





DIVERSIDAD DE HEPÁTICAS EPÍFITAS (MARCHANTIOPHYTA) DEL SECTOR SUASIE EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL CHINGAZA

Diversity of the epiphytic liverworts (Marchantiophyta) of the Suasie sector in the Chingaza National Natural Park.

Marco Tulio ESTEPA-RUIZ¹  Laura V. CAMPOS¹ ¹ Programa de Biología, Universidad de La Salle, Cra. 2 #No 10-70, bloque A piso 5, Bogotá, Colombia.* For correspondence: mestepa50@unisalle.edu.coReceived: 21st May 2020. Returned for revision: 17th November 2020. Accepted: 14th January 2021.

Associate Editor: Xavier Marquinez

Citation/ citar este artículo como: Estepa-Ruiz, M. T., y Campos, L. V. (2022). Diversidad de hepáticas epífitas (Marchantiophyta) del sector Suasie en el Parque Nacional Natural Chingaza. *Acta Biológica Colombiana*, 27(1), 52-60. <https://doi.org/10.15446/abc.v27n1.87497>

RESUMEN

Los briófitos forman un grupo conspicuo de la flora del planeta. Su contribución ecológica en términos de riqueza de especies y cobertura en muchos hábitats es fundamental para el equilibrio de los servicios ecosistémicos. En Colombia se tiene el registro aproximado de 715 especies de Marchantiophyta (hepáticas), las cuales presentan su mayor riqueza en la región Andina. El estudio se realizó en el Parque Nacional Natural Chingaza - sector Suasie dada su importancia ecológica e hídrica para los municipios aledaños. El objetivo principal de este estudio fue determinar la diversidad de la comunidad de hepáticas en el sector de Suasie del PNN Chingaza. Para ello, se hicieron tres levantamientos en transectos de 2x50 m en un gradiente altitudinal, en cada transecto se muestrearon las hepáticas presentes en cuatro forófitos escogidos al azar. Las muestras recolectadas fueron identificadas para el análisis de composición y diversidad de la comunidad. Como resultado, fue posible evidenciar la variación de la composición y abundancia de hepáticas a lo largo del gradiente, basados no solo en los índices estimados, sino también en la asociación con la cobertura vegetal de cada sitio de muestreo. Con un total de 47 especies registradas, se soporta la alta diversidad del sector en estudio. De esta manera, la riqueza encontrada en este gradiente aporta a las actuales y futuras estrategias de conservación del parque.

Palabras Clave: Altitud, briófitas, ecología, flora, gradiente altitudinal.

ABSTRACT

The bryophytes form a conspicuous group of the planet's flora, their ecological contribution in terms of species richness and coverage in many habitats is essential for the balance of ecosystem. In Colombia there is an approximate record of 715 species of Marchantiophyta (liverworts), which present their greatest richness in the Andean region. The study was carried out in the Chingaza National Natural Park - Suasie sector given its ecological and water importance for the surrounding municipalities. The main objective of this study was to determine the diversity of the liverwort community in the Suasie sector of the Chingaza NNP. For this, three surveys were made in transects of 2x50 m in an altitude gradient, in each transect the liverworts present from four phorophytes (trees and shrubs), chosen at random were sampled. The collected samples were identified for analysis of composition and diversity of the community. As a result, it was possible to demonstrate the variation in the composition and abundance of liverworts along the gradient, based not only on the estimated indices, but also on the association with the vegetation cover of each sampling site. With a total of 47 registered species, the high diversity of the sector under study is supported. In this way, the richness found in this gradient contributes to current and future conservation strategies for the park.

Keywords: Altitude, bryophyta, ecology, flora, altitude gradient.

INTRODUCCIÓN

Las plantas pertenecientes a la división Marchantiophyta, también conocidas como hepáticas, hacen parte del grupo monofilético Bryophyta (Zhang et al., 2020), plantas terrestres no vasculares ubicadas en el clado basal de las Embriophytas. Presentan una amplia distribución y se han registrado aproximadamente 7500 especies a nivel mundial en zonas con alta humedad y baja intensidad lumínica (Söderström et al., 2016). Colombia cuenta con 715 especies, siendo la región Andina la que presenta mayor riqueza, allí se registran 130 géneros distribuidos en siete órdenes (Uribe y Gradstein, 1999; Gradstein, 2016a; Gradstein et al., 2018; Bernal et al., 2019).

Las hepáticas cumplen un papel importante en los ciclos hídricos de los ecosistemas, retienen grandes cantidades de agua y la liberan lentamente, a su vez presentan tolerancia a la desecación mediante la suspensión de su metabolismo en tiempos de sequía, y en tiempos húmedos retoman su actividad fotosintética y de crecimiento (Goffinet y Shaw, 2009). Dada la fisiología de las hepáticas basada en la ectohídria, estas plantas transportan el agua y los nutrientes dentro y fuera de la planta a través de espacios capilares, permitiendo así la regulación hídrica (Goffinet y Shaw, 2009; Vanderpoorten y Goffinet, 2009). Además, tienen la capacidad de almacenar y fijar grandes cantidades de CO₂ (Goffinet y Shaw, 2009).

Uno de los servicios ecosistémicos que brindan las hepáticas es la formación de suelo, por su interacción con otros organismos como líquenes y hongos, esto mediante la aceleración de los procesos de meteorización, tanto física como química del material orgánico e inorgánico arrastrado por el viento y la escorrentía (Vanderpoorten y Goffinet, 2009).

Estas plantas se pueden ver afectadas de manera directa por cambios abruptos en el ecosistema, ya sea por actividades como la tala de árboles y/o la ganadería (Laurance, 1998), esto debido a que, la mayoría de las hepáticas son de hábito epífita, es decir, que se desarrollan sobre una planta hospedera o forófito (Barkman, 1958; Wolf, 1993). Otras causas de la afectación sobre las comunidades de briófitos están asociadas al cambio climático, dada la baja capacidad de resiliencia de estas especies (Holz y Gradstein, 2005), por otro lado, la fragmentación de los bosques genera pérdida de la diversidad y efectos negativos sobre los procesos de regulación hídrica en los ecosistemas (Vanderpoorten y Goffinet, 2009).

