

DIVERSIDAD DE HEPÁTICAS Y MUSGOS EN TURBERAS DEL NEVADO DEL TOLIMA, COLOMBIA

Liverworts and mosses diversity of peatlands from Nevado del Tolima, Colombia

EMANUEL CATAÑO-D.

JAIME URIBE-M.

LAURA V. CAMPOS

Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 7495 harpor@hotmail.com, Autores correspondencia: juribem@unal.edu.co lvcampos@unal.edu.co

RESUMEN

Se realizó un estudio sobre la diversidad de hepáticas y musgos en cuatro turberas en la cara norte, laderas oriental y occidental, del nevado del Tolima, diferenciadas por sus regímenes hídricos. Se registraron 54 especies, 30 de musgos y 24 de hepáticas, pertenecientes a 35 géneros y 29 familias. Con los datos de cobertura e incidencia obtenidos se realizaron diferentes mediciones y cálculos de índices de diversidad. La turbera cuatro presentó el más alto índice de riqueza específica con un total de 24 especies, seguida por la turbera tres con 18 especies y la uno y dos con 16 especies cada una; también se usó el estimador de diversidad Bootstrap y su representatividad para cada turbera, la representatividad estuvo por encima del 82% lo que permitió la comparación entre las turberas. Aunque las cuatro turberas presentaban diferentes regímenes hídricos, este estudio muestra que estas son indiferenciables en cuanto a abundancia, diversidad y riqueza de especies, y solo diferentes en cuanto a la composición de especies.

Palabras clave. Diversidad, hepáticas, musgos, Tolima, turberas.

ABSTRACT

A study of the diversity of liverworts and mosses in the Tolima snow mountain was conducted in four peatlands (north face, eastern and western slopes) differentiated by water regimens. A total of 54 species, 30 mosses and 24 liverworts, belonging to 35 genera and 29 families were found. With data coverage and incidence of bryophytes obtained, different measurements and calculations were performed to obtain diversity indices. The peatland number four presented the highest species richness index, with a total of 24 species, followed by the peatland number three with 18 species and finally the peatlands number one and two with 16 species each. We also used estimators of diversity Bootstrap and representativeness for each bog. The representative of the sampling was above 82% allowing a comparison between peatlands. Although the studied peatlands are very different according to the water regimen comparison, they are indistinguishable in terms of abundance, diversity and species richness. The peatlands are only distinguishable in terms of their composition.

Key words. Diversity, liverworts, mosses, peatlands, Tolima.

INTRODUCCIÓN

Debido a su ubicación en el trópico, Colombia cuenta con una gran variedad de ambientes (Rangel Ch. 2008), por lo que también presenta una alta diversidad de briófitos, con aproximadamente 2000 especies (Linares & Uribe 2002), clasificados en tres grandes grupos, hepáticas, musgos y antocerotes, de los cuales, los dos primeros son más diversos; gracias a la elaboración de estudios florísticos y taxonómicos se ha logrado una comprensión bastante completa de la flora briofítica del país, la cual es rica y diversa en ecosistemas como el páramo, que presentan índices de diversidad, abundancia y riqueza altos (Uribe & Rangel 2000; Linares, *et al.* 2000). Esto se debe principalmente a la proporción de nutrientes y recursos hídricos proporcionados por ecosistemas como las turberas, donde la producción vegetal excede la descomposición por lo que se presenta una acumulación de materia orgánica (Vitt & Wieder 2009).

En este trabajo se evalúan los patrones de riqueza, abundancia y diversidad de los briófitos de cuatro turberas del nevado del Tolima, diferenciadas por la fuente hídrica que las nutre (agua termal, agua de laguna, agua escorrentía, sin fuente hídrica evidente), mediante la medición de las coberturas de las diferentes especies presentes en el área de estudio y de la comparación entre las diferentes turberas muestreadas, de este modo, lo que se quiere lograr con el presente estudio es contribuir a la documentación del estado de los ecosistemas y la flora briofítica del país, así como enriquecer los inventarios existentes para la región y ampliar el conocimiento con respecto a la flora y ecología del área.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Parque Nacional Natural los Nevados se ubica en el eje de la cordillera central,

cuenta con 60 635 ha, entre los 2 600 y 5 400 m, incluye los nevados de Santa Isabel, Ruiz, Tolima y Quindío, que constituyen una de las mayores fuentes hídricas del país y abastece de agua a más de dos millones de habitantes de los departamentos Tolima, Caldas y Risaralda (Vásquez & Serrano 2009). El basamento geológico del área está conformado por rocas metamórficas del Paleozoico, casi siempre cubiertas por cenizas volcánicas del cuaternario tardío; la superficie del parque abarca ocho volcanes principales: Santa Rosa, Nevado del Quindío, Santa Isabel, El Cisne, Cerro Bravo, Cerro Machín, nevado del Tolima y nevado del Ruiz, estos tres últimos activos (Vásquez & Serrano 2009).

