

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS-POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

BRIÓFITOS DEL COMPLEJO DE PÁRAMOS TOTA-BIJAGUAL-MAMAPACHA Y
FITOGEOGRAFÍA

Requisito para optar el título de Magister en Ciencias Biológicas

JORGE ENRIQUE GIL NOVOA

TUNJA

Noviembre, 2017

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS-POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

BRIÓFITOS DEL COMPLEJO DE PÁRAMOS TOTA-BIJAGUAL-MAMAPACHA Y
FITOGEOGRAFÍA

Requisito para optar el título de Magister en Ciencias Biológicas

JORGE ENRIQUE GIL NOVOA

DIRECTORA

MARÍA EUGENIA MORALES PUENTES, Ph.D.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

CODIRECTOR

JORGE HERNÁN JÁCOME REYES, Ph.D.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

TUNJA

Noviembre, 2017

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

María Eugenia Morales Puentes, Doctora en Ciencias-Biología, Sistemática Vegetal, Profesora Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia; y **Jorge Hernán Jácome Reyes**, Doctor en Biología, Ecología, Profesor Pontificia Universidad Javeriana.

CERTIFICAN:

Que el trabajo de grado realizado bajo nuestra dirección por **Jorge Enrique Gil Novoa** titulado **“BRIÓFITOS DEL COMPLEJO DE PÁRAMOS TOTA-BIJAGUAL-MAMAPACHA Y FITOGEOGRAFÍA”**, reúne las condiciones de originalidad requeridas para optar al título de **Magister en Ciencias Biológicas** otorgado por la **Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia**.

Y para que así conste, firmamos la siguiente certificación en ciudad, fecha.

María Eugenia Morales Puentes, PhD.

Directora

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Grupo de investigación Sistemática Biológica (SisBio)

Jorge Hernán Jácome Reyes, PhD.

Codirector

Pontificia Universidad Javeriana

Unidad de Ecología y Sistemática (UNESIS)

NOTAS DE ACEPTACIÓN

Según el acta de sustentación No. ___ para **JORGE ENRIQUE GIL NOVOA**, fue aprobada y calificada esta tesis de maestría como ___ por la Escuela de Posgrados de la Facultad de Ciencias de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.


GABRIEL PATARROYO MORENO, MSc.
Decano Facultad de Ciencias

SEGUNDO AGUSTÍN MARTÍNEZ, PhD.
Director Escuela de Posgrados

RUTH MARIBEL FORERO CASTRO, PhD.
Coordinador Maestría en Ciencias Biológicas


MARÍA EUGENIA MORALES PUENTES, PhD.
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Directora


JORGE/HERNÁN JÁCOME REYES, PhD.
Pontificia Universidad Javeriana
Codirector


MANUEL DAVID CORTÉS PARDO, M.Sc.
Universidad Distrital "Francisco José de Caldas".
Jurado 1

CAROLINA FEUILLET HURTADO, M.Sc.
Universidad de Caldas.
Jurado 2

JORGE ENRIQUE GIL NOVOA, Biól.
Autor

Dedicatoria

Para

Pedro y Alcira

Héctor, Oscar, Mariluz y Miguel

Gabriela, Samuel y Hellen

Ginna

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia**.

Al **Convenio de Cooperación No. 14-13-014-195CE** entre el **Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH)** y **Grupo Sistemática Biológica (SisBio)**, **Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia**, con el proyecto- “Caracterización biótica como soporte de la delimitación de páramos de los complejos Guativa-La Rusia y Mamapacha-Bijagual-Tota, en los departamentos de Boyacá y Santander”-.

Al **Herbario UPTC** y al **Grupo de investigación Sistemática Biológica**, por facilitar los procesos de determinación y curaduriales, así como por la recepción de las colecciones.

A la **Maestría en Ciencias Biológicas** por el apoyo constante durante mi proceso de formación.

A la **Asociación Internacional de Biología (AIB)**, por el apoyo económico a través de la beca **Stanley Green Award 2014**.

Al Dr. **Enrique Vera López** y al laboratorio **INCITEMA** por las fotografías en MEB

A los **Herbarios F** y **COL** por permitir la revisión de sus colecciones de referencia y en línea.

A la profesora **M.E. Morales-Puentes** (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia) por su apoyo y amistad constantes en la dirección de este proyecto; al Prof. **J.H. Jácome-Reyes** (PUJ) por sus comentarios y aportes a la investigación como codirector de la misma.

A los profesores y **Manuel David Cortés Pardo**, **Carolina Feuillet Hurtado** y **Paulo E.A.S. Câmara** por sus comentarios y sugerencias a la investigación, así como por la evaluación del documento.

A los profesores **S.R. Gradstein**, **M.E. Reiner**, **E.L. Linares** y **W.R. Buck**, por su colaboración en la identificación y corroboración de ejemplares; a **M. von Konrat**, **J. Larraín**, **J.J. Engel** y **L. Briscoe** por su apoyo durante mi estancia en F.

A **L.E. Cuta-Alarcón** por su inmensa colaboración durante el proceso de determinación y herborización; a **B.X. Villalba-Carmona, J.A. Muñoz-Álvila, C.N. Díaz-Pérez, P.A. Gil-Leguizamón** y **M.Y. Carrillo-Fajardo** por su amistad y sugerencias durante todo el proceso. A los integrantes del grupo Sistemática Biológica: **V.M. Alvarado-Fajardo, D.P. Caro-Melgarejo, N.T., Manrique-Valderrama, W.J. Bravo-Pedraza, N.A. Camargo-Espítia, D.R. Hernández-Velandia, D.A. Moreno-Gaona, J.A. Olaya-Angarita, E.C. Sánchez-Chávez, L.M. Lozano-Jácome, A. Acosta**, y en general a todos los integrantes del grupo SisBio, por su apoyo en la fase de campo; a **D. Torres**, por su colaboración durante el proceso de laboratorio.

Finalmente, agradezco especialmente a mi familia: mis pares **Pedro J. Gil** y **Alcira Novoa**, quienes me enseñaron el amor por la naturaleza desde el trabajo del campo y que con el sudor de su frente han dedicado el esfuerzo diario por cumplir y ver realizados mis sueños. A mis hermanos **Héctor, Óscar, Mariluz** y **Miguel**, quienes han sido mis amigos y siempre y sin dudar, me han brindado su apoyo. A mis sobrinos, **Gabriela, Samuel** y **Hellen**, quienes con sus sonrisas y abrazos me han brindado energía para trabajar cada día mas. Y a mi compañera de viaje, **Ginna Marcela**, quien me ha brindado su amor y apoyo incondicional durante esta importante etapa de mi vida.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1	15
MARCO HISTÓRICO Y BRIOFLORA DE PÁRAMO	15
INTRODUCCIÓN	15
ANTECEDENTES	19
APORTES INVESTIGATIVOS DE ESTE TRABAJO DE MAESTRÍA A LA FLORA DE BOYACÁ Y EL PÁRAMO	22
PRODUCTOS GENERADOS A PARTIR DE ESTE TRABAJO	23
BIBLIOGRAFÍA	24
CAPÍTULO 2	30
CARACTERIZACIÓN DE LA BRIOFLORA DEL COMPLEJO DE PÁRAMOS TOTA-BIJAGUAL-MAMAPACHA, BOYACÁ, COLOMBIA	30
INTRODUCCIÓN	30
MATERIALES Y MÉTODOS	31
Área de estudio	31
Fase de campo	32
Fase de laboratorio	34
Análisis de información	34
RESULTADOS	34
Riqueza de briófitos en el complejo Tota-Bijagual-Mamapacha (TBM)	34
Formas de vida	35
Tipos de sustratos	36
Nuevos registros para el departamento	37
DISCUSIÓN	37
BIBLIOGRAFÍA	40
CAPITULO 3	45
ANÁLISIS FITOGEGRÁFICO DE LA BRIOFLORA DEL COMPLEJO PARAMUNO TOTA-BIJAGUAL-MAMAPACHA (BOYACÁ - COLOMBIA)	45
INTRODUCCIÓN	45
MATERIALES Y MÉTODOS	46
Trabajo de campo	46
Análisis de distribución	46
Especies con algún grado de amenaza	47

RESULTADOS	48
Análisis de distribución a nivel de género	48
Análisis de distribución a nivel de especie	48
Especies amenazadas	52
DISCUSIÓN	52
BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXOS	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribución del Complejo de páramos Tota-Bijagual-Mamapacha (Complejo de Páramos Tota-Bjagual-Mamapacha, Distrito Páramos de Boyacá sector cordillera Oriental)..	32
Figura 2. Panorámicas de cada uno de los seis lugares de muestreo.	33
Figura 3. Número de especies por formas de vida de briófitos en el Complejo de Páramos Tota-Bijagual-Mamapacha (TBM), Boyacá - Colombia.	36
Figura 4. Dendrograma que ilustra las agrupaciones (clústeres) entre los departamentos se ubica el Complejo Tota-Bijagual-Mamapacha TBM.	51

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Distribuciones fitogeográficas globales de los géneros de briofitos del complejo TBM, Boyacá - Colombia.	48
Tabla 2. Distribuciones fitogeográficas globales de las especies de briofitos del complejo TBM, Boyacá - Colombia.	49
Tabla 3. Patrones fitogeográficos en Colombia de las especies de briofitos del complejo TBM, Boyacá - Colombia.	50

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Patrones biogeográficos globales y nacionales de cada una de las especies analizadas para el Complejo TBM	59
Anexo 2. Algunas de las especies de briófitos más comunes para el Complejo TBM.....	65
Anexo 3. Algunos de los productos generados a partir de este trabajo.	67

