrrhopodon fimbriatus* y *S. ligulatus* presentaron una amplia distribución, registrándose en todas o casi todas las zonas de altura de los árboles vivos. Esto sugiere una amplia tolerancia de estas especies a variadas condiciones microclimáticas y físicas del ambiente y del sustrato, mientras que especies como *Riccardia regnellii*, *Xylolejeunea crenata*, *Telaranea diacantha*, *T. pecten* y *Vesicularia vesicularis* se restringen sólo a la zona baja del tronco. Finalmente, solo una especie (*Cheilolejeunea adnata*) se compartió con el dosel del árbol vivo. Es importante destacar que el número de especies compartidas entre los troncos en descomposición y los árboles vivos, de acuerdo con Campos *et al.* (2015), puede responder a la similitud en las condiciones ambientales debidas al alto grado de intervención que se presenta en estas zonas (claros de bosque por cultivos). Además, en el caso del bosque inundable de varillal esta similitud puede responder a la escasa cobertura del dosel que permite mayor incidencia de luz y por ende menor humedad relativa en el ambiente.

Los resultados aquí presentados son congruentes con los de Richards (1945) al evidenciar una marcada dominancia de la familia Lejeuneaceae en este tipo de bosques y una mayor frecuencia de los musgos pleurocárpicos sobre los acrocárpicos. Por su parte, al comparar los resultados obtenidos con otros estudios de briófitos sobre troncos en descomposición, se encontró que la riqueza específica es más alta en la amazonia colombiana con 120 especies, mientras que el estudio realizado por Sastre-De Jesús (1992) en Luquillo, Puerto Rico, en un bosque húmedo subtropical, arrojó 40 especies, y el estudio realizado en Tanzania en bosques húmedos tropicales por Mattila y Koponen (1999) registró 102 especies en un área considerablemente mayor a la estudiada en este trabajo, lo que lleva a inferir que los valores de riqueza de la selva amazónica son considerablemente altos.

CONCLUSIONES

En este estudio se registra un número de especies de hepáticas considerablemente mayor al de los musgos (81 y 39 respectivamente), con la familia Lejeuneaceae como la que presentó la mayor representatividad de todo el muestreo, lo cual demuestra su amplia adaptabilidad ecofisiológica a las variaciones ambientales. Así mismo, no se evidenció una diferencia estadísticamente significativa en términos de riqueza o diversidad de briófitos entre los dos tipos de bosques evaluados. Sin embargo, sí hubo diferencias en términos de composición de especies y distribución de las mismas dentro de cada tronco, lo que posiblemente se puede

