

2020

Diversidad de hepáticas epífitas Marchantiophyta del sector Suasie en el PNN Chingaza

Marco Tulio Estepa Ruiz
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/biologia>



Part of the [Biology Commons](#), and the [Bryology Commons](#)

Citación recomendada

Estepa Ruiz, M. T. (2020). Diversidad de hepáticas epífitas Marchantiophyta del sector Suasie en el PNN Chingaza. Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/biologia/75>

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Departamento de Ciencias Básicas at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Biología by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

DIVERSIDAD DE HEPÁTICAS EPÍFITAS (MARCHANTIOPHYTA) DEL
SECTOR SUASIE EN EL PNN CHINGAZA.

MARCO TULIO ESTEPA RUIZ

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA BIOLOGÍA
BOGOTÁ D.C

2020

DIVERSIDAD DE HEPÁTICAS EPÍFITAS (MARCHANTIOPHYTA) DEL
SECTOR SUASIE EN EL PNN CHINGAZA.

MARCO TULIO ESTEPA RUIZ

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Biólogo

Director (a):

Ph.D Laura Victoria Campos Salazar

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA BIOLOGÍA

2020

NOTA DE ACEPTACIÓN

Director

Jurado 1

Jurado 2

i. Agradecimientos

Agradezco a Dios por bendecirme y guiarme en este proyecto, por ser el apoyo y fortaleza en los momentos de dificultad y debilidad.

Doy gracias a mis padres Marco Julio y Armyn quienes con su apoyo y dedicación incondicional hoy logran que obtenga mi segundo título, gracias por su confianza, amor, entrega y todos los valores y principios que me inculcaron para ser la persona que soy hoy en día.

Agradezco de corazón a mi directora y tutora Laura Victoria, quien en mi vio un gran potencial para llevar a cabo este proyecto y que con su paciencia y amor me guio en cada una de las etapas del desarrollo de esta investigación, también agradezco a los profesores de la Universidad de La Salle del programa de Biología por los conocimientos impartidos a lo largo de mi formación como Biólogo. De manera especial agradezco al Doctor Jaime Uribe y a la profesora Martha Tatiana Pamela Jiménez quienes me colaboraron en apartes del desarrollo del proyecto.

Finalmente al núcleo de investigaciones del Parque Nacional Natural Chingaza por permitirnos hacer el estudio en el sector de Suasie, por medio de la elaboración y ejecución del aval institucional. Y a David Hernández investigador de PNN por su acompañamiento y registros fotográficos en los momentos de muestreo.

ii. Dedicatoria

Este nuevo logro lo dedico a Dios, a mis padres y hermanos y a todos mis familiares y amigos quienes vieron mi crecimiento y me brindaron, en algún momento, su apoyo incondicional para motivarme a continuar y seguir alcanzado mis metas.

Contenido

Resumen.....	1
1. Introducción	3
2. Materiales y Métodos	5
2.1 Área de estudio.	5
2.2 Toma de muestras.	6
2.3 Análisis de datos	8
3. Resultados	9
3.1 Composición	9
3.2 Riqueza	14
3.3 Abundancia	15
3.4 Diversidad alfa.....	17
3.5 Diversidad beta	18
4. Discusión.....	20
5. Conclusiones	23
6. Literatura Citada.....	24

Lista de figuras

Figura 1 Mapa del área de estudio, mostrando las zonas de muestreo (1 Zona Andina, 2 Zona Alto Andina, 3 Zona de Páramo) en el sector de Suasie del Parque Nacional Natural Chingaza	6
Figura 2 Levantamiento esquemático de 2x50 m por cada localidad teniendo en cuenta la variación altitudinal.	6
Figura 3 Coberturas vegetales del area de estudio. A. Bosque Andino, B, Bosque Alto Andino y C, Páramo.	7
Figura 4 Análisis de la composición de Hepáticas por el porcentaje de géneros más representativos en el área de estudio.	11
Figura 5 Géneros de hepáticas representativo en el sector de Suasie del PNN Chingaza. A) Plagiochila, B) Frullania, C) Herbertus, D) Bazzania, E) Lejeunea y F) Riccardia.	12
Figura 6 Comparación de la composición de Marchantiophyta entre los rangos altitudinales. A. Distribución de familias en órdenes. B. Distribución de las especies en géneros.	13
Figura 7 Curva de acumulación de especies de los datos colectados en tres transectos según gradiente altitudinal.	15
Figura 8 Curvas rango-abundancia de las especies de hepáticas presentes en tres gradientes altitudinales distintos.	16
Figura 9 Dendograma de similitud basado en el índice de Bray-Curtis para los diferentes gradientes altitudinales.	19
Figura 10 Análisis de correspondencias para los diferentes gradientes altitudinales.	20

Lista de tablas.

Tabla 1 Tabla de composición de Hepáticas en el sector Suasie del PNN Chingaza, distribución taxonómica según especie, género y familia, y por zona de muestreo (ZM).	9
Tabla 2 Índices de diversidad α para los diferentes gradientes altitudinales.	17
Tabla 3 Índice cualitativo Bray-Curtis de diversidad β para los diferentes gradientes altitudinales.....	19

Manuscrito en preparación para publicación en la revista Caldasia

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-R. Programa de Biología. Universidad de La Salle.
mestepa50@unisalle.edu.co

Resumen

Los briofitos componen 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 730 especies de Marchantiophyta (hepáticas), presentando su mayor riqueza en la región Andina, por tal motivo el estudio se realizó en el Parque Nacional Natural Chingaza, en el sector de Suasie y 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 tomaron tres transectos de 2x50 m en un gradiente altitudinal de 200 m, en cada transecto se muestrearon las hepáticas presentes de cuatro forófitos (árboles y arbustos), escogidos al azar. Las muestras colectadas 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, esto basado no solo en los índices estimados sino también en la asociación con la cobertura vegetal de cada sitio de muestreo. Estos resultados soportan así, la alta diversidad

de briófitos del sector de Suasie del PNN Chingaza, lo que contribuye con los procesos de investigación en cuanto a conservación y restauración del parque.

Palabras Clave: Marchantiophyta, epífitos, gradiente altitudinal, diversidad, PNN Chingaza

Abstract

The bryophytes make up 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 services. In Colombia there is an approximate record of 730 species of Marchantiophyta (liver), presenting their greatest wealth in the Andean region, for this reason the study was carried out in the Chingaza National Natural Park, in the Suasie sector and given its ecological importance and 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 PNN Chingaza. For this, three 2x50 m transects were taken in an altitude gradient of 200 m, in each transect the liverworts present from four phorophytes (trees and shrubs), chosen at random, were sampled. The samples collected were identified for analysis of composition and diversity of the community. As a result, it was possible to show the variation in the composition and abundance of liverworts along the gradient, this based not only on the estimated indices but also on the association with the vegetation cover of each sampling site. These results thus support the high diversity of bryophytes in the Suasie sector of the PNN Chingaza, which contributes to the research processes regarding conservation and restoration of the park.