RESUMEN

Se reconoce al complejo de páramos Tota-Bijagual-Mamapacha (TBM) como uno de los más grandes del país, así como su importancia hidrológica debido a que es fuente de abastecimiento para numerosos acueductos y cascos urbanos de los departamentos de Boyacá y Casanare. Se presenta la caracterización de la brioflora paramuna del complejo, realizada a partir del establecimiento de seis transectos de 20x4 m., en un rango altitudinal entre los 2956 y 3676 m. Se analizan las relaciones fitogeográficas de géneros a nivel global, y de especies a nivel global y nacional. Se registraron 58 familias, 117 géneros y 261 especies, incluidos los registros de la zona de transición del bosque. Los musgos se encuentran mejor representados con 160 especies (33 familias y 71 géneros), seguidos de las hepáticas con 100 (24/45) y una especie de antocero. De éstas, 40 son nuevos registros para Boyacá, entre los que se destaca un género previamente desconocido para el país (*Platycaulis*). Así mismo, se presenta el redescubrimiento de *Lejeunea elongella*, conocida sólo para la localidad tipo (*Andes bogotenses*); *Cololejeunea microscopica* se registra por primera vez para la alta montaña. Los análisis fitogeográficos muestran que el 25,89% de los géneros tienen distribución cosmopolita, seguidos de los géneros Pantropicales con el 23,21%, los elementos neotropicales con el 17,85% y sólo el género *Platycaulis* presenta distribución exclusiva para el páramo. A nivel de especie, el 39,09% registra una distribución Neotropical, el 18,18% son estrictamente Andinos y el 10% son de distribución Pantropical. Por su parte, las especies con distribución Cosmopolita, representan el 5,09% y siete especies (3,18%) son de distribución estrictamente de páramo. En cuanto a la distribución de las especies en Colombia, se obtiene que más de la mitad de las especies (50,9%) tienen distribución estrictamente en la región Andina, mientras que el 36,81% presenta una distribución disyunta entre la región Andina y la Sierra Nevada de Santa Marta. La mayor similitud de la brioflora del complejo TBM se presenta con el departamento de Cundinamarca con cerca del 85% de las especies, seguido de Boyacá con el 70%, Antioquia y Nariño con cerca del 58% cada uno.

Se registran 15 especies con alguna categoría o grado de amenaza, de los cuales 14 son musgos y una hepática.

PALABRAS CLAVE: Alta montaña, antoceros, biogeografía, hepáticas, musgos, norte de los Andes.

CAPITULO 1

MARCO HISTÓRICO Y BRIOFLORA DE PÁRAMO

INTRODUCCIÓN

Históricamente han sido varios los autores que han intentado presentar una definición completa del páramo. dicha labor inicia para Colombia con la publicación de Cuatrecasas (1934), quien sostuvo que el concepto de páramo engloba varios caracteres descriptivos, definidos por un lenguaje popular, como la altitud o el frío del ambiente, pero no tiene en cuenta algún tipo de vegetación. Luego, el mismo Cuatrecasas (1958), complementa su definición, argumentando que son regiones ubicadas en las partes altas de las montañas, por encima del bosque andino hasta la nieve, las cuales sufren cambios meteorológicos bruscos. Adicionalmente, el páramo posee un tipo de vegetación característico, dominado por prados de gramíneas y algunos arbustos que probablemente proceden del bosque alto andino.

Posteriormente, Cleef (1979) afirma que, para dar una definición acertada de páramo, se debe tener en cuenta criterios fisionómicos y florísticos, que permiten clasificar el páramo en tres regiones: subpáramo, páramo propiamente dicho y superpáramo, dependiendo de las condiciones orográficas y de la humedad, idea ratificada por el mismo autor en 1981.

Otros autores han dado sus propias definiciones, como el caso de Rangel-Ch. et al. (1982), Sturm & Rangel-Ch. (1985), Monasterio (1980), Mora & Sturm (1994), van der Hammen (1997), Sturm (1998), Luteyn (1999), entre otros. Algunos como Luteyn (1997) y Rangel-Ch. (2000) indican que las fluctuaciones de temperatura (0-23°C) y precipitación (500-3000 mm) son variables fundamentales en la definición de este concepto.

Según Hofstede et al. (2003), la definición de páramo es aún más compleja, se puede estructurar desde un concepto general hasta uno muy específico, aunque siempre se

van a quedar aspectos por fuera. Es decir, para lograr una definición más acertada, se deben tener en cuenta variables como la ubicación geográfica, dirección de vientos, tipos de vegetación, cambios del clima y hasta el uso del suelo para cada uno de los páramos y analizarlos de manera independiente.

Rangel-Ch. (2002) propuso una definición básica, daptable a las condiciones de cada páramo. La interpretación que el autor da del páramo, es tal vez una de las más aceptadas, ya que lo define como, “región de vida paramuna que comprende las extensas zonas que coronan las cordilleras entre el bosque andino y el límite inferior de las nieves perpetuas”,

Así mismo, Hofstede, et al. (2003), presentan al páramo comor un ecosistema único en el Neotrópico, caracterizado por tener la flora de montaña más rica del mundo, con altos niveles de radiación lumínica y gran número de endemismos. Por lo anterior, el presente estudio se acoge en el contexto de esta última definición.

El páramo en los Andes - Colombia y en el complejo Tota-Bijagual-Mamapacha

Los Andes tropicales son considerados extraordinariamente diversos, con cerca de 45000 especies de plantas y unas 3400 de vertebrados (exceptuando los peces), que representan cerca del 15 y 12% respectivamente, del total de las taxa conocidas a nivel mundial (Herzog et al., 2011). Del porcentaje de plantas, cerca de 3500 son especies de briófitas (musgos, hepáticas y antoceros) (Gradstein et al., 2001).

Es precisamente en los Andes, donde existe la mayor área de páramos del mundo con el 99,97% de ellos (Hofstede, et al, 2003). De los cinco países con estos ecosistemas, Costa Rica es el que menor área paramuna registra, cerca de 80 km² (0.23%). caso contrario lo presenta Colombia, que tiene la mayor extensión con el 42.48% (Hofstede, 2003), es decir, cerca del 2.6% del territorio nacional, y formando importantes centros de endemismo de flora y fauna (8% del total de endemismos de la flora nacional, principalmente en la cordillera Oriental) (Rangel-Ch., 2000). La vegetación de este ecosistema se caracteriza por la presencia de pastizales, prados,

frailejonales, turberas, chuscales, puyas y plantas en cojín (Rangel-Ch., 2002).

Según Morales et al. (2007), diez de los 14 páramos de la región central del país se ubican en la cordillera Oriental y abarcan más de 800000 has. Éstos, forman complejos como el de Tota-Bijagual-Mamapacha (TBM), el cual es reconocido como uno de los más extensos de Colombia, junto a Cruz Verde y Sumapaz en Cundinamarca y El Cocuy en Boyacá. Dichos complejos también se distinguen por los altos niveles de transformación, como lo es el páramo de Bijagual que pertenece al primer complejo, en donde se estima un uso inadecuado de tierras del 22.16%, y un 5% de uso muy inadecuado; sin embargo, el porcentaje restante no garantiza un total de conservación, dado que ese 72.28% de su territorio se encuentra amenazado por los malos usos provenientes desde su área de influencia (Universidad Militar Nueva Granada & Corpochivor, 2009), hoy día la estimación de la transformación del bosque entre 1986 y 2014 corresponde a más del 50% en Bijagual, según Gil-Leguizamón (2016).

El complejo de páramos Tota-Bijagual-Mamapacha (TBM) alberga un gran porcentaje de la biodiversidad del país, debido a su ubicación geográfica y extensión como zona natural. constituye a su vez dentro de su franja, uno de los últimos relictos de bosques alto andino, andino y subandino que subsisten en la cordillera Oriental colombiana, y pueden ser el único eslabón para la recuperación de corredores biológicos y paisajes nativos de la región, especialmente relacionados con el páramo de Bijagual (Morales-P. et al., 2015; Ciri, 2002).

Sin embargo, el registro que se ha realizado de la biodiversidad es aún escaso y en ausencia de éste tipo de información se restringen las posibilidades de identificar especies con valor ecológico, sociocultural o de amenaza, que permita definir estrategias para su protección y conservación. tal actividad que en los últimos años ha sido direccionada al aprovechamiento financiero y elaboración de acuerdos que quedan en documentos y no a conocer y entender las dinámicas e impactos de los diferentes usos del suelo paramuno (Albán, 2007).

Definición de briófitos y contexto general

El término “briófitos” tiene su origen en la lengua griega y hace referencia a aquellas plantas que aumentan su tamaño con la rehidratación (Vanderpoorten & Goffinet, 2009). Sin embargo, Crum (2001) define a los briófitos como las únicas plantas en la Tierra que presentan, en su ciclo de vida alternancia de generaciones (haploide y diploide) con la fase gametofítica dominante.

Los briófitos se han establecido en los primeros linajes del árbol de la vida vegetal en el planeta y se clasifican en tres divisiones: Marchantiophyta, Bryophyta y Anthocerotophyta, es decir, los tres grupos polifiléticos de plantas no vasculares, hepáticas, musgos y antoceros, respectivamente (Shaw & Renzaglia, 2004).

Los briófitos incluyen cerca de 15000 especies, distribuidas en más de 1200 géneros a nivel mundial; se dispersan por esporas y se encuentran en casi todos los hábitats terrestres, los cuales han venido colonizando desde su aparición hace cerca de 300 millones de años, en el periodo Devoniano (Gradstein et al., 2001). En Colombia, estas plantas comprenden cerca de 1800 especies, lo que representa cerca del 60% del total de especies de América Tropical y una sexta parte de las especies del mundo (Churchill & Linares, 1995; Uribe & Gradstein, 1999). De este porcentaje, se observa una alta diversidad tanto de hepáticas como de musgos, con cerca de 580 especies en el rango altitudinal del páramo (3000 a 4000 m), en donde forman parte de la vegetación que colonizan diversos tipos de sustratos, en los cuales, debido a su tamaño son muy importantes las condiciones microclimáticas, dadas por los factores ambientales, como, luz y agua principalmente (Montenegro et al., 2005).