Los muestreos se realizaron en la cara norte del nevado del Tolima, en cuatro turberas escogidas al azar a 4 000 m, dos en la ladera oriental y dos en la occidental. Cada una de ellas caracterizada por una influencia hídrica diferente. Turberas muestreadas:

Turbera 1: Ubicada en la ladera oriental del nevado del Tolima (4° 40' 34" Norte y 75° 18' 14" Oeste). Turbera con fuente hídrica proveniente de escorrentía (Figura 1).

Turbera 2: Ubicada en la ladera oriental del nevado del Tolima (4° 40' 41" Norte y 75° 18' 16" Oeste). Turbera con fuente hídrica proveniente de agua termal (Figura 2).

Turbera 3: Ubicada en la ladera occidental del nevado del Tolima (4° 40' 50" Norte y 71° 21' 52" Oeste). Turbera con fuente hídrica proveniente del agua de la laguna El Encanto (figura 3).

Turbera 4: Ubicada en la ladera occidental del nevado del Tolima (4° 41' 17" Norte y 75° 21' 42" Oeste). Turbera sin fuente hídrica evidente (Figura 4).



Figura 1. Turbera uno con fuente hídrica proveniente de escorrentía, ubicada en la ladera oriental nevado del Tolima.



Figura 2. Turbera dos con fuente hídrica proveniente de aguas termales, ubicada en la ladera oriental nevado del Tolima.



Figura 3. Turbera tres con fuente hídrica proveniente de la laguna El Encanto, ubicada en la ladera occidental del nevado del Tolima.



Figura 4. Turbera cuatro sin fuente hídrica evidente, ubicada en la ladera occidental del nevado del Tolima.

Muestreo

Se realizó una salida de campo de 20 días de duración en el mes de enero de 2010, trabajando cuatro días por turbera. En cada una de las turberas se seleccionaron al azar cuatro parcelas de un metro por un metro, las cuales fueron delimitadas con banderillas y cintas. En cada una de las cuatro parcelas escogidas al azar, fueron empleados tres cuadrantes fijos de 40 x 40 cm para un total de doce unidades de muestro, las cuales fueron cubiertas por una malla flexible dividida en 100 cuadrados, cada uno de ellos con un área de 16 cm². La cobertura se determinó con base al porcentaje de ocupación de briófitos diferenciables en cada cuadrante. Cada uno de los ejemplares colectados fue debidamente procesado con los datos sobre el sustrato y el porcentaje de ocupación en la unidad de muestreo. Esta información además de ser rotulada en cada muestra, fue consignada en las tablas de campo, en las que además se incluyó una breve descripción morfológica de las plantas.

El material se procesó con las técnicas estándar para colecciones de briófitos en el laboratorio de botánica en el Herbario Nacional Colombiano del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional. La determinación del material colectado se realizó en el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional, utilizando las claves para géneros de hepáticas de Uribe & Aguirre (1997), Gradstein *et al.* (2001), entre otras y para musgos, Sharp, *et al.* (1994), Churchill & Linares (1997). Los ejemplares determinados se encuentran depositados en el Herbario Nacional Colombiano (COL).

Análisis de datos

La diversidad alfa se determinó a través de la riqueza específica (índice de Margalef, enrarecimiento y el estimador Bootstrap) e índices de abundancia (heterogeneidad y equidad). La riqueza específica (S) es la forma más sencilla

de medir la biodiversidad y es un concepto que se relaciona con el número de especies presentes en la comunidad pero que no tiene en cuenta ni la abundancia ni la importancia de las mismas. Debido a que en muchos taxones es prácticamente imposible enumerar todas las especies de la comunidad, se hace necesario tomar una muestra de la misma, lo que hace que S dependa del tamaño de la muestra, por lo cual se debe recurrir a índices de diversidad que se calculan con datos obtenidos a través de muestreos de la comunidad. En el presente trabajo ésta se midió a través del índice de Margalef (Magurran 1989).

Los estimadores no paramétricos, no asumen el tipo de distribución del conjunto de datos y no lo ajustan a un modelo determinado, requiriendo solo datos de presencia-ausencia (Moreno 2001); en este caso se trabajó el estimador Bootstrap, el cual se calculó con el programa EstimateS (Colwell 2009).

Se midieron los índices de abundancia: heterogeneidad y equidad (Patil & Taile 1982 y Krebs 1999); mediante el programa Ecological Methodology (Krebs 1999a) se calculó el índice de Simpson para la heterogeneidad, el cual toma en cuenta el valor de cada especie y considera el número total de especies en la comunidad y el recíproco de Simpson para la equidad, el cual toman únicamente en cuenta el valor de importancia de cada especie.