Key Words: Marchantiophyta, epiphytes, altitudinal gradient, diversity, Chingaza PNN

1. Introducción

Las plantas pertenecientes a la división Marchantiophyta, también conocidas como hepáticas, pertenecen al grupo monofilético Bryophyta (Zhang *et al.* 2020), son un grupo de plantas terrestres no vasculares ubicadas en el clado basal de las Embriophytas, son de 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), en Colombia se han registrado 730 especies, la región Andina presenta la mayor riqueza con 122 géneros distribuidos en siete ordenes (Uribe 1997, Vasco *et al.* 2002 y Gradstein *et al.* 2018).

Las hepáticas juegan un rol 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 y Vanderpoorten y Goffinet 2009). Además, tienen la capacidad de almacenar y fijar grandes cantidades de CO₂ (Goffinet y Shaw 2009). De la interacción que tienen las hepáticas con otros organismos como líquenes y hongos, se generan servicios ecosistémicos importantes como la formación de suelo, 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 tipo epífita, es decir, que se desarrollan sobre una planta hospedera o forófito (Barkman 1958 y Wolf 2003). 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) y por otro lado, la fragmentación de los bosques, lo que 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 2003, Feuillet y Torres 2016 y Cauca *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 registra un estudio florístico de este grupo, el cual arrojó poca representatividad de la diversidad que este lugar en realidad alberga (Madriñan 2010).

El sector Suasie en el PNN Chingaza presenta 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 (Colombia P.N c2015). La presente 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 de evaluar la variación de la diversidad entre gradientes altitudinales, asociados a diferentes coberturas vegetales.

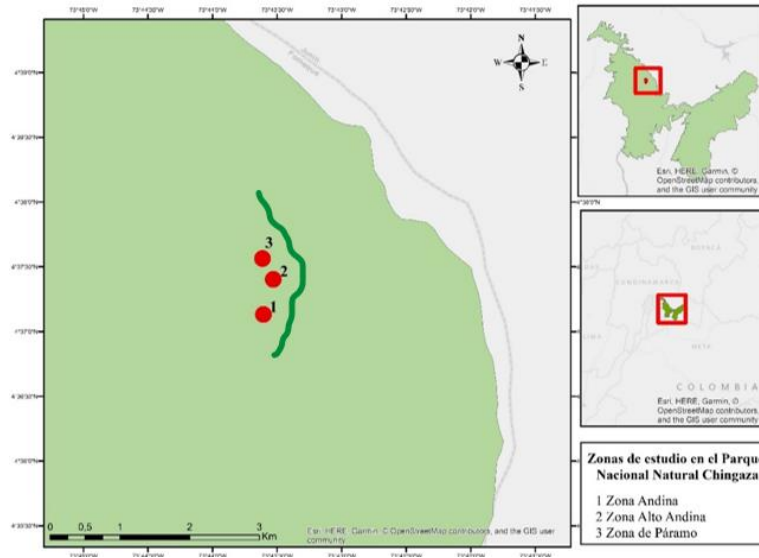
2. Materiales y Métodos

2.1 Área de estudio.

El estudio se realizó en el Parque Nacional Natural Chingaza, el cual se encuentra ubicado en la cordillera oriental, en el rango altitudinal que va desde 800 hasta 4020 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, el de 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, brindando así un gran servicio ambiental (Colombia P.N c2015).

Los muestreos se hicieron en el sector Suasie, ubicado en el municipio de Fómeque - Cundinamarca (Figura 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 4.022 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 principalmente se encuentra representada por angiospermas donde la familia con mayor diversidad es Asteraceae seguido de Melastomataceae, Bromeliaceae y Ericaceae (Vargas y Pedraza 2004).

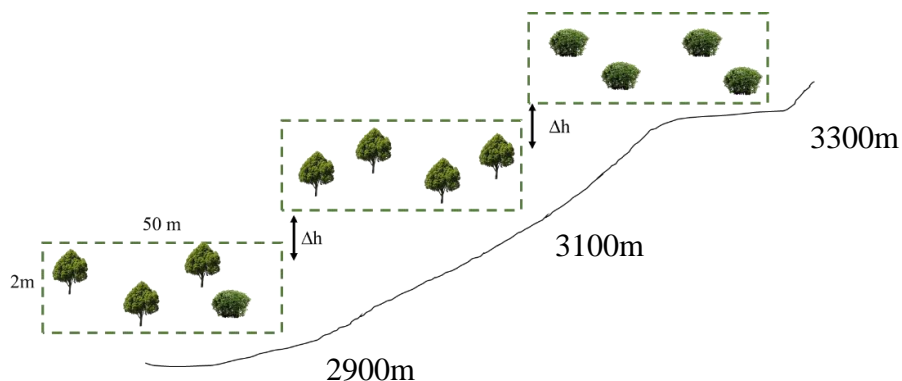
Figura 1 Mapa del área de estudio, mostrando las zonas de muestreo (1 Zona Andina, 2 Zona Alto Andina, 3 Zona de Páramo) en el sector de Suasie del Parque Nacional Natural Chingaza



2.2 Toma de muestras.

Para la colecta de hepáticas epifitas, se tuvo en consideración 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 con diferentes coberturas vegetales. En cada uno de los sitios de muestreo se escogieron al azar cuatro fustes de diferentes forófitos (Figura 2), las muestras fueron colectadas de manera oportunística.

Figura 2 Levantamiento esquemático de 2x50 m por cada localidad teniendo en cuenta la variación altitudinal.



Las coberturas vegetales tenidas en cuenta durante el estudio correspondieron a bosque andino, altoandino y páramo. A continuación se presenta una breve descripción de cada una:

1) Bosque Andino ubicado a una altura de 2900 m, caracterizado por vegetación arbórea y arbustiva, abundantes claros de bosque asociados a un cuerpo de agua y zonas de interacción antropogénica, lo cual permite mayor incidencia de luz; **2) Bosque Alto Andino** ubicado a una altura de 3100 m, caracterizado por vegetación arbórea y arbustiva, en esta zona es evidente una estratificación del bosque, desde un estrato rasante hasta dosel, evitando el ingreso directo de radiación solar y **3) Páramo** a 3300 m, caracterizado por vegetación achaparrada, arbustos y matorrales de especies nativas típicas de páramo (Figura 3).

Figura 3 Coberturas vegetales del area de estudio. A. Bosque Andino, B, Bosque Alto Andino y C, Páramo.



Los ejemplares fueron procesados en los laboratorios de la Universidad de La Salle siguiendo las técnicas establecidas para las colecciones de briofitos (Gradstein *et al.* 2001). La identificación a especie de los ejemplares colectados se realizó siguiendo las claves para géneros de hepáticas de Gradstein *et al.* (2001) y Gradstein (2016a) y otras claves específicas para cada uno de los géneros. Los ejemplares colectados fueron depositados en la colección del Museo La Salle. La nomenclatura empleada fue basada en el Catálogo de plantas de Colombia (Gradstein y Uribe 2016).