Biogeografía y fitogeografía

Brown & Lomolino (1998) definen a la biogeografía como la ciencia que intenta documentar y entender los patrones de la distribución de los organismos en la Tierra, desde el pasado hasta el presente y su variación. Según Gillung (2011) para entender

tales patrones de distribución de los organismos en el planeta, se deben tener en cuenta tres aspectos a evaluar en conjunto: el espacio, el tiempo y la forma, entendiéndose el primero como, el área geográfica donde están los organismos; el segundo hace referencia a los eventos que pudieron haber influido en la distribución de dichos organismos, y el tercero, los grupos en los cuales están organizados.

Se han escrito varias teorías sobre la biogeografía histórica, que tienen que ver desde el arca de Noé hasta explicaciones más recientes (Llorente-Bousquets et al., 2001; Papavero & Martins, 2003). Pero fue hasta la segunda mitad del siglo XX, cuando según Brooks (2005), se plantearon dos teorías: la primera de ellas, llamada teoría del equilibrio de la biogeografía de islas basada en las relaciones inter e intra específicas; y la segunda denominada, hipótesis de máxima vicarianza o biogeografía cladística basada en la teoría de especiación *in situ*.

El estudio sobre distribución vegetal o fitogeografía, se inicia con el trabajo de De Candolle (1820), en geografía botánica, definiéndola como “el estudio metódico de los hechos relativos a la distribución de los vegetales en el globo, y de las leyes más o menos generales que de ella se pueden deducir”, estos influenciados por agentes externos, estaciones climáticas y el espacio geográfico determinado, señalizados por barreras temporales, definición que ha perdurado hasta nuestros días.

ANTECEDENTES

Las investigaciones sobre la biogeografía de briófitos son relativamente recientes. El primer trabajo lo realizó Herzog (1926) en *Geographine der Moose*, que hizo una breve descripción de la distribución de algunas especies de briófitos. Posteriormente, Schuster (1983) realiza un completo análisis de la ecología de la dispersión de briófitos, desde los sistemas reproductivos hasta vectores de dispersión como los vientos o incluso agentes animales, e incluye la fitogeografía de briófitos desde un punto de vista evolutivo.

Luego, los estudios de biogeografía de briófitos fuera del Neotrópico se han enfocado a

regiones en países europeos (Preston & Hill, 1999; Frahm, 2012; Agnan et al., 2014), asiáticos (Zhang & Corlett, 2003) y en Oceanía (Vanderpoorten et al., 2008; Ramsay & Cairns, 2004) mientras que, para el Neotrópico y en general para el nuevo continente, no son muchos los estudios que se pueden numerar en esta materia, como los de Favreau (1987), quien estudió la fitogeografía de briófitos epífitos presentes en árboles de Maple en Canadá; más tarde, Gradstein (1990) estudia la riqueza de especies y fitogeografía de briófitos en las Guyanas; Delgadillo (1992), realiza una aproximación al conocimiento de la biogeografía de musgos en México; ocho años después Bercker-Lücking (2000) con una investigación sobre la fitogeografía de briófitos epífitos de la Isla de Cocos en Costa Rica; posteriormente, Santos & Da Costa (2010) establecen la fitogeografía de hepáticas en el sureste de Brasil, y Méndez-Barros et al. (2012) modelaron la potencial distribución geográfica de especies de *Metzgeria* para Brasil.

Para Colombia la mayoría de estudios sobre biogeografía vegetal están enfocados a las plantas vasculares. Algunos ejemplos son los trabajos de Carbone & Lozano-Contreras (1997) para la Sierra Nevada de Santa Marta; posteriormente, Rivera-Díaz & Fernández-Alonso (2003) realizan un estudio corológico de la flora endémica de la Serranía del Perijá, un año después Sánchez-Montaña & Gélvez-Gélvez (2004) estudiaron la flora y fitogeografía del municipio de Pamplona (Norte de Santander); luego para el departamento de Santander, Díaz-Pérez (2012) estudio la florística y fitogeografía de la cuenca baja del cañón del río Suárez , y Carrillo-Fajardo (2013) realiza el único trabajo de este tipo para el departamento de Boyacá, investigando la fitogeografía de la flora paramuna del Macizo de Bijagual. El más reciente trabajo sobre fitogeografía colombiana, lo presentan Londoño et al. (2014), quienes estudiaron la biogeografía de la flora de angiospermas de los páramos colombianos.

El estudio de briófitos en Colombia, se inicia con las colectas realizadas por el naturalista Español José Celestino Mutis a finales del siglo XVIII e inicios del XIX; posterior a él, se sumaron algunos recolectores principalmente de origen europeo, quienes vinieron al país con el objeto de estudiar principalmente la vegetación vascular, y a quienes paulatinamente se sumaron investigadores colombianos

(Churchill & Linares, 1995).

Durante esta época y hasta la primera mitad del siglo XX, las investigaciones se limitaron a colectas esporádicas en varias partes del territorio nacional. Sólo hasta 1979, Florschütz-de Waard & Florschütz publican el primer catálogo de musgos de Colombia con 192 géneros y 751 especies. en el mismo año Gradstein & Hekking publican el catálogo de hepáticas de Colombia, con 115 géneros y 676 especies. Posteriormente, se presentaron algunos avances en el estudio de musgos con los trabajos de Cleef (1981) sobre diversidad en los páramos de la cordillera Oriental, registrando 380 especies para éste ecosistema; luego, Linares (1986) presenta el primer estudio ecológico e inventario de briófitos en la reserva El Tablazo (Cundinamarca), registrando 162 especies, para el mismo año, Sastre-de Jesús et al. (1986) realizaron el catálogo de musgos para el departamento de Antioquia, donde publican 221 especies, de las cuales 28 fueron nuevas para Colombia y una nueva para la ciencia; posteriormente, Churchill (1989) publica el segundo catálogo de musgos de Colombia, ampliando a 877 la flora nacional de musgos. Posteriormente, continúan los estudios en localidades específicas como contribución al conocimiento de los briófitos del país, como los trabajos de Wolf (1993, 1995 y 2003), estudiando el papel ecológico de comunidades de briófitos en la cordillera Central de Colombia, especialmente con los briófitos de dosel, convirtiéndose en el primer trabajo de este tipo en Colombia.

Para 1995, Churchill & Linares publican el trabajo más completo de musgos de Colombia, el cual incluye información detallada de taxonomía, ecología y distribución geográfica de 256 géneros y 889 especies en el país. En cuanto a hepáticas, Uribe & Aguirre (1997) publican la primera clave taxonómica de géneros en Colombia, y en 1998 Uribe & Gradstein compilan el nuevo catálogo de hepáticas para Colombia, cuyos resultados permiten evidenciar que, en el país, en ese momento se registraban 132 géneros y 832 especies.

En el departamento de Boyacá, las investigaciones en plantas no vasculares se inician con el trabajo de Morales & Pérez (1992), sobre la brioflora del Santuario de Flora y Fauna de Iguaque, donde se presenta datos taxonómicos y ecológicos de 26 géneros y 57 especies, del bosque altoandino y páramo de esa localidad; posteriormente, los

estudios de Ruíz et al. (2006) con la revisión del género *Sphagnum* para el departamento, con el registro de 18 especies, donde se destacan caracteres como los diferentes tipos de poros en la morfológica microscópica del género, otros trabajos como los de Velandía & Zipa (2003), Álvaro et al. (2007) y Lagos et al. (2008), quienes estudian las hepáticas y los musgos del municipio de Chinavita, específicamente en el cerro de Mamapacha con un muestreo sobre diferentes sustratos (77 especies de hepáticas), así como de los briófitos reófilos con 42 taxones. Luego, se realizaron algunos trabajos de grado en el municipio de Tipacoque, así como recientes publicaciones, donde se revisaron los briófitos y líquenes asociados a bosques de roble, como el de Simijaca (2011), quien registró 33 géneros y 139 especies de líquenes epífitos en *Q. humboldtii*, mientras que Gil-Novoa (2012) y Gil-Novoa & Morales-P. (2014), registraron 42 géneros y 75 especies de briófitos, para el mismo sustrato. Porras (2011), menciona que para los sustratos asociados al suelo de éste bosque se registran 48 géneros y 75 especies de musgos; mientras que, en hepáticas, Vargas (2011) y Vargas-Rojas & Morales-Puentes (2015) registran 21 géneros y 52 especies para los mismos sustratos.

Los únicos trabajos dirigidos al conocimiento de la fitogeografía de plantas no vasculares en Colombia, son los presentados por Aguirre-C. & Rangel-Ch. (2008a, b) sobre la riqueza y aspectos biogeográficos de la flora de musgos y líquenes en el país.

APORTES INVESTIGATIVOS DE ESTE TRABAJO DE MAESTRÍA A LA FLORA DE BOYACÁ Y EL PÁRAMO.

El páramo es considerado como un ecosistema único, debido a sus particularidades ecológicas (Cleef, 1983; van der Hammen & Cleef, 1983). Teniendo en cuenta que Colombia es el país con el mayor porcentaje de área paramuna en el mundo (ca. 42,48%) (Hofstede et al., 2003), se esperaría que fueran numerosos los estudios que se han desarrollado para estos ecosistemas; sin embargo, el panorama es bastante diferente. Un ejemplo de ello, es el complejo Tota-Bijagual-Mamapacha, considerado como uno de los más grandes del país y que mayores afectaciones ha sufrido por el

impacto de las actividades humanas (Morales, et al. 2007; Morales-P., et al. 2015; Gil-Leguizamón, 2016), y en donde infortunadamente se desconoce casi la totalidad de su brioflora, a excepción de los trabajos publicados por Velandia & Zipa (2003), Álvaro et al. (2007), Lagos et al. (2008) y Morales-P., et al. (2015).