deber a las variaciones físicas y químicas del sustrato y a las fluctuaciones microclimáticas presentes en cada tipo bosque.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales por proporcionar los espacios y equipos necesarios para la determinación del material biológico. A la Dra. Cristina Peñuela, directora de la estación biológica de investigaciones El Zafire, por permitir el desarrollo logístico y académico de este proyecto.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Benavides JC, Idarraga A, Álvarez E. Bryophyte diversity patterns in flooded and tierra firme forests in the Araracuara region, Colombian Amazonia. *Trop Bryol.* 2004;25(1):117 - 126. Doi: <https://doi.org/10.11646/bde.25.1.14>
- Benavides JC, Duque AJ, Duivenvoorden JF, Cleef AM. Species richness and distribution of understory bryophytes in different forest types in Colombian Amazonia. *J Bryol.* 2006;28(3):182 - 189. Doi: <https://doi.org/10.1179/174328206X120040>
- Bernal R, Gradstein SR, Celis M, editores. Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2016.
- Bragagnolo C, Pinto-da-Rocha R. Diversidade de Opiliões do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. Rio de Janeiro. Brasil (Arachnida: Opiliones). *Biota Neotrop.* 2003;3(1):1 - 20. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032003000100009>
- Campos LV, Gradstein R, Uribe-Melendez J, Steege HT. Additions to the Catalogue of Hepaticae of Colombia II. *Cryptogam Bryol.* 2014; 35(1): 77 - 92. Doi: <https://doi.org/10.7872/cryb.v35.iss1.2014.77>
- Campos LV, Ter Steege H, Uribe J. The Epiphytic Bryophyte Flora of the Colombian Amazon. *Caldasia.* 2015; 37(1): 47 - 59. Doi: <http://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v37n1.50980>
- Campos LV, Oliveira SM, Benavides JC, Uribe-Melendez J, Ter Steege H. Vertical distribution and diversity of epiphytic bryophytes in the Colombian Amazon. *J Bryol.* 2019; 41(4): 328 - 340. Doi: <https://doi.org/10.1080/03736687.2019.1641898>
- Churchill SP. The Mosses of Amazonian Ecuador. Aarhus: Aarhus University Press; 1994.
- Churchill SP. Bryophyta (Musgos). En: Bernal R, Gradstein SR, Celis M, editores. Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia. Vol. 1. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2016. p. 353-442.
- Colwell RK. EstimateS. Statistical estimation of species richness and shared species from samples (Version 8.2. User's Guide and application). [Disponible en: 28 ene 2020]. http://priede.bf.lu.lv/ftp/pub/GIS/datu_analiize/EstimateS/EstimateSUsersGuide.htm#SamplesAndSpecies
- Frahm JP, Pócs T, O'Shea B, Koponen T, Piippo S, Enroth J, *et al.* Manual of tropical bryology. *Trop Bryol.* 2003;23(1): 39 - 48. Doi: <https://doi.org/10.11646/bde.23.1.1>
- Fulford MH. Manual of the Leafy Hepaticae of Latin America Part I. Vol 11(1). New York: The New York Botanical Garden Press; 1963.
- Goffinet B, Shaw AJ. Bryophyte biology. 2 ed. New York: Cambridge University Press; 2009.
- Gradstein SR. Vanishing tropical rain forest and environment for bryophytes and lichens. En: Bates FW, Farmer AM, editores. Bryophytes and Lichens in a Changing environment Oxford, Great Britain: Clarendon Press; 1992. p. 232 - 256.
- Gradstein SR, Churchill SP, Salazar AN. Guide to the bryophytes of tropical America. New York: The New York Botanical Garden Press; 2001.
- Gradstein SR. The lowland cloud forest of French Guiana: a liverwort hotspot. *Cryptogam Bryol.* 2006;27(1): 141 - 152.
- Gradstein SR, Costa DP. The hepaticae and anthocerotae of Brazil. New York: The New York Botanical Garden Press; 2003.
- Gradstein SR, Ilkiu-Borges AL. Guide to the Plants of Central French Guiana, Part IV. Liverworts and Hornworts. New York: The New York Botanical Garden Press; 2009.
- Gradstein SR, Ilkiu-Borges AL. A taxonomic revision of the genus *Odontoschisma* (Marchantiophyta: Cephaloziaceae). *Nova Hedwigia.* 2015; 100(1-2): 15 - 100. Doi: https://doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2014/0219
- Gradstein SR, Uribe J. Marchantiophyta (Hepáticas). En: Bernal R, Gradstein SR, Celis M, editores. Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia. Vol. 1. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2016. p. 282 - 352.
- Hammer KC. Past. Oslo: Natural History Museum, University of Oslo; 2010.
- Heinrichs J, Hentschel J, Wilson R, Feldber K, Schneider H. Evolution of leafy liverworts (Jungermanniide, Marchantiophyta): estimating divergence times from chloroplast DNA sequences using penalized likelihood with integrated fossil evidence. *Taxon.* 2007; 56(1): 31 - 44.
- Krebs C. Ecological methodology. 2 ed. Longman, United States of America: Adison Wesley; 1999.
- Mägdefrau K. Life-forms of bryophytes. En: Smith EAJ, editores. Bryophyte ecology. London, New York: Chapman and Hall; 1982. p. 45 - 58.