2.3 Análisis de datos

Para el análisis de riqueza se tuvo en cuenta el número de especies de hepáticas encontradas, a partir de esta información se realizó una curva de acumulación de especies con el software EstimateS (Colwell 2013) utilizando los estimadores no paramétricos de ACE y Chao 1 y se graficó en Graphpad Prism 5 (GraphPad Prism c2019). En el análisis de abundancia se tuvo en cuenta el registro del muestreo oportunistico, se realizó un tratamiento con logaritmos en Excel (Microsoft E 2019), y con Graphpad Prism 5 se realizaron curvas de rango-abundancia.

Para el análisis de diversidad alfa, los datos se llevaron al software Past (Hammer 2006) donde se calcularon los índices de diversidad de Simpson (1-D), Dominancia (D), Shannon-Weiner (H') y Equitatividad (J'). Para la diversidad beta se estimó con un análisis de similitud, para ello se elaboró un dendrograma y una matriz pareada, teniendo en cuenta el índice de Bray-Curtis, y se realizó un CA (análisis de correspondencia por sus siglas en ingles), estos procedimientos se llevaron a cabo con la implementación del software Past y RStudio (RStudio c2015) respectivamente.

3. Resultados

3.1 Composición

De 12 forófitos evaluados en tres sitios de muestreo a diferente rango altitudinal y cobertura vegetal 100 registros de hepáticas fueron muestreadas. El inventario presenta 47 especies de hepáticas, pertenecientes a 21 géneros y 15 familias (Tabla 1). La flora de hepáticas fue dominada por la familia Plagiochilaceae (22.2%), seguida por la familia Lepidoziaceae (20.0%), sólo cinco especies talosas fueron registradas, pertenecientes a los géneros *Riccardia*, *Metzgeria* y *Pallavicinia*.

Tabla 1 Tabla de composición de Hepáticas en el sector Suasie del PNN Chingaza, distribución taxonómica según especie, género y familia, y por zona de muestreo (ZM).

*A: Andino, AA: Alto Andino y P: Páramo.

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	Z M
Acrobolbaceae E.A. Hodgs.	<i>Acrobolbus</i> Nees	<i>A. wilsonii</i> Nees.	A
Cephaloziellaceae Douin	<i>Kymatocalyx</i> Herzog	<i>K. dominicensis</i> (Spruce) Váña.	A, P
Herbertaceae Müll. Frib.	<i>Herbertus</i> Gray	<i>H. acanthelius</i> Spruce.	A
		<i>H. bivittatus</i> Spruce.	AA
		<i>H. grossispinus</i> Fulford.	A, AA, P
		<i>H. juniperoideus</i> (Sw.) Grolle.	P
Lepicoleaceae R.M. Schust.	<i>Lepicolea</i> R.M. Schust.	<i>L. pruinosa</i> (Taylor) Spruce.	AA
		<i>L. ramentifissa</i> Herzog	AA, P
Lepidoziaceae Limpr.	<i>Bazzania</i> Nakai	<i>B. hookeri</i> (Lindenb.) Trevis.	AA
		<i>B. jamaicensis</i> (Lehm. & Lindenb.) Trevis.	AA, P
	<i>Lepidozia</i> (Dumort.) Dumort.	<i>L. brasiliensis</i> Steph.	A
	<i>Pseudocephalozia</i> R.M. Schust.	<i>P. quadriloba</i> (Steph.) R.M.Schust.	AA, P
Lophocoleaceae Müll. Frib.	<i>Leptoscyphus</i> Mitt.	<i>L. intermedius</i> Grolle.	A
Plagiochilaceae Müll. Frib.	<i>Plagiochila</i> (Dumort.) Dumort.	<i>P. adianthoides</i> (Sw.) Lindenb.	P

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	Z M
		<i>P. bryhnii</i> Steph.	A, AA, P
		<i>P. exigua</i> (Taylor) Taylor.	A
		<i>P. fuscolutea</i> Taylor.	A
		<i>P. heteromalla</i> (Lehm. & Lindenb.) Lindenb.	A
		<i>P. heterophylla</i> Lehm.	A
		<i>P. ovata</i> Lindenb.	AA
		<i>P. pachyloma</i> Taylor.	AA
		<i>P. papillifolia</i> Steph.	A
		<i>P. simplex</i> (Sw.) Lindenb.	A, AA, P
		<i>P. turgida</i> Herzog.	A
Scapaniaceae Mig.	<i>Scapania</i> Mig.	<i>S. portoricensis</i> Hampe & Gottsche.	AA
Trichocoleaceae Nakai	<i>Trichocolea</i> Dumort.	<i>Trichocolea</i> sp.	A, P
Aneuraceae H. Klinggr.	<i>Riccardia</i> Gray	<i>R. capillacea</i> (Steph.) Meenks & C.De Jong.	AA
Metzgeriaceae H. Klinggr.	<i>Metzgeria</i> Raddi	<i>M. cleefii</i> Kuwah.	AA
		<i>M. consanguinea</i> Schiffn.	A
		<i>M. leptoneura</i> Spruce.	A
Pallaviciniaceae Mig.	<i>Pallavicinia</i> Gray	<i>P. lyellii</i> (Hook.) Gray.	P
Frullaniaceae Lorch	<i>Frullania</i> Raddi	<i>F. brasiliensis</i> Raddi.	A, P
		<i>F. densifolia</i> Steph.	A
		<i>F. ecklonii</i> (Spreng.) Spreng.	A
		<i>F. lobatohastata</i> Steph.	A
		<i>F. pittieri</i> Steph.	A
		<i>F. riojaneirensis</i> (Raddi) Spruce.	A
Lejeuneaceae Cavers	<i>Blepharolejeunea</i> S.W. Arnell	<i>B. securifolia</i> (Steph.) R.M.Schust.	A
	<i>Cheilolejeunea</i> (Spruce) Steph.	<i>C. fragrantissima</i> (Spruce) R.M.Schust.	P
		<i>C. revoluta</i> (Herzog) Gradst. & Grolle.	AA
	<i>Lejeunea</i> Lib.	<i>L. debilis</i> (Lehm. & Lindenb.) Nees & Mont.	A
		<i>L. elongella</i> Gottsche.	A

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	Z M
		<i>L. inflexiloba</i> J.B.Jack & Steph.	A
	<i>Lepidolejeunea</i> R.M. Schust.	<i>L. involuta</i> (Gottsche) Grolle.	A
		<i>L. sullivantii</i> (Gottsche) M.E.Reiner.	A
	<i>Marchesinia</i> Gray	<i>M. brachiata</i> (Sw.) Schiffn.	A
Radulaceae Müll. Frib.	<i>Radula</i> Dumort.	<i>R. voluta</i> Taylor.	A

El género más representativo en el área de estudio fue *Plagiochila* con el 22.2% de especies seguido por *Pseudocephalozia* con el 13.3%, *Frullania* con el 10.0%, *Herbertus* con el 7.8% y *Bazzania* y *Scapania* con el 5.6% de especies (Figura 4 y Figura 5). Los géneros con mayor representatividad hacen parte de las familias Plagiochilaceae y Lepidoziaceae, las cuales representan el 42.2% de las especies colectadas

Figura 4 Análisis de la composición de Hepáticas por el porcentaje de géneros más representativos en el área de estudio.