Teniendo en cuenta lo anterior, surge la necesidad de realizar un aporte al conocimiento de los briófitos en ecosistemas paramunos del departamento de Boyacá y especialmente en el complejo Tota-Bijagual-Mamapacha, por medio de la respuesta a la pregunta de investigación ¿Cuáles son las relaciones fitogeográficas de la flora briofítica, presente en este complejo?, Y así, para dar respuesta a la pregunta anterior, se planteó como objetivo general: Conocer la flora no vascular (musgos, hepáticas y antoceros) y sus relaciones fitogeográficas. Este objetivo se desarrolló con el cumplimiento de los siguientes objetivos específicos: 1. Establecer la composición y estructura de la flora no vascular, y 2. Definir las relaciones fitogeográficas de los briófitos del complejo. Estos objetivos, se desarrollarán en los siguientes dos capítulos del trabajo, como artículos para ser publicados en revistas especializadas:

- **Capítulo 2:** Caracterización de la brioflora del complejo paramuno Tota-Bijagual-Mamapacha, Boyacá, Colombia.
- **Capítulo 3:** Análisis fitogeográfico de la brioflora del complejo paramuno Tota-Bijagual-Mamapacha, Boyacá, Colombia.

PRODUCTOS GENERADOS A PARTIR DE ESTE TRABAJO

Gil-Novoa, J.E., Morales-Puentes, M. E. & Gradstein, S.R. (2015). "*Platycaulis renifolia* R.M. Schust. New national and regional bryophyte records, 45". Journal of Bryology, 37(4):308 - 329.

Gil-Novoa, J.E. & Morales-Puentes, M.E. (2015). Musgos como indicadores de un páramo en Boyacá – Colombia. Poster. 67º Congresso Nacional de Botânica, Vitoria, ES, Brasil.

Cuta-Alarcón, L.E., **Gil-Novoa, J.E.** & Morales-Puentes, M.E. (2016). Leucobryaceae y Dicranaceae (Bryophyta) en el complejo Tota-Bijagual-Mamapacha, Boyacá -

Colombia. Ponencia corta. II Congreso Nacional y III Latinoamericano de Alta Montaña Tropical. Tunja, Boyacá, Colombia.

Gil-Novoa, J.E., Cuta-Alarcón, L.E. & Morales-Puentes, M.E. (2016). ¿Pueden los musgos aportar en la delimitación de páramo? Ponencia. II Congreso Nacional y III Latinoamericano de Alta Montaña Tropical. Tunja, Boyacá, Colombia.

Gil-Novoa, J.E. & Morales-Puentes, M.E. (2017). Briófitos del complejo de páramos Tota-Bijagual-Mamapacha: Un acercamiento a su riqueza y fitogeografía. Ponencia. V Simposio Colombiano de Briología, IX Congreso Colombiano de Botánica. Tunja, Boyacá, Colombia.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre-C., J. & O. Rangel-Ch. (2008a). Riqueza y aspectos biogeográficos sobre la flora de musgos. En: Rangel-Ch, O. (Ed.). Colombia diversidad biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia, Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales.: 321-335 p.
- Aguirre-C., J. & O. Rangel-Ch. (2008b). Riqueza y aspectos biogeográficos sobre la flora de líquenes. En: Rangel-Ch., O. (Ed.). Colombia diversidad biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia, Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales.: 561-588 p.
- Agnan, Y., Séjalon-Delmas, N. & A. Probst. (2014). Origin and distribution of rare earth elements in various lichen and moss species over the last century in France. *Science of the Total Environment*, 487:1-12.
- Albán, M. (2007). La información disponible sobre los servicios de ecosistemas de montaña en los Andes del Norte y Centro. Informe Taller "Servicios de ecosistemas de montaña en los Andes del Norte y Centro". Octubre 22-24 de 2007, Papallanca, Ecuador.
- Álvaro, W., Díaz, M. & M.E. Morales. (2007). Catálogo comentado de las hepáticas de cerro de Mamapacha, municipio de Chinavita- Boyacá, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 12(1):67-86.
- Bercker-Lücking, A. (2000). Epiphyllous bryophytes from Cocos Island, Costa Rica. A floristic phytogeographical study. *Ecotropica*, 6:55-69.
- Brooks, D.R. (2005). Historical biogeography in the age of complexity: expansion and integration. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 76:79-94.
- Brown, J. & M.V. Lomolino. (1998). *Biogeography: Second edition*. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts, USA. 691 pp.
- Carbono, E. & G. Lozano-Contreras. (1997). Endemismos y otras singularidades de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Posibles causas de origen y necesidades de conservarlos. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias, Exactas, Físicas y Naturales*, 21(81):409-419.
- Carrillo-Fajardo, M.Y. (2013). *Fitogeografía de la flora paramuna del macizo de Bijagual, Boyacá-Colombia*. (Tesis de Maestría). Universidad Pedagógica y

- Tecnológica de Colombia, Facultad de Ciencias, Escuela de Posgrados en Ciencias, Programa de Maestría en Ciencias Biológicas.
- Ciri, L.F. (2002). Investigación, planificación y desarrollo en zonas ecoturísticas. Caso de estudio: Plan de desarrollo ecoturístico para la zona de los macizos de Mamapacha y Bijagual (Boyacá): 8 pp.
- Churchill, S. & I. Sastre de Jesús. (1988). Nuevos reportes para los departamentos de Antioquia y Chocó, Colombia y una nueva especie del género *Trichosteleum*. *The Bryologist*, 90:246-250.
- Churchill, S. (1989). *Bryologia Novo Granatensis*. Estudios de los musgos de Colombia IV. Catálogo nuevo de los musgos de Colombia. *Tropical Bryology*, 1:95-132.
- Churchill, S. & E. Linares. (1995). *Prodromus Bryologiae Novo-Granatensis*. Introducción a la flora de musgos de Colombia. Partes 1 y 2. Bogotá. Editorial. Guadalupe Ltda. 928 pp.
- Cleef, A.M. (1979). The phytogeographical position of the neotropical vascular paramo flora with special reference to the Colombian cordillera Oriental: 175-184 p. In: Larsen, K. & L.B. Holm-Nielsen (Eds.). *Tropical Botany*, Academic Press. London-New York- San Francisco, USA.
- Cleef, A.M. (1981). The vegetation of the paramos of the Colombian cordillera Oriental. *Dissertationes Botanicae*, 41:1-320.
- Cleef, A. (1983). Fitogeografía y composición de la flora vascular de los páramos de la cordillera Oriental colombiana (estudio comparativo con otras altas montañas del trópico). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 15(58): 23-29.
- Crum, H.A. (2001). Structural diversity of bryophytes. Ann Arbor: University of Michigan. 397 Pp.
- Cuatrecasas, J. 1934. Observaciones geobotánicas en Colombia. *Trab. Museo Nacional Ciencias Naturales, Serie Bot. Madrid*, 27:144 p.
- Cuatrecasas, J. (1958). Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 10(40): 221-264.
- De Candolle, A. (1820). *Essai élémentaire de Géographie Botanique*. 69 Pp.
- Delgadillo, C. (1992). Los musgos y la fitogeografía de México. *Ciencias*, 6 (número especial): 35-40.
- Díaz-Pérez, C.N. (2012). Análisis florístico y fitogeográfico de la cuenca baja del cañón del río Suárez (Santander, Colombia). (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Instituto de Ciencias Naturales Bogotá, Colombia. 153 Pp.
- Favreau, M. (1987). *Phytogeography of the bryophytes of Sugar Maple Forest in Gaspé, Peninsula, Québec*. Thesis of Master of Science. Department of Biology, Memorial University of Newfoundland. 105 Pp.
- Frahm, J.P. (2012). The phytogeography of European bryophytes. *Botanica Serbica*, 36(1):23-36.
- Florschütz-de Waard, J. & P.A. Florschütz. (1979). Estudios sobre criptógamas colombianas III. Lista comentada de los musgos de Colombia. *The Bryologist*, 82:215-259.
- Gil-Novoa, J.E. (2012). Estratificación vertical de briófitos epífitos de *Quercus humboldtii* Bonpl. en el Parque Natural Municipal "Robledales de Tipacoque"

- (Boyacá-Colombia). (Trabajo de grado). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ciencias Básicas. Escuela de Ciencias Biológicas. 61 Pp.
- Gil-Novoa, J.E. & M.E. Morales-P. (2014). Estratificación vertical de briófitos epífitos de *Quercus humboldtii* (Fagales: Fagaceae) en el Parque Natural Municipal "Robledales de Tipacoque" (Boyacá - Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 62(2):719-727.
- Gil-Leguizamón, P.A. 2016. Análisis multitemporal de la vegetación del Macizo de Bijagual, Boyacá. Tunja. Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 118 pp.
- Gradstein, S.R. & W.H.A. Hekking. (1979). Studies on Colombian cryptogams IV. A catalogue of hepaticae of Colombia. *Journal Hattori Botanical Laboratory*, 45:93-144.
- Gradstein, S.R. (1990). Species richness and phytogeography of the bryophyte flora of the Guianas, with special reference to the lowland forest. *Tropical Bryology*, 2:117-126.
- Gradstein, S.R, Churchill, S. & N. Salazar-Allen. (2001). Guide to the bryophytes of Tropical America. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 86:1-577.
- Gillung, J.P. (2011). Biogeografía: a história da vida na Terra. *Revista da Biologia*, Vol. Esp. Biogeografía:1-5.
- Herzog, K., Martínez, R., Jørgensen, P. & H. Tiessen. (2011). Climate change and biodiversity in the tropical Andes. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), 348 pp.
- Herzog, T. (1926). Die geographie der moose. Pp. i-xi, 1-439. Jena.
- Hofstede, R., Segarra, P. & P. Mena. (2003). Los páramos del mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia. Quito. 299 pp.
- Lagos, M., Sáenz, F. & M. Morales. (2008). Briófitos reófilos de tres quebradas del páramo de Mamapacha. Chinavita (Boyacá - Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 13(1):143-160.
- Linares, E. (1986). Estudio taxonómico y ecológico de la brioflora en la franja alto andina de "El Tablazo" Cundinamarca (Trabajo de grado). Bogotá: Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Pp.
- Llorente-Bousquets, J., Papavero, N. & A. Bueno-Hernández. (2001). Síntesis histórica de la biogeografía. En: Llorente-Bousquets, J. & J.J. Morrone. (Eds.). *Introducción a la biogeografía latinoamericana: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. UNAM. México, 1-14 pp.
- Londoño, C., Cleef, A. & S. Madriñan. (2014). Angiosperm flora and biogeography of the páramo region of Colombia, Northern Andes. *Flora*, 209:81-87.
- Luteyn, J.L. (1997). Fitodiversidad y conservación del páramo. *Arnaldoa*, 3(3):15-24.
- Luteyn, J.L. (1999). Paramos: A checklist of plant diversity, geographical distribution, and botanical literature. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 84:278 p.
- Montenegro, L.C., Chaparro, M. & A. Barón. (2005). Regulación hídrica de cinco musgos del páramo de Chingaza. 4-25 p. En: Bonilla, M. (Ed.). *Estrategias adaptativas de plantas del páramo y del bosque altoandino en la cordillera Oriental de Colombia*. Editorial Universidad Nacional de Colombia.