Varios estudios se han realizado en hepáticas en zona de páramo y bosque altoandino en Colombia (Wolf, 1995; Wolf, 2003; Orrego, 2005; Gil y Morales, 2014; Vargas y Morales, 2014; Feuillet y Torres, 2016; Cagua et al., 2018), estos estudios se han facilitado debido a las condiciones ambientales óptimas para el desarrollo y crecimiento de

estas plantas; sin embargo, en el Parque Nacional Natural Chingaza solo se registran dos estudios, un estudio florístico (Madriñán, 2012), el cual arrojó poca representatividad de la diversidad que este lugar en realidad alberga solo se registran las familias Jubulaceae, Herbertaceae y Marchantiaceae, y un trabajo realizado por Santana y Aguirre (1986) donde se presentan unas claves preliminares a género para las hepáticas de este sector.

El sector Suasie en el PNN Chingaza cuenta con una amplia variedad de ecosistemas que van desde zonas de bosque andino hasta páramo, este sector es de gran importancia ecológica, al punto de ser considerado un “hotspot” dentro del Parque, dada la alta diversidad de plantas y la presencia asidua de especies sombrilla como el oso de anteojos (Parques Nacionales Naturales de Colombia [PNN], 2020). Esta investigación pretende contribuir al conocimiento del estado actual de las hepáticas en los ecosistemas andinos y de páramo de Colombia. El objetivo general de este proyecto fue determinar la diversidad de hepáticas epífitas del sector Suasie del Parque Nacional Natural Chingaza, reportando datos sobre la composición, riqueza y abundancia de la comunidad, además se evaluó la variación de la diversidad entre gradientes altitudinales, asociados a diferentes coberturas vegetales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Parque Nacional Natural Chingaza se encuentra ubicado en la cordillera Oriental, en el rango altitudinal que va desde 800 hasta 4020 m (NO, m s n m) rango que permite la amplia distribución de hepáticas, puesto que presenta ecosistemas variados como humedales, páramos y bosques húmedos. Es un área protegida que cuenta con un complejo de 60 lagunas y un embalse, denominado “Chuza”, el cual aporta el 80 % de agua potable a la ciudad de Bogotá, además de surtir a los 11 municipios que comprende el Parque y así brindar un gran servicio ambiental (PNN, 2020).

Los muestreos se hicieron en Suasie, ubicado en el municipio de Fómeque - Cundinamarca (Fig. 1). Chingaza presenta un régimen de lluvias monomodal en los meses de mayo a agosto (Morales et al., 2007), con una precipitación media anual de 4022 mm, presenta una alta nubosidad y un promedio de 3,5 horas de radiación directa con 85 % de humedad relativa anual, la temperatura promedio varía durante el año presentando 25 °C en los meses de diciembre a febrero y de 13 °C en los meses de junio y agosto (González et al., 2017). La flora se encuentra principalmente representada por angiospermas de la familia Asteraceae seguido de las familias Melastomataceae, Bromeliaceae y Ericaceae (Vargas y Pedraza, 2004).

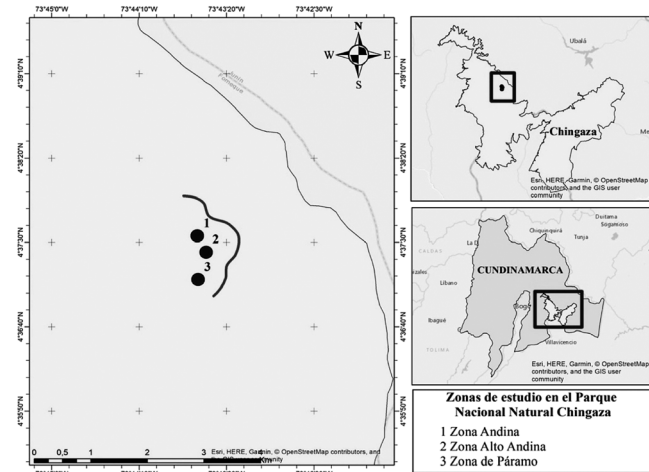


Figura 1 Mapa del área de estudio y zonas de muestreo (1 Zona Andina, 2 Zona Alto Andina, 3 Zona de Páramo) en el sector de Susaie del Parque Nacional Natural Chingaza.

Toma de muestras

Para la recolecta de hepáticas epifitas se realizó una salida de campo del 11 al 13 de junio del 2019 y se siguió la metodología propuesta por Wolf (1993), Orrego y Uribe (2004) y Campos et al. (2019). Se realizaron tres transectos de 2x50m, los cuales fueron ubicados en diferentes rangos altitudinales, en distintas unidades vegetales. En cada uno de los sitios de muestreo se escogieron al azar cuatro fustes de diferentes forófitos, para un total de 12 (Fig. 2), las muestras fueron recolectadas de manera oportunística y se tomaron desde la base hasta 2 m de altura del fuste, en especies arbóreas, y hasta 1 m de altura para especies de tipo arbustivo y achaparrado.