- Mattila P, Koponen T. Diversity of bryophyte flora and vegetation on rotten wood in rain and montane forests of northeastern Tanzania. *Trop Bryol.* 1999; 16(1): 139 - 164. Doi: <https://doi.org/10.11646/bde.16.1.13>
- Oliveira SM, Ter Steege H. Floristic overview of the epiphytic bryophytes of terra firme forests across the Amazon basin. *Acta Bot Brasilica.* 2013; 27(2): 347 - 363. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062013000200010>
- Pócs T. Tropical Forest Bryophytes. En: Smith AJ, editor. *Bryophyte ecology.* London: Chapman & Hall; 1982. p. 59 - 104.
- Pócs T, Bernecker A, Tixier P. Synopsis and key to species of neotropical *Cololejeunea* (Lejeuneaceae). *Acta Bot Hung.* 2014; 56(1-2): 185 - 226. Doi: <https://doi.org/10.1556/abot.56.2014.1-2.14>
- Reese WD. *Calymperaceae, Monographs 58, Flora Neotropica.* New York: The New York Botanical Garden; 1993.
- Richards PW. Notes on the bryophyte communities of lowland tropical rain forest, with special reference to Moraballi creek, British Guiana. *Vegetatio.* 1954; 5(6): 319 - 328. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF00299586>
- Roca AM, Bonilla L, Sánchez A. Geografía económica de la Amazonia Colombiana. Colombia, Cartagena: Documentos de trabajo sobre economía regional, Banco de la República, Centro de Estudios Económicos Regionales (CCER); 2013.
- Ruiz-A CA, Aguirre Ceballos JA. Distribución de la brioflora en el gradiente vertical (suelo-dosel) y la selectividad de hábitats en Tarapacá (Amazonas, Colombia). *Trop Bryol.* 2004; 25(1): 81 - 96. Doi: <https://doi.org/10.11646/bde.25.1.10>
- Sastre-de Jesús I. Estudios preliminares sobre comunidades de briofitas en troncos en descomposición en el bosque subtropical lluvioso de Puerto Rico. *Trop Bryol.* 1992; 6(1): 181 - 191. Doi: <https://doi.org/10.11646/bde.6.1.21>
- Schuster RM. Phytogeography of bryophyte. En: Schuster RM, editores. *New manual of bryology.* Vol. 1. Nichihan: Hattori Botanical Laboratory; 1984. p. 463-626.
- Shaw AJ, Goffinet B, editores. *Bryophyte biology.* Cambridge: Cambridge University Press; 2000.
- Sinchi. Balance anual sobre el estado de los ecosistemas y el ambiente de la amazonia colombiana. Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi; 2007.
- Vanderpoorten A, Goffinet B. *Introduction to bryophytes.* Cambridge UK: Cambridge University press; 2009. Doi: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511626838>
- Zartman C, Ilkiu-Borges AL. *Guia para as briófitas epífilas da Amazônia Central.* Manaus: INPA, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas; 2007.

ANEXOS

Anexo 1. Composición de las especies de briófitos de troncos en descomposición en la estación biológica El Zafire, indicando el tipo de bosque (nuevos registros: *para el departamento del Amazonas, **para la amazonia y *** para Colombia).

FAMILIA	HEPÁTICAS	NOMBRE	TIPO DE BOSQUE	
			TIERRA FIRME	VARILLAL INUNDABLE
ACROBOLBACEAE		<i>Acrobolbus laxus</i> **	X	
ANEURACEAE		<i>Riccardia regnellii</i>	X	X
CALYPOGEIACEAE		<i>Calypogeia miquelii</i>		X
		<i>Calypogeia tenax</i>	X	X
		<i>Mnioloma nephrostipum</i> **		X
		<i>Mnioloma parallelogramum</i>		X
CEPHALOZIACEAE		<i>Odontoschisma portoricensis</i> *		X
		<i>Odontoschisma soratamum</i>		X
		<i>Odontoschisma variabile</i>	X	X
LEJEUNEACEAE		<i>Archilejeunea badia</i>		X
		<i>Archilejeunea crispistipula</i>		X
		<i>Archilejeunea fuscescens</i>	X	X
		<i>Archilejeunea ludoviciana</i>		X
		<i>Ceratolejeunea ceratantha</i>	X	
		<i>Ceratolejeunea cornuta</i>	X	X
		<i>Ceratolejeunea coarina</i> **	X	X
		<i>Ceratolejeunea cubensis</i> **	X	
		<i>Ceratolejeunea guianensis</i> *	X	
		<i>Ceratolejeunea laetefusca</i>	X	X
		<i>Cheilejeunea adnata</i> **	X	
		<i>Cheilejeunea aneogyna</i>	X	X
		<i>Cheilejeunea holostipa</i> **		X
		<i>Cheilejeunea neblinensis</i>	X	X
		<i>Cheilejeunea rigidula</i>	X	X
		<i>Cololejeunea clavatopapillata</i> ***	X	
		<i>Cololejeunea microscopica</i> **	X	X
		<i>Cololejeunea papillosa</i> ***	X	
	<i>Cololejeunea sicifolia</i> **	X	X	
	<i>Colura sagittistipula</i>		X	
	<i>Cyclolejeunea luteola</i>	X	X	