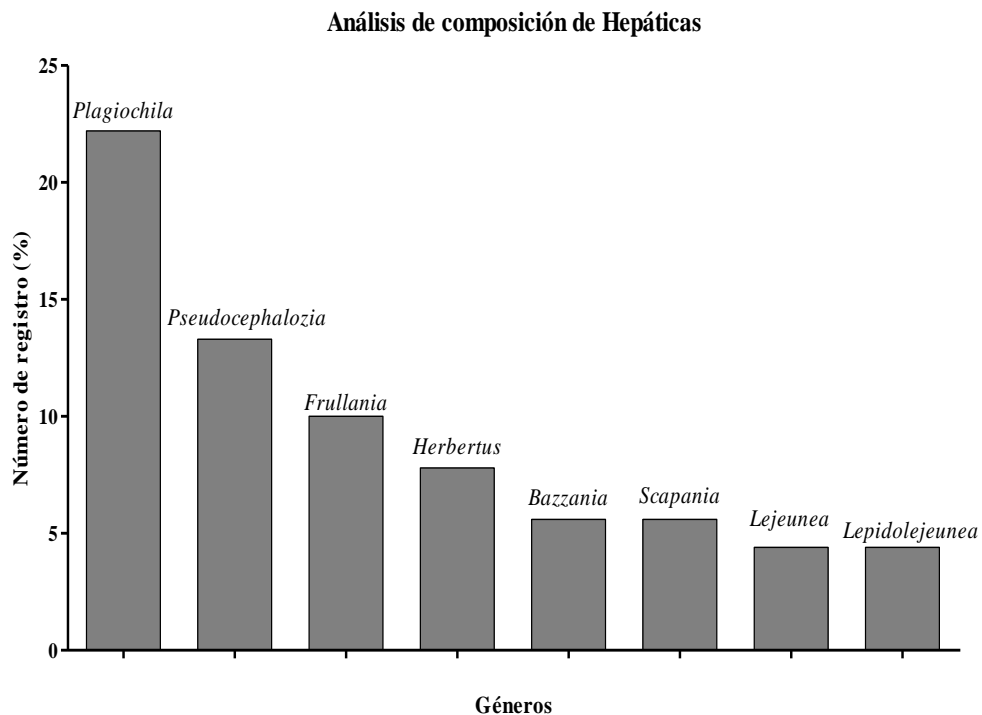
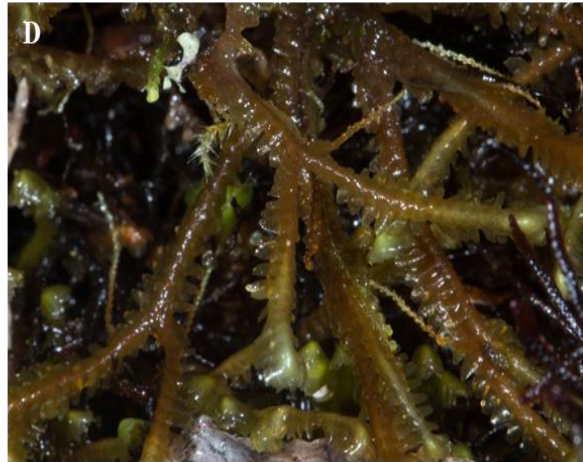
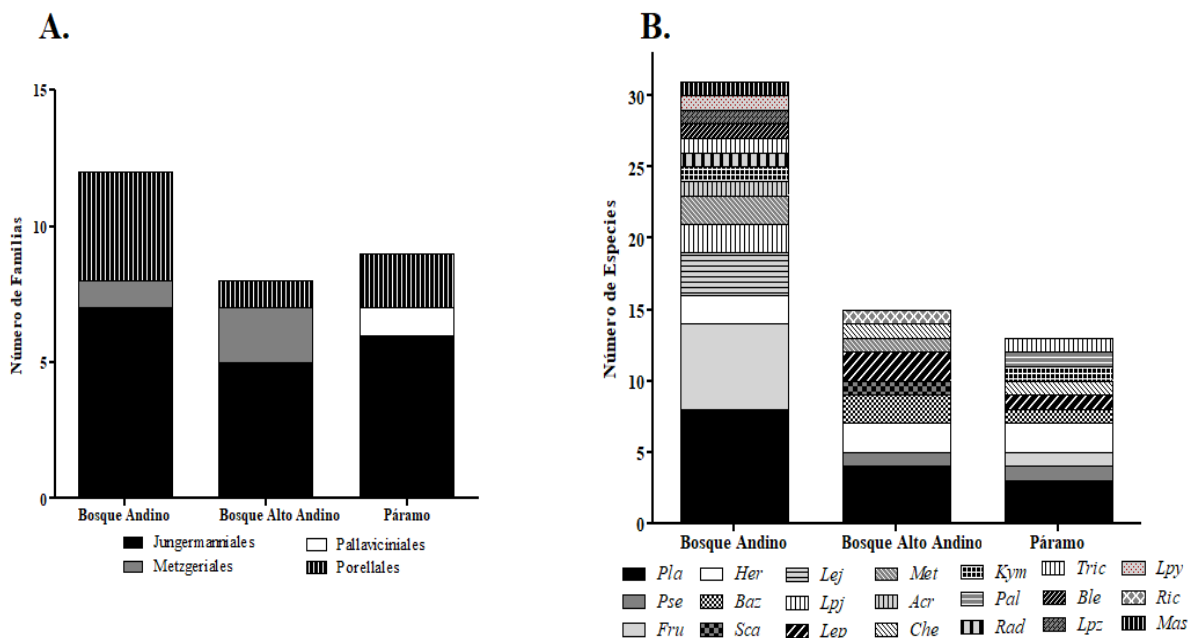


Figura 5 Géneros de hepáticas representativo en el sector de Suasie del PNN Chingaza. A) *Plagiochila*, B) *Frullania*, C) *Herbertus*, D) *Bazzania*, E) *Lejeunea* y F) *Riccardia*.



Al estudiar la composición de la comunidad de hepáticas en las tres diferentes altitudes, se encontraron diferencias entre ellas. Para la zona Andina, zona con mayor número de representantes, se encontraron tres órdenes y 12 familias (Figura 6 A), el orden de los Jungermanniales contó con un total de siete familias, seguido del orden Porellales con cuatro familias y el orden Metzgeriales con una sola familia. En cuanto a la representación de especies por géneros en esta zona, se encontraron 31 especies distribuidas en 14 géneros (Figura 6 B), los géneros más representativos encontrados fueron *Plagiochila* con ocho especies, *Frullania* con seis especies, *Lejeunea* con tres especies y *Herbertus*, *Lepidolejeunea* y *Metzgeria* con dos especies. Los géneros *Lejeunea*, *Lepidolejeunea*, *Acrobolbus*, *Radula*, *Blepharolejeunea*, *Lepidozia*, *Leptoscyphus*, *Marchesinia* fueron reportados únicamente para el Bosque Andino.