Las unidades vegetales tenidas en cuenta durante el estudio correspondieron a bosque andino, altoandino y páramo (Avellaneda et al., 2014; Sarmiento y León, 2015). A continuación se presenta una breve descripción de cada una de las unidades: 1) Bosque andino (BA) ubicado a una altura de 2900 m; 3100 m y 3300 m (NO m s n m)

a 4°37'33,84" N y 73°43'36,72" W, caracterizado por vegetación arbórea y arbustiva, abundantes claros de bosque asociados a un cuerpo de agua y zonas de interacción antropogénica; 2) Bosque alto andino (AA) ubicado a una altura de 3100 m. s. n. m. a 4°37'24,18" N y 73°43'31,68" W, caracterizado por vegetación arbórea y arbustiva, en esta zona es evidente una estratificación que va desde un estrato rasante hasta dosel, y 3) páramo (P) a 3300 m. s. n. m. a 4°37'7,92" N y 73°43'36,24" W, caracterizado por vegetación achaparrada, arbustos y matorrales de especies nativas típicas de páramo (Fig. 2).

Los ejemplares se procesaron en los laboratorios de la Universidad de La Salle siguiendo las técnicas establecidas para las colecciones de briófitos (Gradstein et al., 2001). La identificación a especie de los ejemplares recolectados se realizó siguiendo las claves para géneros de hepáticas de Gradstein et al. (2001) y Gradstein (2016a) y otras específicas para cada uno de los géneros. Las muestras fueron depositadas en la colección del Museo La Salle. La nomenclatura empleada fue basada en el Catálogo de Plantas de Colombia (Gradstein y Uribe, 2016) y corroborada con el trabajo de Söderström et al. (2016).

Análisis de datos

Se tuvo en cuenta el número de especies de hepáticas encontradas en el estudio para el análisis de riqueza, una curva de acumulación de especies con el software EstimateS (Colwell, 2013) y los estimadores no paramétricos de ACE y Chao 1 (Magurran y McGill, 2011) fueron tenidos en cuenta en el análisis, las gráficas fueron realizadas en Graphpad Prism 5 (GraphPad, 2020). En el análisis de abundancia se realizó a partir del tratamiento de datos con logaritmos en Excel, las curvas rango - abundancia fueron elaboradas con Graphpad Prism 5.

Para el análisis de diversidad alfa, los datos se analizaron con el software Past (Hammer, 2020) donde se calcularon los índices de: Diversidad de Simpson (1-D), el cual establece que valores cercanos a la unidad presentan una diversidad

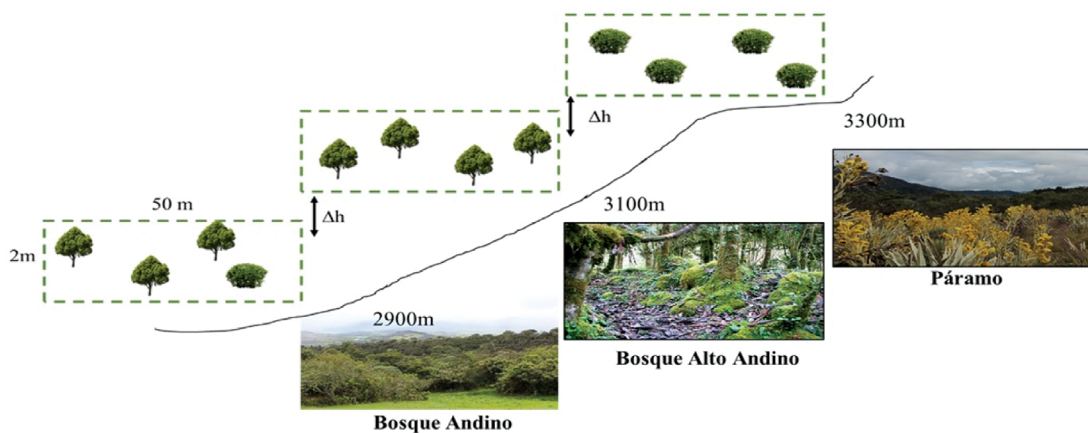


Figura 2 Esquema de las parcelas de muestreo de 2x50 m para cada localidad, con la variación altitudinal y el tipo de cobertura.

mayor y valores cercanos a 0 presentan una gran dominancia y menor diversidad; Dominancia (D), el cual establece que valores cercano a la unidad presentan mayor dominancia y menor diversidad y valores cercanos a 0 una mayor diversidad; Shannon-Weiner (H'), el cual hace referencia a la uniformidad de las especies donde valores normales se encuentran en el rango de 2 y 3, en valores inferiores a 2 se

habla de una baja diversidad y en valores superiores a 3 una alta diversidad de especies y finalmente, Equitatividad (J'), el cual mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada cuyo valor cercano a la unidad corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran y McGill, 2011).

Tabla 1 Composición florística de hepáticas en el sector Suasie del PNN Chingaza, distribución taxonómica según especie y familia por zona de muestreo.