El método de enrarecimiento fue propuesto para comparar el número de especies cuando las muestras difieren en tamaño (Gotelli & Colwell 2011), y estima la riqueza de especies en función del tamaño de la muestra más pequeña (Kraker & Cobar 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Riqueza de Especies y Cobertura

Los especímenes colectados se determinaron a nivel de especie en un 96%, se registró un

total de 54 especies de briófitos (Tabla 1), 30 musgos y 24 hepáticas, pertenecientes a 35 géneros (18 musgos y 17 hepáticas) y 29 familias (15 musgos y 14 hepáticas). Con relación al índice de riqueza de especies de briófitos por turbera, se encontró que la número tres presentó el valor más alto con 24 especies, seguido por la turbera cuatro con 18, y las turberas uno y dos con 16 especies cada una (Tabla 2).

De las 30 especies de musgos encontrados, 23 corresponden a acrocárpicos (76.7%) y las siete especies restantes a pleurocárpicas (23.3%), en el caso de las 24 especies de hepáticas, diez corresponden a talosas (41.7%) y las catorce restantes (58.3%) a foliosas. La especie de musgo con mayor cobertura fue *Campylopus nivalis* presente en las turberas uno y tres, seguida por *Blindia gradsteinii* presente únicamente en la turbera tres, C.

Tabla 1. Lista de briófitos presentes en cada turbera.

Especie	T1	T2	T3	T4	Especie	T1	T2	T3	T4
Hepáticas					<i>Brachythecium praelongum</i>				X
<i>Anastrophyllum auritum</i>			X		<i>Breutelia polygastrica</i>	X		X	X
<i>Aneura pinguis</i>		X		X	<i>Breutelia trianae</i>		X		
<i>Calypogeia rhombifolia</i>	X				<i>Calymperes rubiginosum</i>	X			
<i>Chiloscyphus latifolius</i>			X	X	<i>Campylopus areodictyon</i>				X
<i>Cylindrocolea rhizantha</i>	X	X		X	<i>Campylopus argyrocaulon</i>			X	X
<i>Isotachis multiceps</i>			X		<i>Campylopus jamesonii</i>	X			
<i>Jensenia wallisii</i>			X	X	<i>Campylopus nivalis</i>	X		X	
<i>Lejeunea inflexiloba</i>				X	<i>Campylopus perexilis</i>			X	
<i>Marchantia berteriana</i>	X	X		X	<i>Campylopus sp. 1</i>		X		
<i>Nardia succulenta</i>	X				<i>Campylopus zygodonticarpus</i>			X	
<i>Plagiochila aerea</i>			X		<i>Dicranella callosa</i>	X			
<i>Plagiochila dependula</i>			X		<i>Dicranella consimilis</i>			X	X
<i>Plagiochila sp. 1</i>			X		<i>Dicranella strumulosa</i>	X			
<i>Pseudocephalozia quadriloba</i>	X				<i>Encalypta asperifolia</i>		X		
<i>Pseudomarsupidium diciptens</i>			X		<i>Leskea angustata</i>		X		
<i>Riccardia calcarea</i>			X		<i>Mielechhoferia lindigi</i>				X
<i>Riccardia columbica</i>			X		<i>Pohlia elongata</i>	X			
<i>Riccardia hans-meyeri</i>		X	X	X	<i>Pohlia wahlenbergii</i>		X		
<i>Riccardia hymenophytoides</i>			X		<i>Pterobryon densum</i>				X
<i>Riccardia regina</i>	X	X			<i>Ramphidium dicranoides</i>		X		X
<i>Riccardia smaragdina</i>			X	X	<i>Rhodobryum roseum</i>		X		
<i>Symphogyna bogotensis</i>			X		<i>Rhynchostegium serrulatum</i>				X
<i>Syzygiella rubricaulis</i>		X	X		<i>Sanionia uncinata</i>	X			
<i>Temnoma chaetophylla</i>			X		<i>Scopelophila cataratae</i>		X		
Musgos					<i>Sphagnum meredense</i>	X			
<i>Blindia gradsteinii</i>			X		<i>Sphagnum sancto-josephense</i>	X		X	X
<i>Brachythecium occidentale</i>		X			<i>Squamidium livens</i>		X		

Tabla 2. Riqueza de familias, géneros y especies de briófitos por turbera.

	TURBERA 1		TURBERA 2		TURBERA 3		TURBERA 4	
	Musgos	Hepáticas	Musgos	Hepáticas	Musgos	Hepáticas	Musgos	Hepáticas
Familias	7	6	10	4	5	8	9	6
Géneros	7	6	10	5	5	10	9	7
Especies	10	6	10	6	8	16	10	8

argirocaulon encontrado en las turberas tres y cuatro y *Sphagnum sancto-josephense* presente en tres de las cuatro turberas (uno, tres y cuatro) (Figura 5). En las hepáticas, *Marchantia berteroaana* presentó el más alto porcentaje de cobertura, seguido por *Aneura pinguis*, *Cylindrocolea rhizantha*, *Riccardia regina* y *R. hansmeyerii* (Figura 6).