Figura 6 Comparación de la composición de Marchantiophyta entre los rangos altitudinales. A. Distribución de familias en órdenes. B. Distribución de las especies en géneros.



Para la zona Alto Andina se encontraron tres órdenes y ocho familias (Figura 6 A), el orden Jungermanniales contó con un total de cinco familias, seguido del orden Metzgeriales

con dos familias y finalmente el orden Porellales con una familia. Para la representación de especies en géneros de esta zona se encontraron 15 especies distribuidas en nueve géneros (Figura 6 B), los géneros más representativos fueron *Plagiochila* con cuatro especies y *Herbertus*, *Lepicolea* y *Bazzania* con dos especies. Los géneros *Scapania* y *Riccardia* fueron reportados únicamente en para esta zona de muestreo.

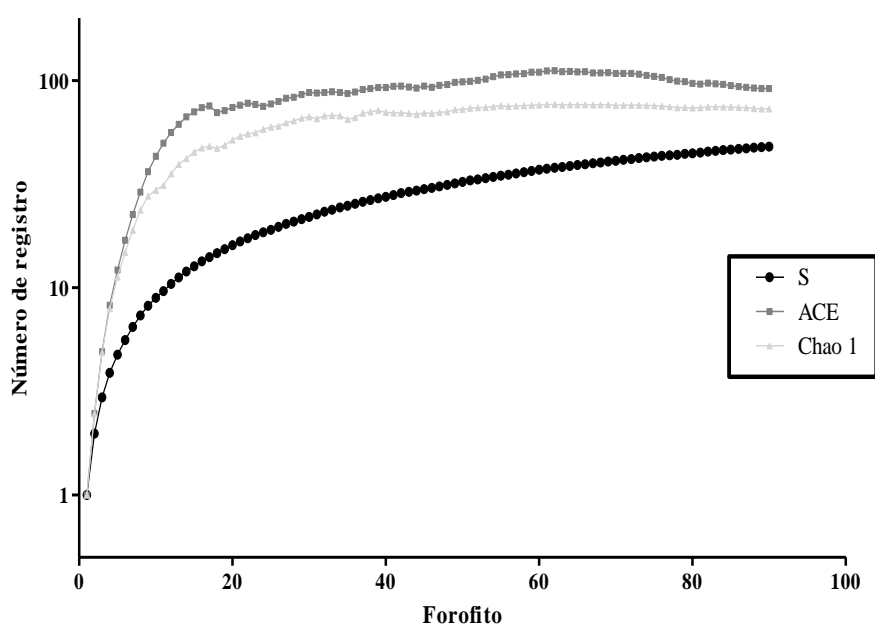
Para la zona de muestreo de Páramo se encontraron tres órdenes y nueve familias (Figura 6 A), el orden Jungermanniales contó con un total de seis familias, seguido del orden Porellales con dos familias y el orden Pallaviciniales con una familia. Para la representación de especies en géneros de esta zona se encontraron 13 especies distribuidos en diez géneros (Figura 6 B), los géneros más representativos fueron *Plagiochila* con tres especies y *Herbertus* con dos especies. El género *Pallavicinia* fue reportado únicamente para esta zona de muestreo. En general los órdenes presentes en las tres zonas muestreadas fueron Jungermanniales y Porellales contando con una o más familias, y solo los géneros *Plagiochila* y *Herbertus* se encontraron en las tres zonas, mientras que los géneros *Bazzania*, *Cheilolejeunea*, *Frullania*, *Kymatocalyx*, *Lepicolea*, *Metzgeria*, *Pseudocephalozia* y *Trichocolea* se encontraron en dos de las tres zonas muestreadas.

3.2 Riqueza

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 el Bosque Andino se encontraron 31 especies, siendo esta zona la de mayor riqueza en el estudio, seguida por el Bosque Alto Andino el cual contó con un total de 15 especies y la zona de Páramo con 13 especies (Figura 6 B).

La curva de acumulación de especies y los estimadores no paramétricos calculados para el estudio en general presentaron un comportamiento asintótico, evidenciando que el registro de especies de hepáticas tomadas en el área de estudio se aproxima a la comunidad existente en el sector de Suasie en el PNN Chingaza (Figura 7). Teniendo en cuenta los estimadores no paramétricos se determinó el índice de representatividad, que indica la relación de la riqueza observada (S) y la estimada. Con el estimador Chao 1 se obtuvo una representatividad del 72.92% de las especies observadas y para ACE se obtuvo un porcentaje de cobertura basado en la incidencia del 91.43%.

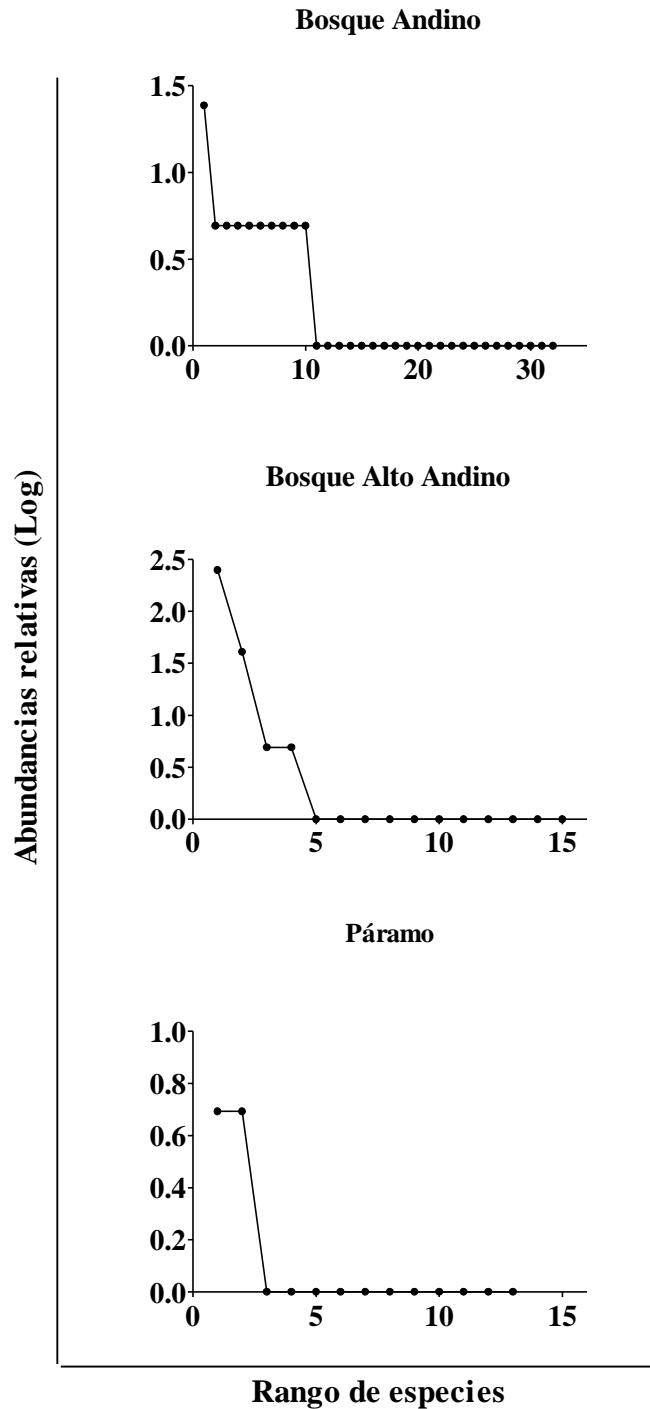
Figura 7 Curva de acumulación de especies de los datos colectados en tres transectos según gradiente altitudinal.