Especie	Andina	Alto Andina	Páramo	Especie	Andina	Alto Andina	Páramo
Acrobolbaceae				<i>Lepicolea pruinosa</i> (Taylor) Spruce.			x
<i>Acrobolbus wilsonii</i> Nees.	x			<i>Lepicolea ramentifissa</i> Herzog		x	x
Aneuraceae				Lepidoziaceae			
<i>Ricardia capillacea</i> (Steph.) Meenks & C.De Jong.		x		<i>Bazzania hookeri</i> (Lindenb.) Trevis.		x	
Cephaloziellaceae				<i>Bazzania jamaicensis</i> (Lehm. & Lindenb.) Trevis.		x	x
<i>Kymatocalyx dominicensis</i> (Spruce) Váña.	x		x	<i>Lepidozia brasiliensis</i> Steph.	x		
Frullaniaceae				<i>Pseudocephalozia quadriloba</i> (Steph.) R.M.Schust.		x	x
<i>Frullania brasiliensis</i> Raddi.	x		x	Lophocoleaceae			
<i>Frullania densifolia</i> Steph.	x			<i>Leptoscyphus intermedius</i> Grolle.	x		
<i>Frullania ecklonii</i> (Spreng.) Spreng.	x			Metzgeriaceae			
<i>Frullania lobatohastata</i> Steph.	x			<i>Metzgeria cleefii</i> Kuwah.		x	
<i>Frullania pittieri</i> Steph.	x			<i>Metzgeria consanguinea</i> Schiffn.	x		
<i>Frullania riojaneirensis</i> (Raddi) Spruce.	x			<i>Metzgeria leptoneura</i> Spruce.	x		
Herbertaceae				Pallaviciniaceae			
<i>Herbertus acanthelium</i> Spruce.	x			<i>Pallavicinia lyellii</i> (Hook.) Gray.			x
<i>Herbertus bivittatus</i> Spruce.		x		Plagiochilaceae			
<i>Herbertus grossispinus</i> Fulford.	x	x	x	<i>Plagiochila adianthoides</i> (Sw.) Lindenb.			x
<i>Herbertus juniperoideus</i> (Sw.) Grolle.			x	<i>Plagiochila bryhnii</i> Steph.	x	x	x
Lejeuneaceae				<i>Plagiochila exigua</i> (Taylor) Taylor.	x		
<i>Blepharolejeunea securifolia</i> (Steph.) R.M.Schust.	x			<i>Plagiochila fuscolutea</i> Taylor.	x		
<i>Cheilolejeunea fragrantissima</i> (Spruce) R.M.Schust.			x	<i>Plagiochila heteromalla</i> (Lehm. & Lindenb.) Lindenb.	x		
<i>Cheilolejeunea revoluta</i> (Herzog) Gradst. & Grolle.		x		<i>Plagiochila heterophylla</i> Lehm.	x		
<i>Lejeunea debilis</i> (Lehm. & Lindenb.) Nees & Mont.	x			<i>Plagiochila ovata</i> Lindenb.		x	
<i>Lejeunea elongella</i> Gottsche.	x			<i>Plagiochila pachyloma</i> Taylor.		x	
<i>Lejeunea inflexiloba</i> J.B.Jack & Steph.	x			<i>Plagiochila papillifolia</i> Steph.	x		
<i>Lepidolejeunea involuta</i> (Gottsche) Grolle.	x			<i>Plagiochila simplex</i> (Sw.) Lindenb.	x	x	x
<i>Lepidolejeunea sullivantii</i> (Gottsche) M.E.Reiner.	x			<i>Plagiochila turgida</i> Herzog.	x		
<i>Marchesinia brachiata</i> (Sw.) Schiffn.	x			Radulaceae			
Lepicoleaceae				<i>Radula voluta</i> Taylor.	x		
				Scapaniaceae			
				<i>Scapania portoricensis</i> Hampe & Gottsche.		x	
				Trichocoleaceae			
				<i>Trichocolea</i> sp.	x		x

La diversidad beta se estimó con un análisis de similitud, teniendo en cuenta el índice de Bray-Curtis, este índice calcula la disimilitud entre dos zonas distintas, valores cercanos a 0 significan que dos lugares tienen la misma composición y valores cercanos a 1 los sitios no presentan especies compartidas (Magurran y McGill, 2011). Además, se realizó un CA (análisis de correspondencia por sus siglas en inglés), estos procedimientos se llevaron a cabo con el uso del software Past y RStudio (RStudio, 2020) respectivamente. En el caso de RStudio se hizo uso de las librerías “FactorMineR”, “factoextra” y “ca”.

RESULTADOS

Se evaluaron 12 forófitos en tres sitios de muestreo con diferente rango altitudinal y cobertura vegetal, fueron registrados 100 individuos pertenecientes a 47 especies, 21 géneros y 15 familias (Tabla 1). La flora de hepáticas fue dominada por la familia Plagiochilaceae (22,2 %), seguida por Lepidoziaceae (20,0 %), sólo 10,6 % de las especies registradas, correspondieron al grupo de las talosas, los géneros registrados fueron *Riccardia*, *Metzgeria* y *Pallavicinia*.

El género más representativo en el área de estudio fue *Plagiochila* con un 22,2 % de las especies, seguido por *Pseudocephalozia* (13,3 %), *Frullania* (10,0 %), *Herbertus* (7,8 %) y *Bazzania* y *Scapania* (5,6 %) respectivamente. Las familias Plagiochilaceae y Lepidoziaceae obtuvieron la mayor representatividad en el estudio con 42,2 % de las especies recolectadas.

Al estudiar la composición en las tres altitudes se encontró que las hepáticas presentes en el bosque andino (BA) se encuentran distribuidas en cuatro órdenes, 13 familias, 15 géneros y 32 especies, las presentes en el bosque altoandino (AA) se encuentran distribuidas en tres órdenes, ocho familias, nueve géneros y 15 especies, y finalmente las presentes en páramo (P) se encuentran distribuidas en tres órdenes, nueve familias, diez géneros y 13 especies.

Basado en evidencia estadística, no se encontró diferencia significativa en la riqueza de hepáticas entre los diferentes pisos altitudinales (Kruskal-Wallis, $p = 0,1271$). En BA se encontraron 31 especies, siendo esta zona la de mayor riqueza en el estudio, seguida por AA, y finalmente la zona de P. En la curva de acumulación de especies se observó un comportamiento asintótico del índice de representatividad (Fig. 3), lo que indica relación entre la riqueza observada y esperada (S), frente a los estimadores no paramétrico ACE (91,43 %) y Chao 1 (72,92 %).

La abundancia fue tomada a partir de la incidencia de los individuos en cada uno de los forófitos en los tres transectos establecidos, obteniendo un total de 100 registros. Se encontró diferencia significativa en la abundancia entre los gradientes (Kruskal-Wallis, $p = 6,933e-05$), BA presentó el mayor registro de abundancias con 32 especies en 44 registros, donde *Plagiochila simplex* (Sw) Lindenb fue la más representativa, en AA se registraron 15 especies en 31

registros con *Pseudocephalozia quadriloba* R.M Schust como la más abundante, tanto en esta zona como en las otras dos, y en P se registraron 13 especies en 15 registros con *Pallavicinia lyellii* (Hook.) Gray y *P. simplex* con la mayor representatividad.