La distribución de las familias, géneros y especies fue muy diversa y de forma inconstante en la zona de muestreo. Las únicas familias presentes en las cuatro turberas fueron las familias Leucobryaceae y Aneuraceae que representan el 24.1% y 13.4% del muestreo total, así mismo es importante mencionar que de las 30 familias identificadas 22 están representadas por un único género (once familias de hepáticas y once de musgos) y 21 por una única especie colectada (once especies de hepáticas y diez de musgos). En cuanto a los géneros, se encontró que de los 35 registrados, *Campylopus* y *Riccardia* son los que presentan

mayor distribución, siendo colectados en las cuatro turberas. Así mismo, se observó que en hepáticas, de los 17 géneros presentes quince están representados por una única especie, solo *Plagiochila* y *Riccardia* presentan tres y seis especies respectivamente. En el caso de los musgos son cinco los géneros que presentan dos o más especies, *Campylopus* presentó el mayor número de especies (siete), seguido de *Dicranella* (tres) y los géneros *Sphagnum*, *Breutelia*, *Brachytecium*, y *Pohlia* con dos especies cada uno.

Del total de especies recolectadas se encontró que 39 de las 54 están presentes en una única turbera, (24 musgos y quince hepáticas), nueve se colectaron en dos de las turberas (cuatro musgos y seis hepáticas) y solo cinco especies se encontraron en tres turberas (dos musgos y tres hepáticas), ninguna especie fue común para las cuatro turberas. Se encontró que los musgos fueron más representativos en las turberas cuyas fuentes hídricas corresponde

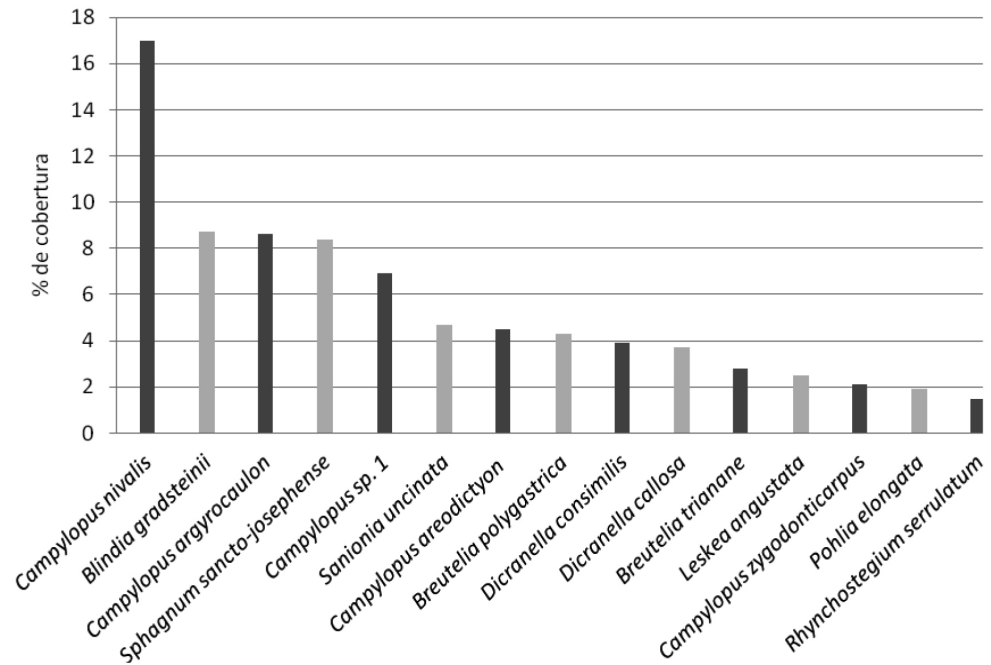


Figura 5. Coberturas representativas de algunas especies de musgos presentes en las turberas.

a agua de escorrentía, agua de termal y agua de laguna, mientras que las hepáticas fueron más ricas en la turbera que no tenía una fuente hídrica evidente.

Índice de diversidad

La turbera tres fue la que presentó el valor más alto: 6.042 para el índice de Margalef, seguida por las turberas cuatro: 4.415, uno: 4.328 y la dos con el valor más bajo: 4.013. De acuerdo con los valores del índice, las turberas uno, dos y cuatro presentan valores de mediana diversidad, mientras que la turbera tres presenta valores de alta diversidad, considerando los criterios para la interpretación de este índice donde según Paredes *et al.* (2011), valores superiores a cinco corresponden a zonas de alta diversidad, valores entre dos y cinco a zonas de media diversidad y valores inferiores a dos a áreas de baja diversidad. Los datos de este índice permiten presumir que el tipo de agua

que nutre a cada turbera no afecta a los valores de diversidad, pues no existe una diferencia significativa entre los valores de esta medida entre las turberas.