3.3 Abundancia

La abundancia fue tomada a partir de la incidencia de los especímenes en cada uno de los forófitos en los tres transectos establecidos para los diferentes gradientes altitudes, obteniendo un total de 100 registros. Basados en el análisis estadístico, se pudo establecer diferencia significativa en la abundancia (Kruskal-Wallis ($p=6.933e-05$)).

Figura 8 Curvas rango-abundancia de las especies de hepáticas presentes en tres gradientes altitudinales distintos.



El Bosque Andino presentó el mayor registro de abundancias con 32 especies distribuidas en 44 registros, *P. simplex* con 4 registros seguida de *A. wilsonii*, *F. ecklonii*, *F.*

riojaneirensis, *H. grossispinus*, *L. debilis*, *L. involuta*, *L. sullivanii*, *P. exigua* y *R. voluta* con 2 registros cada una, en el Bosque Alto Andino se registraron 15 especies distribuidas en 31 registros con *P. quadriloba* con 11 registros seguida de *S. portoricensis* con 5 registros y *B. hookeri* y *B. jamaicensis* con 2 registros respectivamente, en el Páramo se registraron 13 especies distribuidas en 15 registros con *P. lyellii* y *P. simplex* con 2 registros siendo las más abundantes de la zona (Figura 8). De las tres zonas el Bosque Alto Andino obtuvo mayor abundancia dado que con pocas especies se contó con un elevado registro de individuos.

3.4 Diversidad alfa

Mediante la estimación de los índices de diversidad de Simpson, Shannon-Weiner, Dominancia y Equitatividad (Tabla 2) se obtuvo un valor alto para el índice de dominancia de Simpson en las tres zonas, donde valores cercanos a la unidad presentan una diversidad mayor y valores cercanos a 0 presentan una gran dominancia y menor diversidad, para Bosque Andino ($1-D= 0.961$) se presentó el mayor valor del índice, seguido del Páramo y finalmente Bosque Alto Andino; y para el índice de Dominancia, donde valores cercano a la unidad presentan mayor dominancia y menor diversidad y valores cercanos a 0 una mayor diversidad, en Bosque Andino se obtuvo ($D= 0.038$) el mayor valor de diversidad, seguido por el Páramo y finalmente Bosque Alto Andino.

Tabla 2 Índices de diversidad α para los diferentes gradientes altitudinales.

Índices	Bosque Andino	Bosque Alto Andino	Páramo
Simpson (1-D)	0.961	0.828	0.915
Shannon-Weiner (H')	3.375	2.234	2.523
Dominancia (D)	0.038	0.171	0.084
Equitatividad (J')	0.973	0.825	0.983

Para el índice de Shannon-Weiner que nos habla de 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 se obtuvo que para Bosque Andino ($H' = 3.375$) una alta diversidad de especies, mientras que para Bosque Alto Andino y en Páramo una uniformidad normal.

Para la Equitatividad que 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, se obtiene entonces que las tres zonas tanto Bosque Andino, Bosque Alto Andino y Páramo presentan especies muy similares en cuanto a la abundancia.

3.5 Diversidad beta

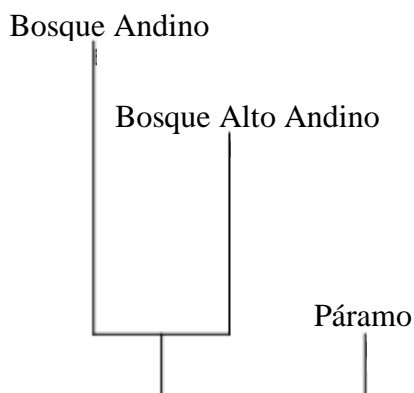
Para la determinación de la diversidad beta se empleó el índice de Bray-Curtis (Tabla 3), este índice calcula la disimilitud entre dos zonas distintas, valores cercanos a 0 significan que dos lugares tienen la misma composición y valores cercanos a 1 los sitios no presentan especies compartidas, entre Bosque Andino y Bosque Alto Andino el índice fue de 0.128 y entre Bosque Andino y Páramo el índice fue de 0.267, los valores obtenidos permiten establecer que dichas “parejas” presentan mayor similitud en su composición, mientras que entre Páramo y Bosque Alto Andino el índice fue de 0.429, lo que indica un valor intermedio cercano a 0,5 evidenciando menor similitud en su composición.

Tabla 3 Índice cualitativo Bray-Curtis de diversidad β para los diferentes gradientes altitudinales.

	Bosque Andino	Bosque Alto Andino	Páramo
Bosque Andino	1		
Bosque Alto Andino	0.128	1	
Páramo	0.267	0.429	1

El dendrograma de similitud agrupó al Bosque Alto Andino y al Bosque Andino, ratificando lo obtenido por el índice de Bray-Curtis dando así la categoría de grupos con composición más similar, el Páramo se comporta como un grupo aislado dado que presenta una composición disímil frente al Bosque Andino y Bosque Alto Andino (Figura 9). Solo las especies de *H. grossispinus*, *P. bryhnii* y *P. simplex* se encontraron en las tres zonas muestreadas, siendo así especies compartidas en el estudio, las especies *K. dominicensis*, *Trichocolea* sp, *F. brasiliensis* se encontraron compartidas en el Bosque Andino y Páramo y *L. ramentifissa*, *B. jamaicensis*, *P. quadriloba* se encontraron compartidas en Bosque Alto Andino y Páramo (Figura 10).