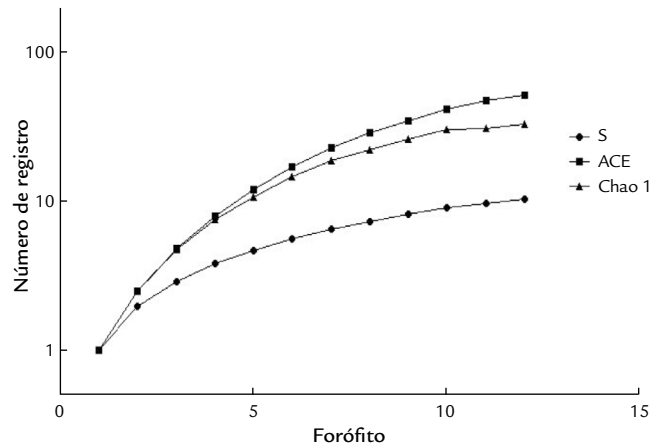


Figura 3 Curva de acumulación de especies de los datos recolectados en tres transectos por forófito según gradiente altitudinal.

Mediante la estimación de los índices de diversidad se obtuvo un valor alto para el índice de dominancia de Simpson (1-D) en las tres zonas para BA se presentó el mayor valor del índice (0,961), seguido de P (0,915) y finalmente AA (0,828); para el índice de dominancia (D) BA obtuvo el mayor valor de diversidad (0,038), seguido por P (0,084) y finalmente AA (0,171). Con el índice de Shannon-Weiner (H') se obtuvo para BA una alta diversidad de especies (3,375), mientras que para AA (2,234) y P (2,523) se presentó una uniformidad normal. Para la equitatividad (J') se encontró que para las tres zonas, tanto BA (0,973), AA (0,825) y P (0,983) presentan especies muy similares en cuanto a la abundancia.

Para la determinación de la diversidad beta se empleó el índice de Bray-Curtis entre BA y AA (0,128) y entre BA y P (0,267), los valores obtenidos permitieron establecer que dichas “parejas” presentan mayor similitud en su composición, mientras que entre P y AA (0,429) se da una menor similitud en su composición.

El dendrograma de similitud agrupó a AA y BA, ratificando lo obtenido por el índice de Bray-Curtis dando así la categoría de grupos con composición más similar, mientras P se comporta como un grupo aislado dado que presenta una composición disímil frente a BA y AA (Fig. 4a), esto posiblemente por la diferencia entre las unidades vegetales. Solo las especies de *Herbertus grossispinus* Fulford, *Plagiochila bryhnii* Steph y *P. simplex* se encontraron en las tres zonas muestreadas, siendo así especies compartidas en el estudio, las especies *Kymatocalyx dominicensis* (Spruce) Váña, *Trichocolea* sp y *Frullania brasiliensis* Raddi se encontraron compartidas en BA y P y *Lepicolea ramentifissa* Herzog, *Bazzania*

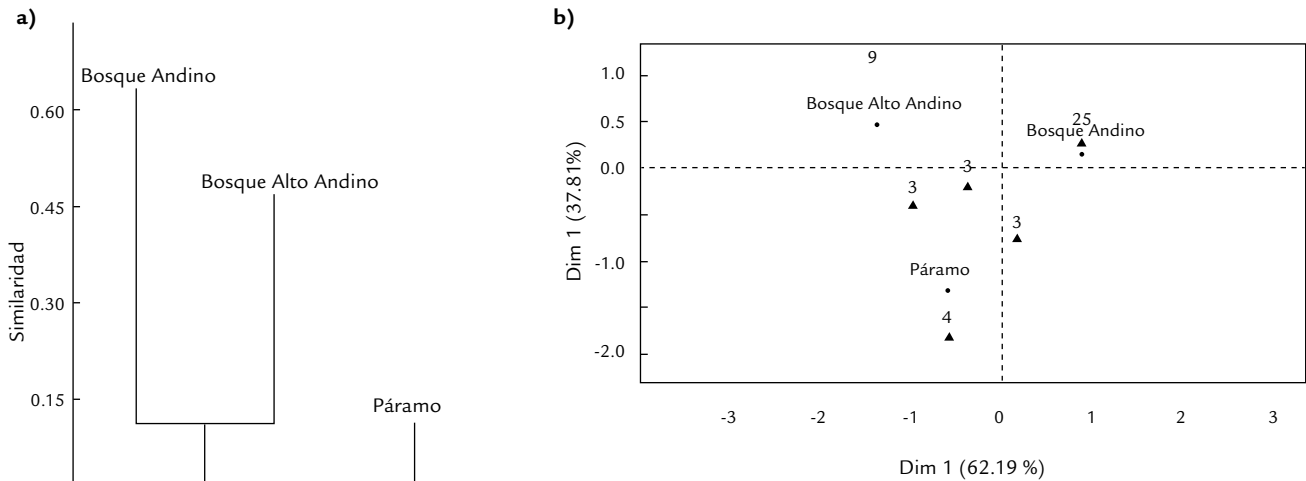


Figura 4 Análisis de Diversidad Beta a) Dendrograma de similitud basado en el índice de Bray-Curtis para los diferentes gradientes altitudinales. b) Análisis de correspondencias para los diferentes gradientes altitudinales.

Jamaicensis (Lehm. & Lindenb) y *Pseudocephalozia quadriloba* se encontraron compartidas en AA y P.