Estimador no paramétrico

Se calculó el estimador Bootstrap para cada una de las turberas, junto con la curva de acumulación de especies (Figura 7). La gráfica muestra las curvas de acumulación de especies calculadas para cada una de las turberas como una medida de esfuerzo del muestreo realizado y tal como lo indican Colwell *et al.* (2004), es posible que como las curvas no alcanzan la asíntota, se sugiere que hubo submuestreo y por lo tanto una subestimación de la riqueza verdadera en cada una de las turberas (López & Linera 2006), lo que lleva a concluir que en todas ellas se realizó el mismo esfuerzo de trabajo, y como todos los valores se encuentran con una representatividad por encima del

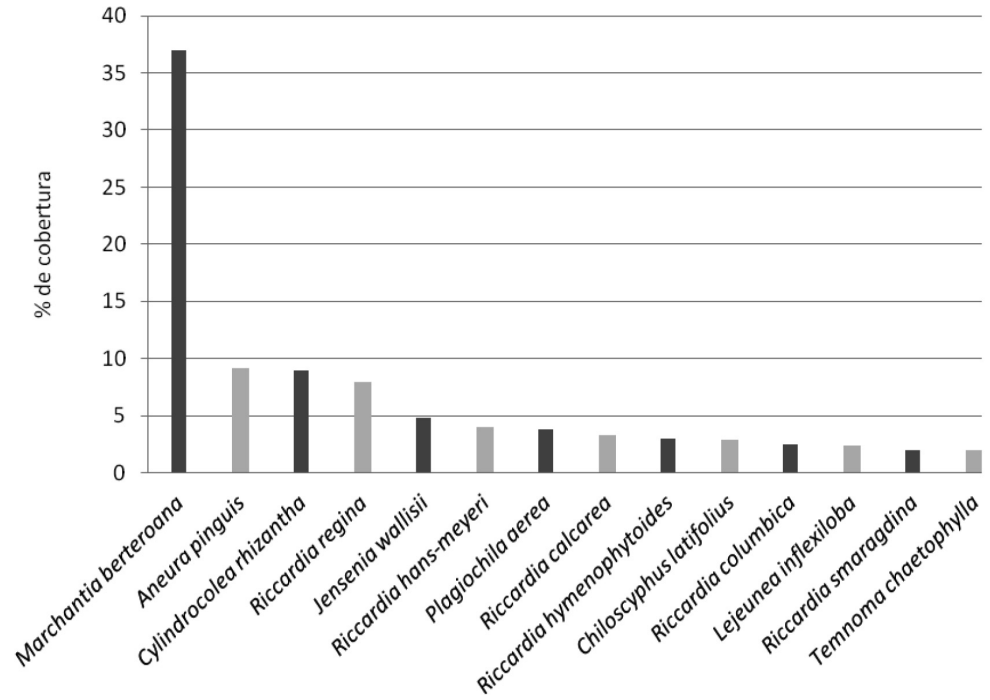


Figura 6. Coberturas representativas de algunas especies de hepáticas presentes en las turberas.

82%, esto nos indica que los muestreos fueron buenos permitiendo una comparación entre las turberas objeto de estudio. El estimador Bootstrap como un método de alta confiabilidad (Smith & van Belle 1984) muestra una alta representatividad con valores de 82% (turberas uno y tres), 85% (turbera dos) y 88% (turbera cuatro). Así mismo, es importante anotar que el comportamiento de este estimador es constante y simétrico para todas las turberas. El estimador mostró un número de especies esperado muy cercano al encontrado, desempeños similares a este caso se han reportado para este estimador en trabajos como los de Colwell & Coddington (1994) y Bragagnolo & Pinto-da-Rocha (2003).

Estructura - heterogeneidad

Con la finalidad de determinar la heterogeneidad en las turberas se calculó el índice de Simpson para cada una de ellas, siendo la turbera cuatro la que obtuvo el valor más

alto: 0.907, seguido por las turberas tres, dos y uno con valores de 0.900, 0.809 y 0.808 respectivamente. Los valores para el índice varían entre cero, mínima diversidad y una máxima diversidad (Krebs, 1999). Con el índice de Simpson se obtuvieron datos que estadísticamente no se alejan mucho unos de otros, así pues, se determinó que las turberas uno y dos son igualmente diversas entre sí, lo mismo ocurre con las turberas tres y cuatro. Los altos valores para el índice de Simpson en las cuatro turberas indican una alta diversidad; las turberas uno y dos son menos heterogéneas y menos diversas que las turberas tres y cuatro, esto se debe a que en las turberas uno y dos se observa claramente una diferencia significativa entre las coberturas, mientras que en las otras turberas, esta no es tan abrupta.