- Morales, M., Otero, J., van der Hammen, T., Torres, A., Cadena, C., Pedraza, C., Rodríguez, N., Franco, C., Betancourth, J.C., Olaya, E., Posada, E. & L. Cárdenas. (2007). Atlas de páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 208 p.
- Morales-Puentes, M.E., C.N. Díaz Pérez, P.A. Gil-L., E.C. Sánchez, J.E. Gil Novoa, M.D. Cortes, V.M. Alvarado, N.T. Manrique, W.J. Bravo, N.A. Camargo, J.A. Olaya.... 2015. Informe final Complejo Tota-Bijagual-Mamapacha. Convenio No. 14-13-014-195CE. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia & Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt. 379 p.
- Morales, M.E. & A.S. Pérez. (1992). Introducción al estudio de la brioflora del Santuario de Fauna y Flora de Iguaque, Arcabuco, Boyacá-Colombia. (Tesis de pregrado), Universidad Pedagógica Nacional, Departamento de Biología, Bogotá, D.C.
- Monasterio, M. (1980). Las formaciones vegetales de los páramos venezolanos. En: Monasterio, M. (Ed.). Estudios ecológicos en los páramos. Universidad de los Andes, Mérida.:47-92.
- Mora, L.E. & H. Sturm. (1994). Estudios ecológicos del páramo y del bosque altoandino. cordillera Oriental. Colombia. Tomo I, Bogotá.
- Papavero, N. & T.D. Martins. (2003). Os viajantes e a biogeografía. 1-8 p. En: Morrone, J.J. & B.J. Llorente. (Eds.). Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía. UNAM. México.
- Porrás, S. (2011). Diversidad y abundancia de los musgos (Briophyta) en un gradiente altitudinal del Parque Natural Municipal "Robledales de Tipacoque" Tipacoque, Boyacá-Colombia. (Trabajo de grado). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ciencias Básicas. Escuela de Ciencias Biológicas. Pp.
- Preston, C.D. & M.O. Hill. (1999). The geographical relationships of the British and British flora: a comparison of pteridophytes, flowering plants, liverworts and mosses. *Journal of Biogeography*, 26:629-642.
- Ramsay, H.P. & A. Cairns. (2004). Habitat, distribution and the phytogeographical affinities of mosses in the Wet Tropics bioregion, north-east Queensland, Australia. *Cunninghamia*, 8(3):371-408.
- Rangel-Ch., O. (2000). La región de vida paramuna. La región paramuna y franja aledaña en Colombia. Diversidad Biótica III. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá. 902 p.
- Rangel-Ch., O. (2002). Flora de los páramos de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá. Pp.
- Rangel-Ch., J.O., Cleef, A.M., van der Hammen, T. & R. Jaramillo-M. (1982). Tipos de vegetación en el transecto Buritaca-La Cumbre Sierra Nevada de Santa Marta (entre 0 y 4100 m). *IGAC. Bogotá. Colombia Geográfica*, 10(1):1-18.
- Rivera-Díaz, O. & J.L. Fernández-Alonso. (2003). Análisis corológico de la flora endémica de la Serranía de Perijá, Colombia. *Anales Jardín Botánico de Madrid*, 60(2):347-369.
- Ruíz, E.Y., Linares, E.L. & M.E. Morales-Puentes. (2006). *Sphagnum* (Sphagnaceae) en el departamento de Boyacá, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias, Exactas, Físicas y Naturales*, 30(114):31-45.

- Sánchez-Montaño, L.R. & S.M. Gélvez-Gélvez. (2004). Aspectos florísticos y fitogeográficos de Pamplona. *Bistua*, 2(2):43-49.
- Santos, N.D. & D.P. da Costa. (2010). Phytogeography of the liverwort flora of the Atlantic Forest of southeastern Brazil. *Journal of Bryology*, 32:9-22.
- Shaw, J. & K. Renzaglia. (2004). Phylogeny and diversification of bryophytes. *American Journal of Botany*, 91(10):1557-1581.
- Schuster, R.M. (1983). Phytogeography of the bryophyta. Pp. 463-626. En: Schuster, R.M. (Ed.). *New manual of bryology*. Vol. 1. The Hattory Botanical Laboratory.
- Simijaca, D.F. (2011). Líquenes epífitos de *Quercus humboldtii* en el Parque Natural Municipal Robledales de Tipacoque (Boyacá-Colombia). (Trabajo de grado). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ciencias Básicas. Escuela de Ciencias Biológicas. 99 Pp.
- Sturm, H. & J.O. Rangel-Ch. (1985). Ecología de los páramos andinos: Una visión preliminar integrada. Biblioteca J. Jerónimo Triana. Instituto de Ciencias Naturales. ICN. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 292 Pp.
- Sturm, H. (1998). The ecology of the paramo region in tropical high mountains. Verlag Franzbecker. Alemania. 286 Pp.
- Universidad Militar Nueva Granada & Corpochivor. (2009). Páramo de Bijagual. En: Contrato Interadministrativo N°043/2008 para la “complementación y actualización del estudio sobre el estado del área de páramos en los sectores de Bijagual, Mamapacha, Cristales y Castillejo, en la jurisdicción de Corpochivor y formular un Plan de Manejo Ambiental, para dichas áreas”. 178 Pp.
- Uribe, J. & J. Aguirre. (1997). Clave para los géneros de hepáticas de Colombia. *Caldasia*, 19(1-2):13-27.
- Uribe, J. & S.R. Gradstein. (1998). Catalogue of hepaticae and anthocerotae of Colombia. *Bryophytorium Bibliotheca* 53. Stuttgart, Germany. 100 p.
- Uribe, J. & S.R. Graedstein. (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.
- Van der Hammen, T. (1997). Páramos. En: Chávez, M.E. & N. Arango. (Eds.) informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia. Pp.
- Van der Hammen, T. & A. Cleef. 1983. Datos para la historia de la flora Andina. *Revista Chilena de Historia Natural*, 56:97-107.
- Vanderpoorten, A., Devos, N., Goffinet, B., Hardy, O.J. & A.J. Shaw. (2008). The barriers to oceanic island radiation in bryophytes: insights from the phylogeography of the moss *Grimmia montana*. *Journal of Biogeography*, 35:654-663.
- Vanderpoorten, A. & B. Goffinet. (2009). Introduction to bryophytes. Cambridge University Press, New York. 303 pp.
- Vargas, D.L. (2011). Hepáticas del Parque Natural Municipal “Robledales de Tipacoque”, Boyacá-Colombia. (Trabajo de grado). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ciencias Básicas. Escuela de Ciencias Biológicas. 106 Pp.

- Vargas-Rojas, D.L. & M.E. Morales-Puentes. (2014). Hepáticas del Parque Natural Municipal "Robledales de Tipacoque", Boyacá-Colombia. *Universitas Scientiarum*, 19(3):201-211.
- Velandia, G. & M. Zipa. (2003). Diversidad y distribución de briófitos en parches de bosque y páramo en Mamapacha, Chinavita-Boyacá, Colombia. [Trabajo de grado]. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ciencias Básicas. Escuela de Ciencias Biológicas. 213 pp.
- 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.
- 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. (2003). Estudios en ecosistemas tropandinos. Diversidad y ecología de las comunidades epifíticas en la cordillera Central, Colombia, 5:452-502.
- Zhang, L. & R.T. Corlett. (2003). Phytogeography of Hong Kong bryophytes. *Journal of Biogeography*, 30:1329-1337.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZACIÓN DE LA BRIOFLORA DEL COMPLEJO DE PÁRAMOS TOTA-BIJAGUAL-MAMAPACHA, BOYACÁ, COLOMBIA

INTRODUCCIÓN

Los páramos han sido definidos como aquellos ecosistemas únicos en el neotrópico, que comprenden extensas zonas entre el bosque alto andino y las nieves perpetuas; caracterizados por altos niveles de radiación lumínica y gran número de endemismos (Rangel-Ch., 2002; Hofstede et al., 2003). Son reconocidos por la alta diversidad de especies y hábitats; además de la cantidad de servicios ecosistémicos que ofrecen, como la regulación del ciclo hídrico y del clima regional, captura y almacenaje de gas carbónico y ser hábitat de especies polinizadoras y dispersoras de semillas (Rivera & Rodríguez, 2011).