En el análisis de correspondencias (Fig. 4b) se obtuvo el 100 % de la representación de la información donde se definen tres grupos, de los cuales P presenta un agrupamiento separado de las especies y no tan cercano como lo presenta AA y BA; cerca al eje central aparecen las tres especies que se comparten en las tres zonas de estudio, y cerca a estas están las especies compartidas en dos de las tres zonas. AA y BA son el grupo de zonas más cercano y esto permite demostrar y corroborar la similitud entre ellas (Fig. 4a), mientras que P se encuentra a una mayor distancia frente a las otras zonas, evidenciando que esta es disímil.

DISCUSIÓN

La composición presente en el sendero Suasie del PNN Chingaza mostró a las familias Lejeuneaceae y Plagiochilaceae como los taxones de mayor representatividad, de la misma forma que lo exponen para estos ecosistemas Álvaro et al. (2007), Gradstein (2009) y Cacia et al. (2018). La familia Lejeuneaceae presenta una mayor riqueza en el territorio colombiano y más en la región Andina, en la cual representa el 90 % de las especies registradas (Uribe y Gradstein, 1999; Vargas y Morales, 2014; Cacia et al., 2018), debido al alto nivel de especialización fisiológico que presentan (Heinrichs et al., 2007; Wilson et al., 2007); en este estudio Plagiochilaceae tuvo la mayor riqueza, esto se debe al género *Plagiochila* que según Wolf (1993) y Álvaro et al. (2007) es el más rico en especies lo que permite un amplio rango de distribución, se obtuvieron 11 especies de este género, distribuidas en los tres rangos altitudinales, donde *P. bryhnii* y *P. simplex* fueron las únicas especies compartidas en las tres altitudes. Esta familia presenta una pigmentación que varía entre verde a marrón (Gradstein, 2016b) que le

permite ventajas en procesos fisiológicos, desarrollándose en diferentes ambientes, desde húmedos hasta secos (Wolf, 1993). Es importante destacar la presencia de la especie *P. bryhnii* como el primer registro para Cundinamarca a 2900 a 3300 m. s. n. m. (Bernal et al., 2019), se estima que esta especie es de amplia distribución en la región Andina.

Por otro lado, la familia Lejeuneaceae se encontró representada por cinco géneros *Blepharolejeunea*, *Lejeunea*, *Lepidolejeunea*, *Marchesinia*, con un total de siete especies en BA y *Cheilolejeunea* con dos especies en AA y P. La familia Herbertaceae con el género *Herbertus* también estuvo representada en las tres zonas estudiadas, teniendo a *H. grossispinus* como la única especie de este género en estar en los tres gradientes altitudinales, esto permite que estas dos familias también sean consideradas con un amplio rango de distribución y que por lo tanto sean asociadas a condiciones de especies generalistas o de especies con un amplio rango de tolerancia (Bernal et al., 2019).

El registro de *Acrobolbus wilsonii* Ness, es de gran relevancia, dado que esta especie sólo se conocía por una cita de Stephani (1917) sin localidad, de esta manera sería el primer registro con localidad precisa para Colombia a una altura de 2900 m. s. n. m. *Acrobolbus* es un género que en nuestro país tiene una distribución netamente andina (Bernal et al., 2019).

Este estudio abarcó las hepáticas epífitas del sector Suasie, sin embargo, llama la atención la presencia de la especie talosa *Pallavicinia lyellii* una especie de hábito principalmente terrestre, *P. lyellii* fue recolectada en la base del fuste, esto se debe al continuo en la brioflora que se presenta entre el suelo y la primera zona del fuste (a 1m de altura de la base del forófito) ya que las condiciones de humedad, luminosidad y temperatura son muy similares, en este continuo la composición de las especies se comparte

encontrándose elementos típicos de zonas terrestres en la base del fuste o viceversa (Campos et al., 2015).

Estudios realizados por Wolf (2003), Feuillet y Torres (2016) y Cacia et al. (2018) muestran que a 2900 m se presentan mayores valores de riqueza y que a mayor altitud este valor disminuye como se observa en este estudio, que aunque la riqueza no presentó diferencias significativas entre las tres zonas estudiadas, BA obtuvo el mayor valor de riqueza mientras que en P fue el valor más bajo de las tres zonas, y esto podría deberse en como lo muestra Campos et al. (2015) y Cataño et al. (2021), a las condiciones microclimáticas presente en cada una de las zonas y el tipo de cobertura vegetal presente.

Según Campos et al. (2015) la riqueza se muestra en una alta proporción de familias con pocos géneros y pocas especies como se observa en este estudio. *Pseudocephalozia quadriloba* es la única especie con la mayor abundancia la cual estuvo presente en zonas de AA y P, dado que esta especie tiene un buen desarrollo en ambientes descubiertos, como los de Páramo y espacios húmedos, como los de Bosque Alto Andino (Álvaro et al., 2007).

Wolf (2003) evidencia en su estudio patrones de diversidad a lo largo de transectos altitudinales que para rangos entre 2550 y 3190 m. s. n. m. la diversidad de briófitos es mayor, como se demuestra en los resultados, en donde la diversidad alfa de las tres altitudes fue alta y se podría considerar que solo en el sector de Suasie del PNN Chingaza la presencia de hepáticas representa el estado de los ecosistemas del sector.

En la diversidad beta se tiene que P se diferencié de manera significativa frente a BA y AA posiblemente por condiciones de luminosidad, humedad y velocidad del viento (Campos et al., 2015), las cuales pueden afectar de manera estructural y fisiológica las especies presentes en las tres altitudes, sumado a esto están los diferentes tipos de coberturas vegetales que según lo observado permite justificar la relación existente entre Bosque Andino y Bosque Alto Andino, ya que en estos se comparten especies arbóreas totalmente diferentes a las que están presentes en el Páramo.