Estructura - equidad

La equidad se calculó a través del índice de equidad de Simpson (Norman *et al.* 2005

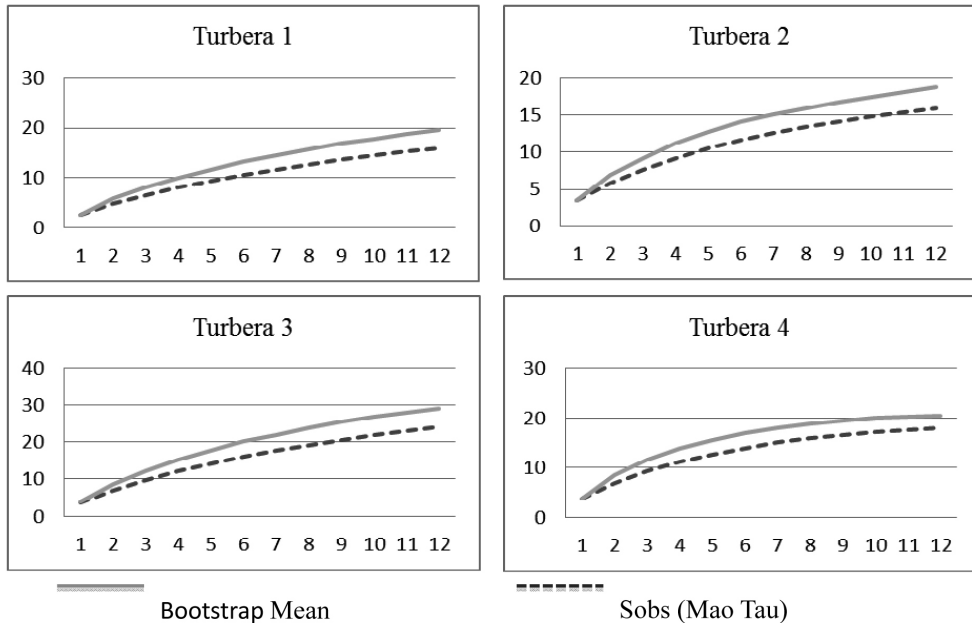


Figura 7. Curva de acumulación de especies y Bootstrap medidos sobre doce unidades de muestreo en cada una de las turberas. Eje x: número de unidades de muestreo; eje y: número de especies registradas.

y Barajas 2005), los valores para el índice indican mínima equidad, valor de cero y máxima equidad, valor de uno (Magurran 2004). Los resultados obtenidos con este índice son: turbera uno: 0.326, dos: 0.325, tres: 0.418 y cuatro: 0.594. Lo que quiere decir que las turberas tres y cuatro son más equitativas que las turberas uno y dos. Bajo el índice de equidad de Simpson, las turberas uno y dos son similarmente diversas, pero con valores menores que las turberas tres y cuatro, siendo la turbera cuatro la más diversa de todas y la más equitativa. Es importante aclarar que aunque la turbera cuatro es la que se comporta de una forma más equitativa que las otras, sus valores no son lo suficientemente altos como para decir que es completamente equitativa la distribución de sus especies y sus coberturas.

Enrarecimiento

El método de enrarecimiento (Colwell *et al.* 2004) nos permite comparar las cuatro turberas, igualando el esfuerzo de muestreo, de tal manera que se toma el menor valor y se simula para cada turbera la riqueza si se hubiera colectado ese número de individuos en cada una de ellas. Los resultados del análisis de enrarecimiento nos indican que el muestreo es bastante bueno, ya que el número de especies observado siempre fue mayor al número de especies esperado (Tabla 3).

Tabla 3. Datos de enrarecimiento con número de individuos, especies presentes y especies esperadas para cada turbera.

	Turbera 1	Turbera 2	Turbera 3	Turbera 4
No Individuos	32	42	45	47
No Especies	16	16	24	18
No Sp. Estimadas	16	14	20	16

Con el fin de igualar el número de muestras en el presente trabajo se realizó rarefacción para cada una de las turberas (Figura 8) igualando estas a un total de 32 individuos colectados en cada una de ellas, de modo que se puede observar como cada una de las turberas se comporta de una forma similar, siendo aún la turbera tres la que presentó la mayor riqueza, por su parte se identifica una notable diferencia entre las turberas dos y uno que antes de pasar por la rarefacción compartían una riqueza igual, de modo que es ahora la turbera dos la que presenta los valores más bajos, datos que son de esperar al comparar con el índice de Margalef, pues es esta misma zona de muestreo la que presenta los valores más bajos para el índice antes indicado.

Por lo anterior podemos concluir que: no se observó ningún patrón de diversidad y abundancias diferente para las cuatro turberas objeto de estudio, pero aun así, en cuanto a composición de especies fue posible hacer una diferenciación entre ellas, ya que en general las especies presentes en una turbera fueron exclusivas para la misma, con algunas excepciones donde una especie podía estar presente en dos (diez especies) o tres (cinco especies) turberas pero no en las cuatro.