El 60% de los páramos de Colombia, se encuentran en la cordillera Oriental colombiana, en donde se ubica el complejo Tota-Bijagual-Mamapacha (TBM), siendo el cuarto más grande del país, con 127.310 ha, superado por El Cocuy, Cruz Verde-Sumapaz y Santa Marta (Morales et al., 2007). Infortunadamente, es uno de los que mayor modificación del paisaje ha sufrido con cerca de 57,3% del área afectada, principalmente, por la agricultura (Morales, et al. 2007).

Los estudios sobre vegetación en el Complejo TBM, se han enfocado a investigaciones en áreas pequeñas, como el trabajo de Alfonso (2005), quien caracteriza la vegetación del páramo de Moyas (Aquitania-Boyacá); Moreno (2006) estudió el estado actual de la vegetación del páramo El Tobal (Aquitania-Boyacá); Carillo-Fajardo (2013), presento un estudio fitogeográfico de la flora paramuna del Macizo de Bijagual, y Gil (2016) realizó un análisis multitemporal de la vegetación del mismo sector. Entre tanto, en plantas no vasculares el primer trabajo dirigido al conocimiento de los briófitos en el páramo colombiano es el realizado por Bartram (1953) quien compila las colecciones realizadas por A.H.G. Alston, en los páramos de Venezuela y Colombia.

Específicamente para el departamento de Boyacá, los únicos estudios que se documentan hasta la fecha, son las investigaciones realizadas por Velandia & Zipa (2003), Álvaro et al. (2007) y Lagos et al. (2008), quienes estudiaron las hepáticas terrestres y los briófitos reófilos, respectivamente, en el cerro de Mamapacha (Chinavita), así como el informe en el estudio sobre la delimitación de páramos, donde el autor de esta tesis (Morales-P. et al., 2015) participa como autor principal del componente de las plantas no vasculares del Complejo TBM, donde, los organismos avasculares (briófitos y líquenes) registraron 61 familias, 117 géneros y 215 especies, siendo las familias más diversas Leucobryaceae con 18 especies, seguida de Lejeuneaceae (15) y Lepidoziaceae con 16 especies. A su vez, *Campylopus* es el género más diverso con 16 especies, seguido de *Lepidozia* (9).

Es así como nace la necesidad de refinar un trabajo profundo y detallado sobre el conocimiento de la brioflora en complejo de páramos Tota-Bijagual-Mamapacha, y se realiza la caracterización de musgos y hepáticas, en seis páramos del complejo mencionado, como un aporte al estudio de plantas no vasculares en los páramos del departamento de Boyacá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Según Morales et al. (2007), el complejo de páramos Tota-Bijagual-Mamapacha (TBM) está ubicado en la parte oriental del departamento de Boyacá. Posee un área de 127,310 ha. entre los 3100 y 3900 m. Cuenta con una temperatura promedio entre 6 y 12 °C y precipitación entre los 500 y 1000 mm anuales, en un régimen bimodal entre abril y noviembre y descensos en agosto y septiembre. Posee dos vertientes, siendo la oriental más húmeda que la occidental, lo que determina que los páramos de la vertiente oriental sean húmedos, mientras que los de la vertiente occidental sean clasificados como páramos secos. Dentro del complejo se encuentra el espejo de agua de alta montaña más grande del país, el cual corresponde al lago de Tota con una superficie de 60 km² (Morales et al., 2007, Morales-P., et al. 2015, Fig. 1).

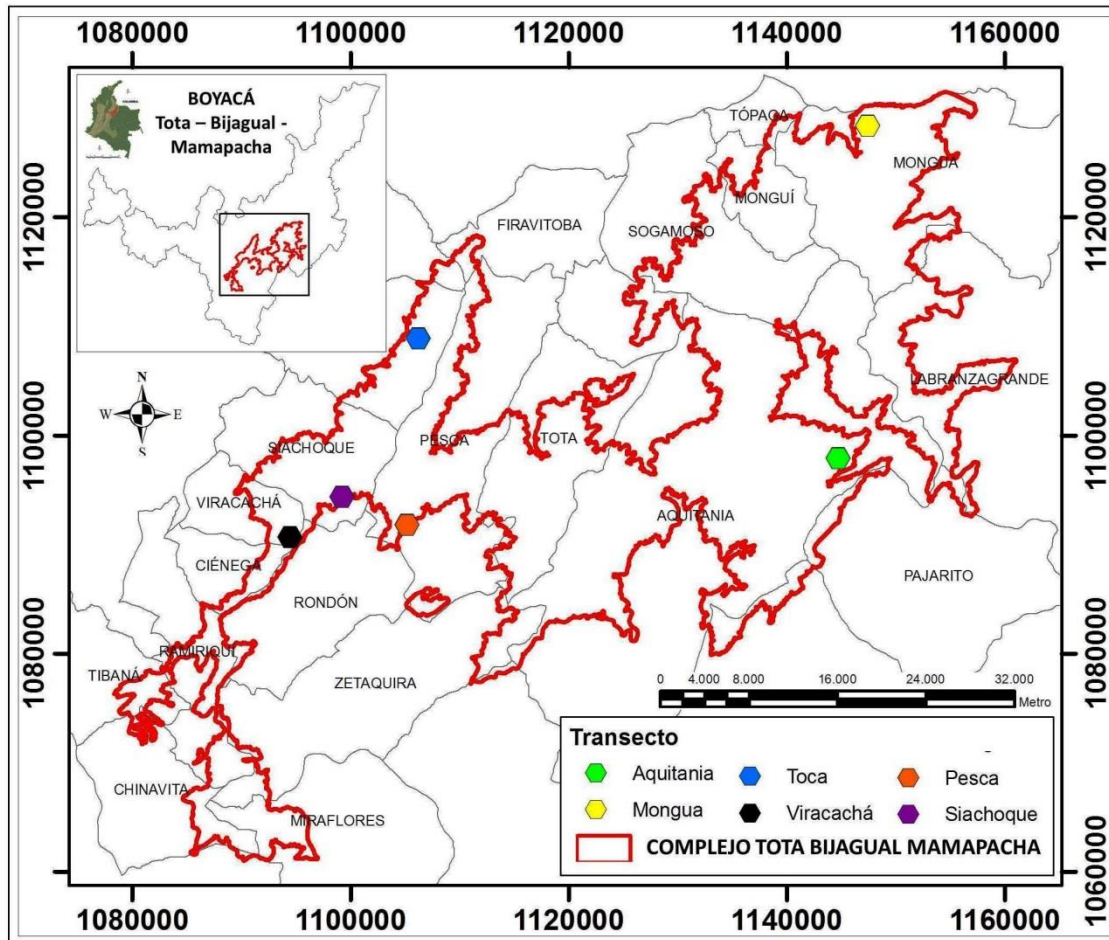


Figura 1. Distribución del Complejo de páramos Tota-Bijagual-Mamapacha (Complejo de Páramos Tota-Bjagual-Mamapacha, Distrito Páramos de Boyacá sector cordillera Oriental); los hexágonos corresponden a los transectos seleccionados para caracterización (tomado de Morales-P., et al. 2015).

Fase de campo

El estudio fue realizado en seis páramos del complejo, pertenecientes a los municipios de Siachoque, Viracachá, Toca, Pesca, Mongua y Aquitania (Figs. 1 y 2), durante los meses de julio de 2014 y abril de 2016. Se establecieron entre cuatro y cinco parcelas de 12.5x4 m, a partir del límite entre el bosque y el páramo, con un total de 29 estaciones de muestreo, entre los 2956 y 3676 m, diferenciando entre zona de transición (dos primeras parcelas de abajo hacia arriba) y páramo propiamente dicho (parcelas subsiguientes). El material se recolectó sobre todos los sustratos disponibles (rocas, suelo desnudo, hojarasca, epifilos, materia orgánica en descomposición

(maordes), árboles y arbustos hasta 2 m de alto). Para cada una de las muestras se realizaron registros fotográficos y descripciones de características morfológicas que podían perderse en el proceso de secado; además, se tomaron datos de fecha, localidad, georeferenciación, forma de crecimiento, número de colección y colectores. Para las formas de crecimiento, se siguió la propuesta de Calzadilla & Churchill (2014).