(Continúa)

Anexo 1. Composición de las especies de briófitos de troncos en descomposición en la estación biológica El Zafire, indicando el tipo de bosque (nuevos registros: *para el departamento del Amazonas, **para la amazonia y *** para Colombia).

FAMILIA	HEPÁTICAS	NOMBRE	TIPO DE BOSQUE	
			TIERRA FIRME	VARILLAL INUNDABLE
LEJEUNEACEAE		<i>Drepanolejeunea fragilis</i>	X	
		<i>Drepanolejeunea lichenicola</i> **		X
		<i>Drepanolejeunea palmifolia</i>	X	
		<i>Drepanolejeunea polyrhiza</i> *	X	
		<i>Harpalejeunea stricta</i> *		X
		<i>Lejeunea adpressa</i> *	X	
		<i>Lejeunea asperrima</i> **	X	
		<i>Lejeunea laeta</i> **		X
		<i>Lejeunea laetevirens</i>		X
		<i>Lejeunea phyllobola</i> *	X	
		<i>Lejeunea sp.</i>		X
		<i>Lejeunea tarapotensis</i> *	X	X
		<i>Lopholejeunea eulopha</i> **		X
		<i>Lopholejeunea nigricans</i> **		X
		<i>Metalejeunea cucullata</i>	X	X
		<i>Microlejeunea acutifolia</i> **	X	
		<i>Otigonolejeunea huctumalcensis</i>	X	X
		<i>Pictolejeunea sprucei</i>	X	X
		<i>Prionolejeunea muricatoserrulata</i> **	X	X
		<i>Prionolejeunea scaberula</i> **	X	
		<i>Pycnolejeunea contigua</i>	X	
		<i>Pycnolejeunea macroloba</i>		X
		<i>Symbiezidium transversale</i>	X	X
	<i>Xylolejeunea crenata</i>	X	X	
	<i>Bazzania aurescens</i>	X	X	
	<i>Bazzania hookeri</i>	X	X	
	<i>Bazzania longistipula</i> **		X	
LEPIDOZIACEAE		<i>Micropterygium bolivarense</i> ***		X
		<i>Micropterygium leiophyllum</i>	X	X
		<i>Micropterygium parvistipulum</i>	X	X
		<i>Micropterygium pterygophyllum</i>	X	X

(Continúa)

Anexo 1. Composición de las especies de briófitos de troncos en descomposición en la estación biológica El Zafire, indicando el tipo de bosque (nuevos registros: *para el departamento del Amazonas, **para la amazonia y *** para Colombia).