Al comparar las turberas ubicadas en el oriente con las del occidente se encontró un patrón de distribución, ya que en las turberas de la ladera oriental (uno y dos) hay una mayor presencia de especies de musgos (20 especies) que de hepáticas (nueve especies), mientras que en las de la ladera occidental ocurre lo contrario, hay mayor presencia de hepáticas (20 especies) que de musgos (catorce especies), esta relación entre musgos y hepáticas entre ambas laderas coincide con lo registrado por van Reenen (1983) para el nevado de Santa Isabel. De las 54 especies encontradas solo nueve son compartidas por ambas laderas, cuatro musgos, *Campylopus*

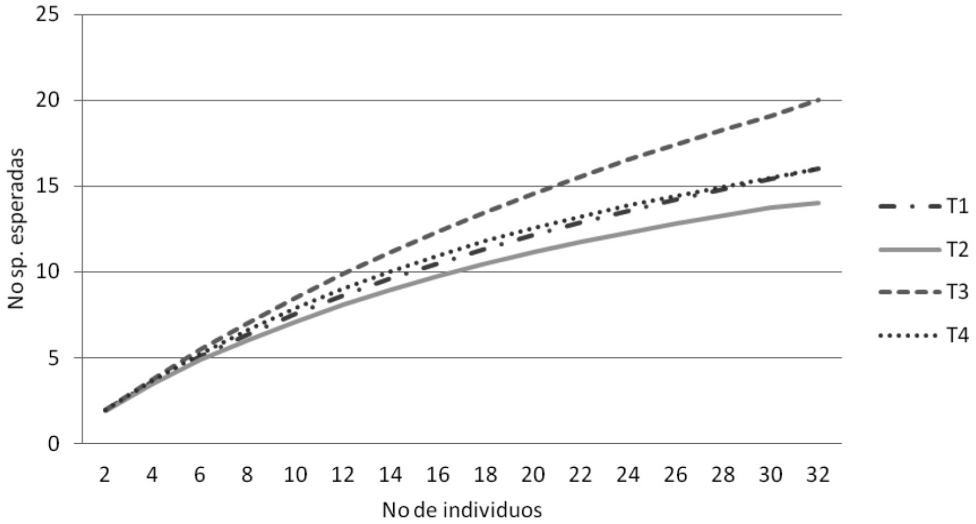


Figura 8. Curva de enrarecimiento para cada una de las turberas muestreadas.

nivalis, *Breutelia polygastrica*, *Rhamphidium dicranoides* y *Sphagnum sancto-josephense*, y cinco hepáticas, *Syzygiella rubricaulis*, *Cylindrocolea rhizantha*, *Marchantia berteriana*, *Riccardia hans-meyeri* y *Aneura pinguis*.

La riqueza de los briófitos de las turberas estudiadas se puede considerar bastante alta cuando es comparada con el estudio realizado por Sánchez *et al.* (1989) para 35 turberas en siete páramos de la cordillera oriental ya que él reportó 86 especies de briófitos (44 musgos y 42 hepáticas), en comparación con el presente estudio que reporta 54 especies (30 musgos y 24 hepáticas) en solo cuatro turberas.

La turbera tres fue la que presentó el valor más alto para los índices de riqueza específica (24 especies), y diversidad, seguido de la turbera cuatro (18 especies), uno (16 especies) y dos (16 especies), por otra parte, la turbera más equitativa fue la turbera cuatro, seguida de la tres, la uno y la dos. Las turberas más disímiles en cuanto a composición de especies fueron las turberas dos y tres, mientras que las turberas tres y cuatro, fueron las más similares, pero aun así no se reconoce un patrón exclu-

sivo en cada una de ellas, evidenciando que la distribución y las abundancias de la especies se engloban para todas las turberas, lo que se podría considerar como una gran comunidad de briófitos del nevado del Tolima.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Colombia y el Herbario Nacional Colombiano por permitirnos el espacio y equipos necesarios para llevar a cabo este trabajo. Al Proyecto Curricular Licenciatura en Biología de la Universidad Distrital. Al ingeniero Maklín Muñoz por su valiosa colaboración en la fase de campo. A la profesora Diana Daza (UD) por su colaboración en los análisis de datos y finalmente un agradecimiento muy especial (in memoriam) a Don Humberto Cañón, por su acompañamiento en la montaña, largas tertulias y enseñanzas.

LITERATURA CITADA

BARAJAS, G. 2005. Evaluación de la Diversidad de la Flora en el Campus Juriquilla de la UNAM. Bol-e 1(2): 1-10.