CONCLUSIONES

La composición en la comunidad varía en el gradiente altitudinal del sector de Suasie del PNN Chingaza, debido a las diferencias en las características microambientales determinadas por la estructura y composición vegetal de cada zona. BA presentó la mayor riqueza de especies, la heterogeneidad del hábitat que presenta este tipo de cobertura, además de la humedad, brindan las condiciones óptimas para el desarrollo de estas plantas de tipo poiquilohídrico. La vegetación influye directamente sobre la distribución de las hepáticas, encontrándose que, de 47 especies registradas en el estudio, solo tres especies son compartidas entre los gradientes con cobertura vegetal diferenciada. Por la distribución de las especies se evidencia

la preferencia de estas por zonas umbrías, es decir, zonas con menos radiación solar y mayor humedad, lo que se relaciona perfectamente con la preferencia de los epífitos a estos tipos de hábitat. La riqueza y la diversidad alfa no presentaron variación en el gradiente altitudinal mientras que, para la diversidad beta, si existe variación teniendo mayor similitud BA con AA, diferenciándose así de P. La zona de páramo exige mayor especialización fisiológica de las especies al tener que sortear cambios bruscos en las condiciones climáticas razón por la que presentan el menor número de especies compartidas con las otras zonas o coberturas.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de La Salle por los espacios para la identificación del material. Al Parque Nacional Natural Chingaza por el permiso para el desarrollo del estudio en el sector de Suasie. Al Dr. Jaime Uribe del Instituto de Ciencias Naturales, por su asesoría y sugerencias en la ejecución del proyecto y al Biólogo David Hernández por su valioso acompañamiento y apoyo fotográfico durante los muestreos.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Álvaro, W. R., Díaz, M. P y Morales, M. E. (2007). Catálogo comentado de las hepáticas del cerro de Mamapacha municipio de Chinavita-Boyacá, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 12(1), 67-85
- Avellaneda, M. A., Torres, R. S., Gómez, A. W. y Pardo, P. M. (2014). Los páramos y bosques altoandinos del pantano de Monquentiva o pantano de Martos (Guatavita, Cundinamarca, Colombia): caracterización ecológica y estado de conservación. *Biota Colombiana*, 15(1), 3-39.
- Barkman, J. J. (1958). *Phytosociology and Ecology of Cryptogamic Epiphytes*. Van Gorcum & Company. N. V., Assen, Netherlands. 1958. Reprinted 1969. Pp. 628. <https://doi.org/10.1017/S0024282971000227>
- Bernal, R., Gradstein, S. R. y Celis, M. (20 de abril de 2020). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia = Catalogue of the plants and lichens of Colombia*. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co/es/>
- Cacia-Toledo, C. F., Serrano-Cardozo, V. H. y Ramírez-Pinilla, M.P. (2018). Composición y distribución de hepáticas (Marchantiophyta) en un intervalo altitudinal en la cordillera Oriental de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 66(2), 559. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33379>

- Campos, L. V., Mota de Oliveira, S., Benavides, J. C., Uribe-M, J. y ter Steege, H. (2019). Vertical distribution and diversity of epiphytic bryophytes in the Colombian Amazon. *Journal of Bryology*, 41(4), 328-340. <https://doi.org/10.1080/03736687.2019.1641898>
- Campos, L.V., ter Steege, H., y Uribe, J. (2015). The epiphytic bryophyte flora of the colombian Amazon. *Caldasia*, 37(1):47. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v37n1.50980>
- Cataño, E. A., Uribe, J. y Campos, L.V. (2021). Briófitos de troncos en descomposición de la estación biológica El Zafire, Amazonas - Colombia. *Acta Biológica Colombiana*; 26(2),214-225. Doi: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v26n2.86245>
- Colwell, R. (5 de mayo 2020) *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Ver 9. User's guide and application.* EstimateS. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/EstimateSPages/EstSUsersGuide/EstimateSUsersGuide.htm>
- Feuillet-Hutado, C. y Torres, A. M. (2016) Hepáticas epífitas: riqueza en un gradiente altitudinal andino, departamento del Cauca, Colombia. *Boletín Científico Museo de Historia Natural*, 20(2), 33-42
- Gil, J. E. y Morales, M. E. (2014) Estratificación vertical de briófitos epífitos de *Quercus humboldtii* (Fagales: Fagaceae) de Boyacá, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 62(2), 719-727.
- Goffinet, B., y Shaw, A. J. (Eds.). (2009). *Bryophyte biology*. (2nd ed). Cambridge University Press.
- González-Maya, J. F., Galindo-Tarazona, R., Urquijo, M. M., Zárate, M. y Parra-Romero, A. (Eds.). (2017). *El oso andino en el Macizo de Chingaza*. Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá D.C. / EAB-ESP, Corporación Autónoma Regional del Guavio - CORPOGUAVIO, Parques Nacionales Naturales de Colombia (Parque Nacional Natural Chingaza, Dirección Territorial Orinoquía) & Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras - ProCATC. <https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wpcontent/uploads/2013/08/ELOsoAndinoenelMacizodeChingaza.pdf>
- Gradstein, S. R. (2009) *Lejeuneaceae: Ptychantheae, Brachiolejeuneae. Nachdr.* New York Botanical Garden.
- Gradstein, S. R. (2016a). A new key to the genera of liverworts of Colombia. *Caldasia*, 38(2), 225. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v38n2.60915>
- Gradstein, S. R. (2016b). The genus *Plagiochila* (Marchantiophyta) in Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(154),104. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.272>
- Gradstein, S. R., Churchill, S. P., y Salazar-Allen, N. (2001). *Guide to the bryophytes of tropical America*. New York Botanical Garden Press.
- Gradstein, S. R. y Uribe-M, J. (2016). Marchantiophyta. En R. Bernal, R. Gradstein, y M. Celis (Ed.). *Catálogo de plantas de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Gradstein, S. R., Uribe-M, J., Gil-N, J. E., Morales, C. y Negritto, M. A. (2018) Liverworts new to Colombia. *Caldasia*, 40(1), 82-90. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v40n1.68077>
- GraphPad. (5 de mayo de 2020). Prism. *GraphPad. Ver 5.01. Prism Guide.* GraphPad. <https://www.graphpad.com/data-analysis-resource-center/#guides>
- Hammer, Ø., y Harper, D. A. T. (15 de abril de 2020). *PAST: Paleontological data analysis. Ver 4.02. Reference manual.* PAST. <https://folk.uio.no/ohammer/past/past4manual.pdf>
- Heinrichs, J., Hentschel, J., Wilson, R., Feldberg, K. y Schneider, H. (2007). Evolution of leafy liverworts (Jungermanniidae, Marchantiophyta): Estimating Divergence Times from Chloroplast DNA Sequences Using Penalized Likelihood with Integrated Fossil Evidence. *Taxon*, 56(1), 31-44.
- Holz, I., y Gradstein, R. S. (2005). Cryptogamic epiphytes in primary and recovering upper montane oak forests of Costa Rica - species richness, community composition and ecology. *Plant Ecology*, 178(1), 89-109. <https://doi.org/10.1007/s11258-004-2496-5>
- Laurance, W. F. (1998). A crisis in the making: responses of Amazonian forests to land use and climate change. *Trends in Ecology & Evolution*, 13(10), 411-5. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(98\)01433-5](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(98)01433-5)
- Madrrián, S. (2012). *Flora ilustrada del páramo Chingaza: guía de campo de plantas comunes*. Ediciones Uniandes.
- Magurran, A. E. y McGill, B. J. (2011). *Biological Diversity frontiers in measurement and assessment*. Oxford University Press.
- Morales, M., Otero, J., van der Hammen, T., Torres, A., Cadena, C. E., Pedraza, C.A., Rodríguez, N., Franco, C. A., Betancourth, J. C., Olaya, E., Posada, E. y Cárdenas, L. (2007). *Atlas de páramos de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Orrego, O. y Uribe, J. (2004). Hepáticas (Marchantiophyta) del departamento del Quindío, Colombia. *Biota Colombiana*, 5(2), 209-216.
- Orrego, O. (2005). Briófitos de Caldas: La Reserva de Planalto. *Boletín Científico- Centro de Museos- Museo de Historia Natural*, 9, 31-50.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNNC). (5 de mayo de 2020). *Parque Nacional Natural Chingaza*. <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/ecoturismo/region-amazonia-y-orinoquia/parque-nacional-natural-chingaza/>
- RStudio. (5 de mayo de 2020). *RStudio: Open source & professional software for data science teams. Ver: 1.1.463.* RStudio. <https://support.rstudio.com/hc/en-us/sections/360005087573-Getting-Started-Guides>
- Santana, E., y Aguirre, J. (1986). Clave preliminar para los géneros y algunas especies de hepáticas en el páramo de Chingaza, Cundinamarca - Colombia. *Caldasia*, 14(68-70), 447-454.