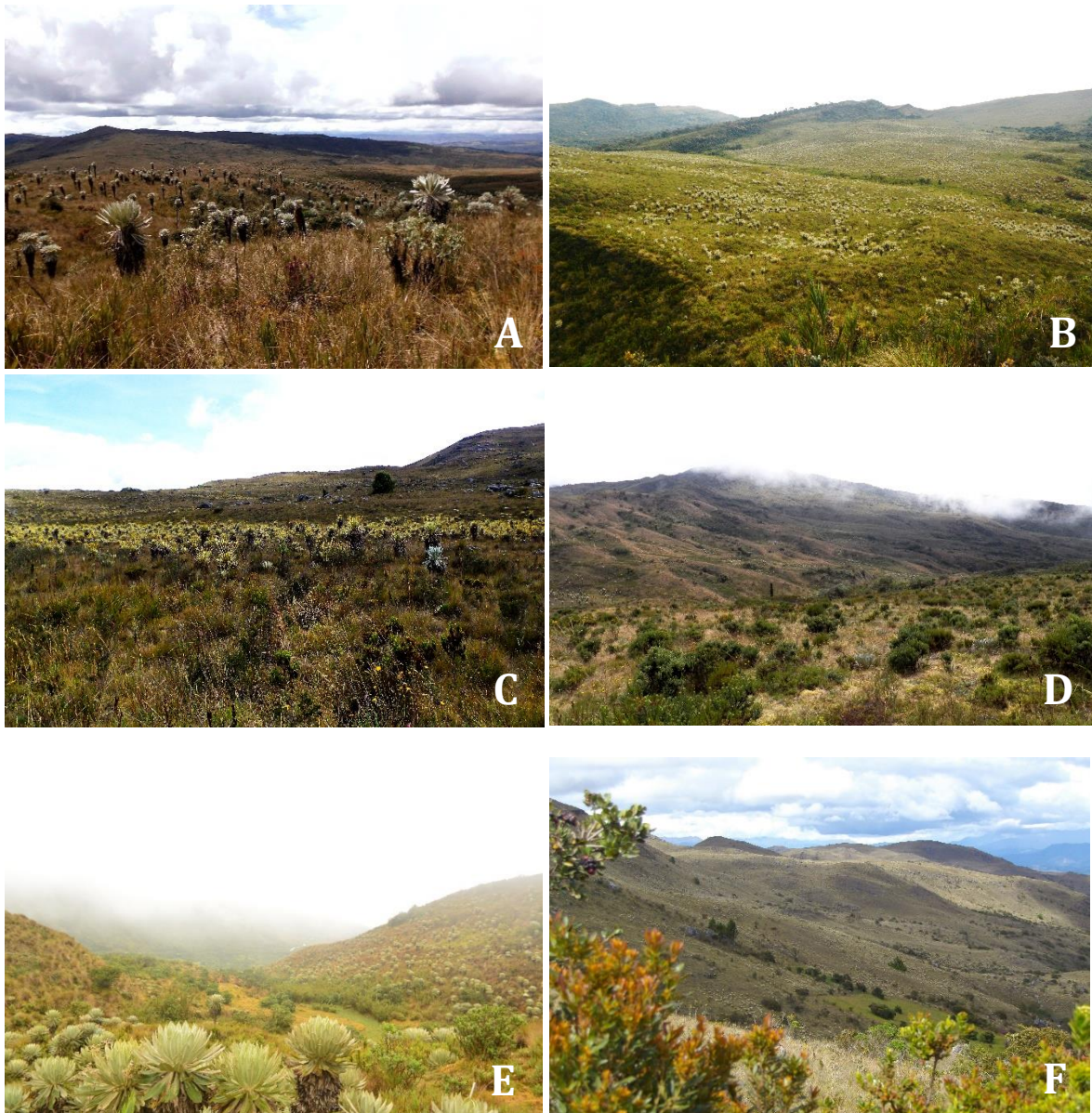


Figura 2. Panorámicas de cada uno de los seis lugares de muestreo: **A.** Siachoque **B.** Viracachá **C.** Pesca **D.** Tota **E.** Mongua **F.** Aquitania.

Fase de laboratorio

Se realizó en el Herbario UPTC siguiendo los protocolos de herborización para plantas no vasculares. El proceso de determinación se realizó mediante la utilización de literatura especializada para cada grupo (claves, revisiones, monografías, descripciones y protólogos) y se contó con la colaboración de especialistas para la determinación y corroboración de algunas especies. Se revisaron las colecciones de plantas no vasculares de los herbarios UPTC (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia), Tunja y Field Museum of Natural History (F), Chicago - EU, además de las colecciones en línea de COL (Universidad Nacional de Colombia).

Para la clasificación de familias y géneros se siguieron las propuestas a continuación mencionadas: para musgos, se siguieron los lineamientos de Goffinet, et al. (2009), para hepáticas Crandall-Stotler et al. (2009) y para antoceros se siguió a Duff, et al. (2007). Para efectos de sinonimia de especies y nuevos registros en el departamento de Boyacá, se siguió el Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia (Bernal, et al. 2015), y para las formas de crecimiento, se siguió la propuesta de Calzadilla & Churchill (2014).

Análisis de información

Se determinó la composición florística de familias, géneros y especies o morfoespecies, tanto del páramo como de la zona de transición. Así mismo, se calculó la frecuencia de especies para cada uno de los páramos estudiados en términos de presencia/ausencia.

RESULTADOS

Riqueza de briófitos en el complejo Tota-Bijagual-Mamapacha (TBM)

Para el complejo TBM, se registran 58 familias, 117 géneros y 261 especies de briófitos, incluidos los registros de la zona de transición. A nivel de grandes grupos, los musgos se encuentran mejor representados con 160 especies (33 familias y 71 géneros), seguidos de las hepáticas con 100 (24/45) y una especie de antocero. Para el área de páramo se registran 53 familias (31 musgos y 22 hepáticas), 106 géneros

(66/40) y 216 especies (138/78), mientras que, para la zona de transición, se registran 41 familias (23 musgos, 17 hepáticas y un antocero), distribuidas en 60 géneros (30/29/1) y 120 especies (65/54/1). 75 especies (28,73%) se registran, tanto en la zona de transición como en el páramo propiamente dicho.

En el páramo, las familias de musgos con mayor riqueza de especies son Leucobryaceae (23 especies), Pottiaceae (16) y Sphagnaceae (14), mientras que, a nivel de géneros, *Campylopus* presenta el valor más alto con 21 especies, seguido de *Sphagnum* (14) y *Breutelia* (8). En cuanto a hepáticas, Lejeuneaceae registra el valor más alto con 13 especies, seguida de Lepidoziaceae (10) y Lophocoleaceae (9); los géneros con mayor riqueza son *Plagiochila* con siete especies y *Frullania* y *Lepidozia* con seis especies cada uno. En el caso de la zona de transición, las familias de musgos con mayor riqueza son Leucobryaceae (15 especies), Pottiaceae (10) y Bartramiaceae (6), mientras que los géneros más ricos fueron *Campylopus* (14 especies) y *Breutelia* y *Leptodontium* (6 cada uno). En cuanto a hepáticas, la riqueza más alta la registraron las familias Lejeuneaceae con 13 especies, seguido de Frullaniaceae (8) y Plagiochilaceae (7), y los géneros *Frullania* (8), *Plagiochila* (7) y *Metzgeria* (6).

Formas de vida

No se observaron diferencias significativas en las formas de vida, entre los briófitos ubicados en el arbustal y los del páramo. Para ambos tipos de hábitat, las formas de vida dominantes en términos de riqueza, fueron los cojines con 101 especies, seguidos de los céspedes con 67 y las formas en tapiz con 40 (fig. 2), mientras que las formas de vida menos frecuentes fueron las matas postradas y decumbentes.

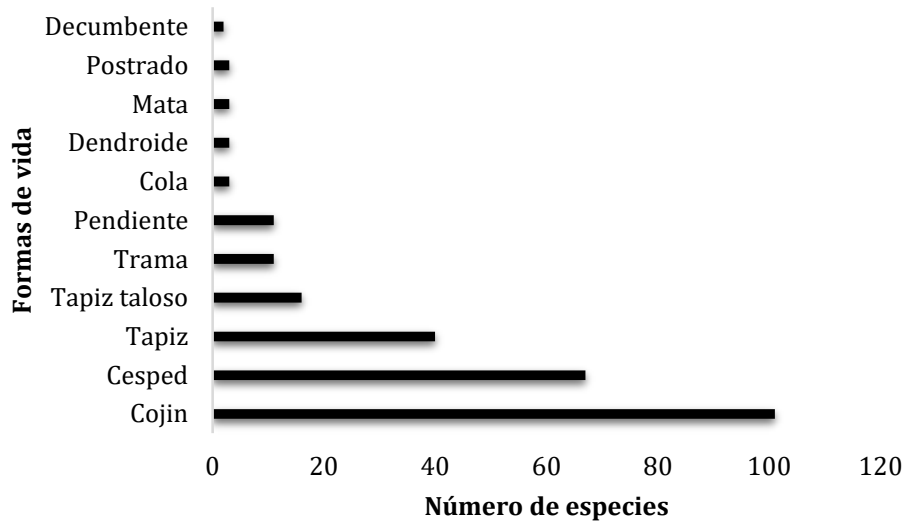


Figura 3. Número de especies por formas de vida de briófitos en el Complejo de Páramos Tota-Bijagual-Mamapacha (TBM), Boyacá - Colombia.

Tipos de sustratos

Para la zona de páramo se colectaron 121 especies sobre el suelo y 79 sobre la corteza de arbustos, mientras que, en la zona de transición, 73 especies se colectaron sobre el suelo y 47 sobre corteza de arbustos, siendo los sustratos que mayor cantidad de especies registraron. En términos generales, para las dos zonas, el sustrato terrícola registra la mayor riqueza de especies con 158, seguida del cortícola (107), rupícola (40), materia orgánica en descomposición (17), sobre especies de *Espeletia* spp. (8) y epífilos (5). *Campylopus dicnemoides* y *Herbertus grossispinus* son las especies que mayor cantidad de sustratos colonizan, al ser recolectadas sobre cuatro sustratos diferentes: corteza de arbustos, roca, suelo y *Espeletia* spp.; así también, 13 especies (10 musgos y tres de hepáticas) se colectaron sobre tres sustratos diferentes, y 47 especies (24 musgos y 23 hepáticas) se recolectaron sobre dos tipos de sustrato. 192 especies (un antocero, 120 musgos y 71 hepáticas) se registraron en sólo un tipo de sustrato.

Nuevos registros para el departamento

Para el departamento de Boyacá se encuentran 40 nuevos registros de briófitos (20 especies de musgos y 20 de hepáticas), entre los que se destaca un género previamente desconocido para el país, *Platycaulis* (con *P. renifolia*: Lophocoleaceae), conocido previamente para Venezuela y Ecuador (Gil-Novoa, et al. 2017). Así mismo, se presenta el redescubrimiento de *Lejeunea elongella* (Lejeuneaceae, conocida sólo para la localidad tipo), y *Cololejeunea microscopica* (Lejeuneaceae), se registra por primera vez para la alta montaña, en Colombia sólo registrada para los departamentos de Chocó y Magdalena hasta los 2200 m (Bernal, et al. 2015).