- BRAGAGNOLO, C. & R. PINTO-DA-ROCHA. 2003. Diversidade de Opiliões do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Rio de Janeiro, Brasil (Arachnida: Opiliones). *Biota Neotropica* 3(1): 1-20.
- CHURCHILL, S.P. & E. LINARES. 1995. *Prodromus bryologiae Novo-Granatensis: introducción a la flora de Musgos de Colombia*. Biblioteca José Jerónimo Triana 12. Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. 1-924 pp. Bogotá, D.C.
- COLWELL, R.K. 2009. Estimates 8.2 user's guide. Department of Ecology & Evolutionary Biology, University of Connecticut, Storrs.
- COLWELL, R.K., C.X. MAO & J. CHANG. 2004. Interpolando, extrapolando y comparando las curvas de acumulación de especies basadas en su incidencia. *Ecology* 85(10): 2717-2727.
- COLWELL, R.K. & A. CODDINGTON. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 345: 101-118.
- GOTELLI, N.J. & R.K. COLWELL. 2011. Estimating species richness. In: A. E. Magurran & B. J. McGill (Eds.). *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*: 39-54. Oxford University Press. USA. Oxford.
- GRADSTEIN, S.R., S.P. CHURCHILL & N. SALAZAR. 2001. *Guide to the bryophytes of Tropical America*. Mem. New York Bot. Gard. 86. New York Botanical Garden press. 577 pp. Nueva York.
- KRAKER, C & A.J. CÓBAR. 2011. Uso de rarefacción para comparación de la riqueza de especies: el caso de las aves de sotobosque en la zona de influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá, Guatemala. *Naturaleza y Desarrollo* 9 (1): 62-70.
- KREBS, C. 1999. *Ecological Methodology* (2d. Edition), Adison Wesley, Menlo Park. USA. 624 pp.
- KREBS, C. 1999a. *Programs for Ecological Methodology* (2d. Edition), Adison Wesley, Menlo Park. USA.
- LINARES, E.L., J. AGUIRRE & J.O. RANGEL. 2000. Musgos. En: J.O. Rangel (ed.) *Colombia Diversidad Biótica III*. La región de vida paramuna de Colombia. 473-529. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C.
- LINARES, E.L. & J. URIBE-M. 2002. *Libro rojo de briófitas de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 170 pp.
- LÓPEZ, A.M & G.W. LINERA. 2006. Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Sociedad Botánica de México* 78: 7-15.
- MAGURRAN, A.E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Oxford. Reino Unido. 256 pp.
- MAGURRAN, A.E. 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. Edición Vedral. Barcelona. 200 pp.
- MASON, N. W H., D. MOUILLOT, G. LEE & J.B. WILSON. 2005. Functional richness, functional evenness and functional divergence: the Primary Components of Functional Diversity. *OIKOS* 111: 112-118.
- MORENO, C.E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M & T-Manuales y Tesis SEA, Vol.1. Zaragoza. 84 pp.
- PAREDES, J.R., M. ARIAS, W.R. FLOWERS, M. MEDINA, P. HERRERA & E.L. PERALTA. 2011. Medición de la biodiversidad alfa de insectos en el bosque "Cruz del Hueso" de Bucay, Guayas-Ecuador. Congreso binacional de biotecnología, Piura-Perú: 1-5.
- PATIL, G.P. & C. TAILE. 1982. Diversity as a concept and its measurement. *Journal of the American Statistical Association* 77: 548-567.
- RANGEL, J.O. 2008. (ed). *Colombia: diversidad biótica VI: riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia*. Univer-

- sidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá. 599 pp.
- SÁNCHEZ, M.R., J.O. RANGEL & J. AGUIRRE-C. 1989. Estudios ecológicos en la Cordillera Oriental IV: aspectos sincológicos de la brioflora de los depósitos turbosos paramunos de los alrededores de Bogotá. *Caldasia* 16 (76): 41-57.
- SHARP, A.J., H. CRUM & P.M. ECKEL. 1994. *The moss flora of Mexico*. Memoirs of the New York Botanical Garden 69. Nueva York. 1-1113+xvii pp
- SMITH, E.P. & G.V. VAN BELLE. 1984. Nonparametric estimation of species richness. *Biometrics* 40: 119-129.
- URIBE-M, J. & J. AGUIRRE. 1997. Clave para los géneros de hepáticas de Colombia. *Caldasia* 19 (1-2): 13-27.
- URIBE-M., J. & J.O. RANGEL. 2000. Hepáticas. En: Rangel, J.O. (Ed.) *Colombia Diversidad Biótica III: la región de vida paramuna de Colombia*. 435-472. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- VAN REENEN, G. 1983. Distribución y ecología de musgos y hepáticas (Datos iniciales). En: Van der Hammen, Th. A. Pérez, & P. Pinto (eds). *Estudios de ecosistemas tropandinos I. La Cordillera Central Colombiana, transepto Parque los Nevados*: 206-209 J. Cramer. Vaduz.
- VÁSQUEZ, V.H., & M.A. SERRANO. 2009. *Las áreas protegidas de Colombia*. Conservación Internacional-Colombia & fundación Biocolombia. Bogotá. 696 pp.
- VITT, D.H. & R.K. WIEDER. 2009. The structure and function of bryophyte-dominated peatlands. En: B. Goffinet, & J. Shaw (eds). *Bryophyte Biology*: 357-391. Cambridge University Press. Nueva York.

Recibido: 20/11/2013

Aceptado: 10/10/2014