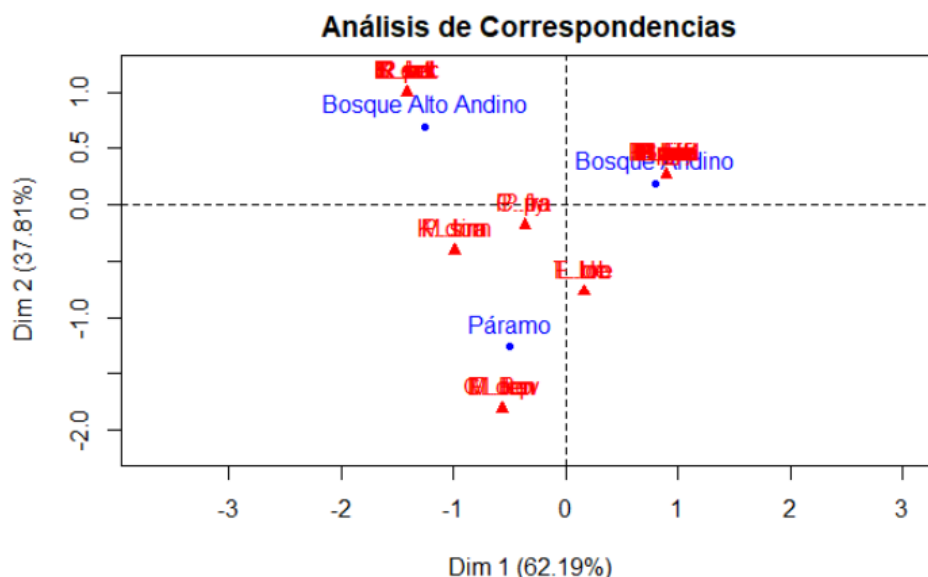
Figura 9 Dendrograma de similitud basado en el índice de Bray-Curtis para los diferentes gradientes altitudinales.



En el análisis de correspondencias (Figura 10) se obtuvo el 100% de la representación de la información evidenciándose tres grupos definidos de los cuales el grupo de Páramo

presenta un agrupamiento de las especies no tan cercano como lo presenta Bosque Alto Andino y Bosque Andino, cerca al eje central aparecen las tres especies que se comparten en las tres zonas de estudio, y cerca a estas se aprecian las especies compartidas en dos de las tres zonas. El Bosque Alto Andino y el Bosque Andino presentan una cercanía entre ellos demostrando y corroborando la similitud entre ellas (Figura 9), mientras que el Páramo se encuentra a una mayor distancia, demostrando la disimilitud frente a las otras dos zonas.

Figura 10 Análisis de correspondencias para los diferentes gradientes altitudinales.



4. Discusión

La composición presente en el sendero Suasie del PNN Chingaza mostró a las familias Plagiochilaceae y Lejeuneaceae como las familias de mayor representatividad como lo exponen para estos ecosistemas Gradstein (1994), Álvaro *et al.* (2007) y Cauca *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 y Cauca *et al.* 2018), esto debido al alto nivel de especialización fisiológico que presentan (Heinrichs *et al.* 2007 y 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 presentando un amplio rango de distribución, en este estudio se registraron 11 especies de este género, distribuidas en los tres rangos altitudinales, *P. brhynii* y *P. simplex* fueron las únicas especies compartidas en las tres altitudes. Además, esta familia presenta una ventaja, la pigmentación que varía entre verde a marrón (Gradstein 2016b) ayudándole en procesos fisiológicos, desarrollándose en diferentes ambientes, desde húmedos hasta secos. Es importante destacar la presencia de la especie *Plagiochila brhynii* Steph. como el primer registro para Cundinamarca, *P. brhynii* sólo se tenía registrada para los departamentos de Santander y Valle (Bernal *et al.* 2019) entre los 1950 y 2600 m, aunque por los registros obtenidos en este estudio entre los 2900 y los 3300 m, se estima que esta especie sea de amplia distribución en la región Andina.

Por otro lado, la familia Lejeuneaceae se encontró representada por 5 géneros *Blepharolejeunea*, *Lejeunea*, *Lepidolejeunea*, *Marchesinia* los cuales contaron con un total de 7 especies que se encontraron en el Bosque Andino y *Cheilolejeunea* que contó con 2 especies distribuidas en el Bosque Alto Andino y Páramo y la familia Herbertaceae con el género *Herbertus* también se presentó en las 3 zonas estudiadas teniendo a *H. grossispinus* con presencia en los tres gradientes altitudinales, demostrando que estas dos familias también cuentan con un amplio rango de distribución, asociado a su condición de especies generalistas o de especies con un amplio rango de tolerancia, esto asociado a condiciones ambientales como humedad, temperatura y luminosidad.

El registro de *Acrobolbus wilsonii* Nees, 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. *Acrobolbus* es un género que en nuestro país

tiene una distribución netamente andina, lo cual concuerda con el registro obtenido de *A. wilsonii*, el cual se registra para los 2900 m en el Bosque Andino.

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 colectada 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 Cauca *et al.* (2018) muestran que en rangos altitudinales cercanos a los 2900 m se presentan mayores valores de riqueza y a rangos superiores este valor va disminuyendo como se observa en este estudio, que aunque la riqueza no presentó diferencias significativas entre las tres zonas estudiadas, el Bosque Andino presentó el mayor valor de riqueza mientras que para Páramo este parámetro presentó el valor más bajo de las tres zonas, y esto podría deberse a las condiciones microclimáticas presente en cada una de las diferentes zonas considerando también el tipo de cobertura vegetal presente (Campos *et al.* 2015 y Cataño 2018).

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

Las medidas de diversidad mostraron que en las tres diferentes altitudes se presentan valores altos de diversidad alfa, mostrando que solo en el sector de Suasie del PNN Chingaza la presencia de hepáticas es fundamental y representa el estado de los ecosistemas presentes en el sector, Wolf (2003) en su estudio habla de patrones de diversidad a lo largo de transectos altitudinales en donde encontró que para rangos entre 2550 m y 3190 m la diversidad de briofitas es mayor, como se demuestra en este estudio. En la diversidad beta se tiene que el Páramo se diferenció de manera significativa frente a el Bosque Andino y Bosque Alto Andino 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 de Páramo.

5. 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. El Bosque Andino 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.

Los patrones de vegetación influyen directamente sobre la distribución de las hepáticas, encontrándose que, de 47 especies registradas en el estudio, solo 3 especies son compartidas entre las zonas de estudio 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 epifitos 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 diferencias entre los gradientes, teniendo mayor similitud del Bosque Andino con el Bosque Alto Andino, diferenciándose así del Páramo. 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.

6. Literatura Citada

- Álvaro R, Díaz M, y Morales M. (2007). Catálogo comentado de las hepáticas del cerro de Mamapacha, municipio de Chinavita-Boyacá, Colombia. Acta Biológica Colombiana, 12(1),67-85. ISSN: 0120-548X.
- Barkman J. (1958). Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. 628 p. Van Gorcum, Assen, The Netherlands
- Bernal R, Gradstein R y Celis M (editores). (2019). Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
<http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>
- Campos L, ter Steege H, Uribe J. (2015). The epiphytic bryophyte flora of the Colombian Amazon. Caldasia, 37(1): 47-59. ISSN 0366-5232. doi:
<http://dx.doi.org/10.15446/caldas.v37n1.50980>