- Sarmiento, C. y León, O. (Ed.). (2015). *Transición bosque-páramo. Bases conceptuales y métodos para su identificación en los Andes colombianos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
- Söderström, L., Hagborg, A., von Konrat, M., Bartholomew-Began, S., Bell, D., Briscoe, L., Brown, E. Cargill, D. C., Pinheiro da Costa, D. Crandall-Stotler, B., Dante Cooper, E., Dauphin, G., Engel, J., Feldberg, K., Glenly, D., Gradstein, S. R., He, X., Heinrichs, J., Hentschel, J., ... Zhu, R. L. (2016). World checklist of hornworts and liverworts. *PhytoKeys*, 59, 1-828. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.59.6261>
- Stephani, F. (1917). Species Hepaticarum. *Genève*, 6
- Uribe, J. y Gradstein, S. R. (1999). Estado del conocimiento de la flora de hepáticas de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 23(87), 315-318.
- Vanderpoorten, A. y Goffinet, B. (2009). *Introduction to Bryophytes*. Cambridge University Press.
- Vargas, O. y Pedraza, P. (2004). *El Parque Nacional Natural Chingaza*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología.
- Vargas, D. L. y Morales-Puentes, M. E. (2014). Hepáticas del Parque Natural Municipal "Robledales de Tipacoque", Boyacá-Colombia. *Universitas Scientiarum*, 19(3), 201-211. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.SC19-3.hpnm>
- Wilson, R., Gradstein, S. R., Schneider, H. y Heinrichs, J. (2007). Unravelling the phylogeny of Lejeuneaceae (Jungermanniopsida): Evidence for four main lineages. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 43(1), 270-82. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2006.10.017>
- Wolf, J. H. D. (1993). Diversity patterns and biomass of epiphytic bryophytes and lichens along an altitudinal gradient in the northern Andes. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 80(4), 928. <https://doi.org/10.2307/2399938>
- Wolf, J. H. D. (1995). Non-vascular epiphyte diversity patterns in the canopy of an upper montane rain forest (2550-3670 m), Central cordillera, Colombia. *Selbyana*, 16(2), 185-195.
- Wolf, J. H. D. (Ed.). (2003). Estudios en ecosistemas tropandinos. *Diversidad y ecología de las comunidades epifíticas en la cordillera Central, Colombia* (Vol. 5, pp. 452-455). Lubrecht & Cramer Ltd.
- Zhang, J., Fu, X-X., Li, R-Q., Zhao, X., Liu, Y., Li, M-H., Zwaenepoel, A., Ma, H., Goffinet, B., Guan, Y-L., Xue, J-Y., Liao, Y-Y., Wang, Q-F., Wang, Q-F., Wang, J-Y., Zhang, G-Q., Wang, Z-W., Jia, Y., Wang, M-Z...Chen, Z-D. (2020). The hornwort genome and early land plant evolution. *Nature Plants*, 6(2), 107-18. <https://doi.org/10.1038/s41477-019-0588-4>