HEPÁTICAS		TIPO DE BOSQUE	
FAMILIA	NOMBRE	TIERRA FIRME	VARILLAL INUNDABLE
LEPIDOZIACEAE	<i>Micropterygium trachyphyllum</i>	X	
	<i>Pteropsiella serrulata</i>		X
	<i>Telaranea diacantha</i>	X	X
	<i>Telaranea sejuncta</i>	X	X
	<i>Telaranea pecten*</i>		X
	<i>Zoopsisidella integrifolia</i>	X	X
LOPHOCOLEACEAE	<i>Cryptolophocolea martiana var. martiana*</i>	X	
	<i>Cryptolophocolea martiana var. perissodonta</i>	X	
	<i>Lophocolea bidentata**</i>		X
	<i>Lophocolea liebmanniana*</i>		X
PALLAVICINIACEAE	<i>Pallavicinia lyellii</i>	X	
	<i>Symphyogyna podophylla**</i>	X	X
PLAGIOCHILACEAE	<i>Plagiochila aerea</i>	X	X
	<i>Plagiochila sp.</i>	X	
	<i>Plagiochila dominicensis**</i>	X	X
	<i>Plagiochila gymnocalycina*</i>		X
	<i>Plagiochila montagnei*</i>	X	X
	<i>Plagiochila patula**</i>	X	X
	<i>Plagiochila rutilans*</i>		X
	<i>Plagiochila subplana</i>	X	
MUSGOS		TIPO DE BOSQUE	
FAMILIA	NOMBRE	TIERRA FIRME	VARILLAL INUNDABLE
CALYMPERACEAE	<i>Calymperes erosum</i>	X	
	<i>Calymperes lonchophyllum</i>	X	
	<i>Calymperes rubiginosum</i>		X
	<i>Syrrhopodon annotinus***</i>	X	X
	<i>Syrrhopodon fimbriatus</i>	X	X
	<i>Syrrhopodon graminicola</i>		X
	<i>Syrrhopodon gaudichaudii*</i>		X
	<i>Syrrhopodon helicophyllum</i>		X
	<i>Syrrhopodon leprieurii</i>	X	X

(Continúa)

Anexo 1. Composición de las especies de briófitos de troncos en descomposición en la estación biológica El Zafre, indicando el tipo de bosque (nuevos registros: * para el departamento del Amazonas, ** para la amazonia y *** para Colombia).

FAMILIA	MUSGOS NOMBRE	TIPO DE BOSQUE	
		TIERRA FIRME	VARILLAL INUNDABLE
CALYMPERACEAE	<i>Syrrhopodon ligulatus</i> **	X	
	<i>Syrrhopodon simmondsii</i>	X	X
	<i>Syrrhopodon tortilis</i> **		X
FISSIDENTACEAE	<i>Fissidens inaequalis</i>		X
	<i>Fissidens dipلودus</i>		X
	<i>Fissidens steerei</i> **		X
HYPNACEAE	<i>Ectropothecium leptochaeton</i>	X	
	<i>Isopterygium tenerum</i>	X	X
	<i>Vesicularia vesicularis</i>		X
LEUCOBRYACEAE	<i>Leucobryum martianum</i>	X	X
	<i>Leucobryum subobtusifolium</i> *	X	X
LEUCOMIACEAE	<i>Leucomium strumosum</i>	X	X
NECKERACEAE	<i>Neckeropsis undulata</i>		X
OCTOBLEPHARACEAE	<i>Octoblepharum albidum</i>	X	X
	<i>Octoblepharum cocuiense</i> *		X
	<i>Octoblepharum pulvinatum</i>		X
PILOTRICHACEAE	<i>Brymela acuminata</i>	X	
	<i>Callicostella merkelii</i>	X	
	<i>Callicostella pallida</i>	X	X
	<i>Crossomitrium patrisiae</i>	X	
	<i>Cyclodictyon albicans</i>	X	
	<i>Lepidopilum arcuatum</i>	X	
PHYLLODREPANIACEAE	<i>Mniomalia viridis</i>	X	
SEMATOPHYLLACEAE	<i>Acroporium pungens</i>	X	X
	<i>Sematophyllum subsimplex</i>	X	X
	<i>Taxithelium planum</i>	X	
	<i>Trichosteleum fluviale</i>	X	X
	<i>Trichosteleum papillosum</i>	X	X
STEREOPHYLLACEAE	<i>Pilosium chlorophyllum</i>	X	X
THUIDIACEAE	<i>Pelekium involvens</i> **	X	