- Campos L, Mota de Oliveira S, Benavides J, Uribe J y ter Steege H. (2019). Vertical distribution and diversity of epiphytic bryophytes in the Colombian Amazon. *Journal of Bryology*. ISSN-0373-6687. doi: <https://dx.doi.org/10.1080/03736687.2019.1641898>
- Cataño E. (2018). Diversidad de musgos y hepáticas en troncos en descomposición en el departamento de Amazonas, Colombia. [Tesis]. [Bogotá]: Universidad Nacional de Colombia
- Cauca C, Serrano V y Ramírez M. (2018). Composición y distribución de hepáticas (Marchantiophyta) en un intervalo altitudinal en la Cordillera Oriental de Colombia. *Biología Tropical*, Vol. 66(2): 559-570. ISSN-0034-7744. doi: <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33379>.
- Colombia P. N. c2015 Parque Nacional Natural Chingaza. [Revisada en: 15 Ene 2020] <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/ecoturismo/region-amazonia-y-orinoquia/parque-nacional-natural-chingaza/>
- Colwell R. (2013). EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Versión 9
- Feuillet C y Torres A. (2016). Hepáticas epífitas: riqueza en un gradiente altitudinal andino, departamento del Cauca, Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos*, 20(2), 33-42. ISSN: 2462-8190 (en línea). doi: <http://dx.doi.org/10.17151/bccm.2016.20.2.3>.
- Goffinet B y Shaw J. (2009). *Bryophyte biology*. New York: Cambridge.
- González J, Galindo T, Urquijo M, Zárate M y Parra A. (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 – ProCAT Colombia. Bogotá, D.C. Colombia. ISBN: 978-958-8426-51-8

-Gradstein R. (1994). Lejeuneaceae: Ptychantheae Brachiolejeuneae. *Flora Neotropica*, 62, 1-216.

-Gradstein R., Churchill S y Salazar N. (2001). *Guide to the Bryophytes of Tropical America*. Mem. New York Bot. Gard. 86. New York Botanical Garden press. 577 pp. Nueva York.

-Gradstein R. (2016a). A new key to the genera of liverworts of Colombia. *Caldasia* 38(2): 225-249. doi: <https://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v38n2.60915>

-Gradstein R. (2016b). The genus *Plagiochila* (Marchantiophyta) in Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat* 40(154):104-136. ISSN 0370-3908. doi: <https://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.272>

-Gradstein R, Uribe J. (2016). Marchantiophyta. En: Bernal R, Gradstein R, Celis M, editores. *Catálogo de plantas de Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; p. 282-352

-Gradstein R., Uribe J, Gil J, Morales C y Negritto M. (2018). Liverworts new to Colombia. *Caldasia*, 40(1), 82-90. ISSN 0366-5232. doi: <https://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v40n1.68077>

-GraphPad Prism version 5.00 for Windows. ©2019, GraphPad Software, La Jolla California USA, www.graphpad.com

- Hammer, Ø. & Harper, D.A.T. (2006). Paleontological Data Analysis PAST. Blackwell. Versión 3.22
- 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. doi: <https://doi.org/10.2307/25065733>
- Holz I y Gradstein R. (2005). Cryptogamic epiphytes in primary and recovering upper montane oak forests of Costa Rica: species richness, community composition and ecology. *Plant Ecology*, 178, 89–109. doi: <https://doi.org/10.1007/s11258-004-2496-5>
- Laurance W. (1998). A crisis of the making: responses of Amazonian forests to land use and climate change. *Trends in Ecology and Evolution*, 13, 411–412. doi: [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(98\)01433-5](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(98)01433-5)
- Madriñan S. (2010). Flora ilustrada del Páramo de Chingaza: guía de campo de plantas comunes. Bogotá: Ediciones Uniandes. ISBN: 9789583368237
- Microsoft Excel. (2019). Microsoft Office. Versión 2019
- Morales M, Otero J, Van der Hammen T, Torres A, Cadena C, Pedraza C, Rodríguez N, Franco C, Betancourth J, Olaya E, Posada E y Cárdenas L. (2007). Atlas de páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 208 p. ISBN: 9588151915
- Orrego O. y Uribe J. (2004). Hepáticas (Marchantiophyta) del departamento del Quindío, Colombia. *Biota Colombiana* 5 (2), 209 - 216. ISSN: 0124-5376

- RStudio Team. c2015. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA
URL <http://www.rstudio.com/>.
- Söderström L, Hagborg A, von Konrat M, Bartholomew S, Bell D, Briscoe L, Brown E, Cargill D, Costa D, Crandall B, Cooper E, Dauphin G, Engel J, Feldberg K, Glennly D, Gradstein R, He X, Heinrichs J, Hentschel J, Ilkiu A, Katagiri T, Konstantinova N, Larraín J, Long D, Nebel M, Pócs T, Puche F, Reiner E, Renner Matt, Sass A, Schäfer A, Segarra J, Stotler R, Sukkharak P, Thiers B, Uribe J, Váña J, Villarreal J, Wigginton M, Zhang L, Zhu R. (2016). World checklist of hornworts and liverworts. *PhytoKeys*, 59: 1-828. doi: <https://doi.org/10.3897/phytokeys.59.6261>
- Stephani F. (1917). *Species Hepaticarum* 6. Genève.
- Uribe J. (1997). Clave para los géneros de hepáticas de Colombia. *Caldasia*, 19 (1-2), 13-27.
- Uribe J. y Gradstein R. (1999). Estado del conocimiento de la flora de hepáticas de Colombia. *Academia Colombiana Ciencias Exactas, Físicasmy Naturales*, 23(87), 315-318. ISSN: 0370-3908.
- Vanderpoorten A. y Goffinet B. (2009). *Introduction to bryophytes*. Nueva York: Cambridge. ISBN: 9780511626838. doi: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511626838>
- Vargas O y Pedraza P. (2004). *Parque Nacional Natural Chingaza*. Gente Nueva Editorial. Bogotá, Colombia. ISBN: 9583368245.
- Vasco A, Cobos R y Uribe J. (2002). Las Hepáticas (Marchantiophyta) del Departamento del Chocó, Colombia. *Biota Colombiana* 3 (1), 149-162. ISSN: 0124-5376

- Wilson R, Gradstein R, Schneider H y Heinrichs J. (2007). Unravelling the phylogeny of Lejeuneaceae (Jungermanniopsida): Evidence for four main lineages. *Molecular Phylogenetics and Evolutions* 43:270-282. doi: <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 Missouri Botanical Garden*, 80(4), 928-960. doi: <https://doi.org/10.2307/2399938>
- Wolf J. H. D.(2003). Diversidad y ecología de comunidades epifitas en la Cordillera Central, Colombia. *Studies on Tropical Andean Ecosystems*. 5. 453-502.
- Zhan J, Fu X, Li R, Zhao X, Liu Y, Li M, Zwaenepoel A, Ma H, Goffinet B, Guan Y, Xue J, Liao Y, Wang Q, Wang Q, Wang J, Zhang G, Wang Z, Jia Y, Wang M, Dong S, Yang J, Jiao Y, Guo Y, Kong H, Lu A, Yang H, Zhan S, Van de Peer Y, Liu Z, Chen Z. (2020). The hornwort genome and early land plant evolution. *Nature Plants*. 6, 107–118. doi: <https://doi.org/10.1038/s41477-019-0588-4>