DISCUSIÓN

Varias investigaciones, tanto en plantas vasculares (Cleef, 1983; van der Hammen & Cleef, 1983; Londoño, et al. 2014; Llambi, 2015) como líquenes (Sipman, 1992; 2002; Lücking, et al. 2014; Lücking, et al. 2016) y briófitos (Linares, et al. 2000; Uribe & Rangel-Ch, 2000; Aguirre-C., 2008), han demostrado que los páramos colombianos son regiones con alta diversidad. En el mismo sentido, el complejo de páramos TBM no es la excepción. Se han realizado varios trabajos sobre el estudio de la diversidad de plantas vasculares que así lo demuestran (Alfonso, 2005; Moreno, 2006; Carrillo-Fajardo, 2013; Gil, 2016) y que han contribuido a que su diversidad vegetal sea conocida en gran medida, pero no sucede lo mismo con las plantas no vasculares, pues solo se cuenta con los adelantos dados en el Complejo TBM (Morales-P., et al., 2015).

Los resultados de este estudio muestran que en el complejo de paramos TBM, existen por lo menos 267 especies de plantas no vasculares, que representan el 47,07% de las especies de musgos registradas por Churchill & Linares (1995) en la franja entre los 3000 y 3500 m y el 37,03% de las hepáticas entre los 3000 y 4000 m (Uribe & Gradstein, 1999). Estos resultados muestran que el complejo TBM es un área de considerable riqueza taxonómica, tanto en musgos como en hepáticas, ya que este porcentaje de especies se encuentra para el 6,36% de área de páramo nacional (Morales, et al. 2007).

Los estudios sobre briófitos en páramos colombianos, muestran que, en cuanto a musgos, las familias con mayor número de especies son Dicranaceae (incluye *Campylopus* y *Atractylocarpus*) y Pottiaceae (Linares, et al., 2000; Aguirre-C., 2008), mientras que, para hepáticas, Lejeuneaceae, Plagiochilaceae y Lepodoziaceae son las familias con mayor riqueza (Uribe & Rangel, 2000), lo que coincide con lo registrado para el complejo TBM. Estas familias se caracterizan por su alta diversidad, no sólo en la alta montaña Andina, sino también en todo el Neotrópico (Gradstein, et al. 2001).

A nivel de géneros de musgos, *Campylopus*, *Sphagnum*, *Leptodontium*, *Breutelia* y *Rhodobryum* son los cinco con mayor riqueza específica, mientras que *Plagiochila*, *Frullania*, *Lepidozia*, *Metzgeria* y *Riccardia* son los de mayor riqueza en hepáticas para el complejo TBM, lo que coincide en parte con lo registrado en estudios realizados en páramos colombianos (Aguirre-C., 2008; Avendaño & Aguirre-C., 2008; Uribe & Rangel, 2000; Linares, et al., 2000).

Leucobryaceae y Pottiaceae, se han registrado como familias que, en términos generales, se adaptan a ambientes con fuertes cambios de temperatura y humedad, especialmente con taxones, como *Campylopus*, muy diverso en zonas alto andinas y de páramo (Frahm, 1990), debido a sus características morfológicas, tales como, células hialinas (en varias especies), paredes celulares gruesas, hialocistos ventrales sobre la costa y ápices largos (Frahm, 1991).

Como lo menciona Griffin (1990), las condiciones generadas por los ambientes en las altas montañas, favorecen el establecimiento de musgos acrocárpicos. Los cinco géneros, con mayor número de especies, tienen en común esta característica y agrupan el 41,87% de la riqueza de especies para la zona de estudio, así como siete de las 10 especies más abundantes (*Sphagnum magellanicum*, *Breutelia polygastrica*, *B. subdisticha*, *Campylopus fragilis*, *C. nivalis*, *Chorisodontium mittenii* y *Polytrichadelphus longisetus*). Las especies de musgos pleurocárpicos y con mayor abundancia son *Rhacocarpus purpurascens*, *Pleurozium schreberi* y *Thuidium peruvianum*, especies muy comunes en ecosistemas de páramo, debido a que, principalmente por su coloración están adaptados a este tipo de ambientes (Gradstein, et al. 2001).

Lejeuneaceae, Lepidoziaceae y Plagiochilaceae son familias altamente diversas en las partes altas de los Andes, específicamente las dos últimas en el páramo (Gradstein, 2016; en prep.). Sus hábitos de crecimiento son foliosos, usualmente de tamaños pequeños y principalmente crecen epífitas sobre los escasos arbustos (Lejeuneaceae) o en el suelo (Lepidoziaceae y Plagiochilaceae), asociadas con otras especies de briófitos como musgos del género *Campylopus*, formando cojines amplios.

Al analizar la diferencia en la composición de especies entre la zona de transición y el páramo, se observa que el 18,77% se distribuyen únicamente en la zona de transición, mientras que el 53,63% son exclusivas del páramo, lo que indica una marcada diferencia en la composición de especies en las dos áreas evaluadas. Diferencia que puede estar dada por dos factores: la adaptación a los ambientes en cada una de las zonas y de otro lado puede estar la disponibilidad de sustratos.

Varios autores han mencionado que las formas de vida de briófitos, se adaptan como respuesta a las condiciones microclimáticas propias de la región donde se establecen (Costa, 1999; Kürschner & Parolly, 2005; Kürschner, et al. 2006). Según Birse (1957) y Vanderpoorten & Goffinet (2009), las formas de vida con ramificaciones pequeñas y uniformes, como los cojines, los céspedes y los tapices se dan en su mayoría como respuesta a condiciones de alta luminosidad y en lugares elevados, ya que el poco espacio que existe entre las ramas, evita que se pierda agua en grandes cantidades y exista una mejor retención por capilaridad. Las condiciones climáticas propias del páramo (alta radiación, temperaturas contrastantes y fuertes vientos), sumado a la ausencia de especies vegetales arbóreas, pueden llegar a ser un factor limitante para el desarrollo de algunas especies de briófitos con aquellas formas de vida en que sus ramificaciones quedan muy expuestas a las variaciones ambientales, como las formas en mata, postradas y dendroides.

El suelo es el sustrato que mayor riqueza de especies de briófitos registra, lo que puede estar directamente relacionado con la disponibilidad del mismo (Frahm, 2012). Para las zonas de páramo y subpáramo del complejo TBM, la vegetación arbustiva tiende a ser escasa, donde empieza una dominancia de especies de frailejones y algunas especies de *Chusquea* spp., que pueden ser colonizadas por especies de

briófitos como de la familia Lejeuneaceae (*Aureolejeunea paramicola*, *Drepanolejeunea linchenicola*, *Lejeunea filiformis*, entre otras) que, debido a su forma de crecimiento, completamente adheridos al sustrato, se adaptan fácilmente a estos ambientes; al igual que especies de la familia Frullaniaceae (*Frullania brasiliensis* y *F. caulisequa*), cuyas especies crecen colgantes sobre las ramas de arbustos (Gradstein & Uribe, 2011). En cuanto al sustrato suelo, las especies suelen crecer asociadas a la vegetación vascular, como Leucobryaceae (*Atractylocarpus longisetus*, *Campylopus flexuosus* y *C. richardii*) y Plagiochilaceae (*Plagiochila fuscolutea* y *P. ovata*), en sitios completamente abiertos: Bartramiaceae (*Bartramia mathewsii*, *Breutelia brittoniae* y *B. trianae*), Pottiaceae (*Leptodontium brachyphyllum*, *L. viticulosoides*, y *Trichostomum tenuirostre*) y Jamesoniellaceae (*Syzygiella liberata* y *S. rubricaulis*), o asociadas a humedales: *Sphagnaceae* (*Sphagnum compactum* y *S. perichaetiale*) y Aneuraceae (*Riccardia judithae* y *R. paramorum*), todas con forma de crecimiento similar, perpendicular al sustrato y con pocas ramificaciones, lo que puede ser una adaptación para sobrevivir a las condiciones climáticas del páramo (Richards, 1984).

El alto número de nuevos registros para el departamento de Boyacá (40), muestra que las montañas colombianas aún son regiones que pueden albergar un número considerable de especies poco conocidas o de distribución restringida. Esto, puede ser el resultado de factores como la baja intensidad de los muestreos, falta de revisión de material por parte de especialistas en herbarios regionales, así como, la falta de curaduría de plantas no vasculares en herbarios.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre-C., J. (2008). Diversidad y riqueza de los musgos en la región natural andina o sistema cordillerano. En: J.O. Rangel (Ed.). Colombia diversidad biótica VI. Riqueza y diversidad de musgos y líquenes en Colombia. (pp. 19-54). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá, DC.
- Avendaño, K. & J. Aguirre-C. (2008). Los musgos de la Serranía de Perijá (Cesar - Colombia). En: O. Rangel-Ch. (Ed.). Colombia diversidad biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia (pp. 61-76). Universidad

- Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá.
- Alfonso, E.R. (2005). Vegetación del Páramo Las Moyas, Cuenca Hidrográfica del Lago de Tota (Aquitania-Boyacá) Colombia. Trabajo de grado. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Álvaro, W., Díaz, M. & M.E. Morales (2007). Catálogo comentado de las hepáticas de cerro de Mamapacha, municipio de Chinavita- Boyacá, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 12(1):67-86.
- Bartram, E.B. (1953). Paramo Mosses of Venezuela and Colombia, Collected by A.H.G. Alston. *The Bryologist*, 56(3):165-168.
- Bernal, R., Gradstein, S.R. & M. Celis (Eds.) (2015). Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>
- Birse, E.M. (1957). Ecological studies on growth-form in bryophytes. *Journal of Ecology*, 45(3):721-733.
- Calzadilla, E. & S.P. Churchill (2014). Glosario ilustrado para musgos neotropicales. Missouri Botanical Garden & Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado. La Rosa Editorial, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 123 pp.
- Carrillo-F., M.Y. (2013). Fitogeografía de la flora paramuna del macizo de Bijagual, Boyacá-Colombia. Programa de Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Boyacá. 148 pp.
- Churchill, S. & E. Linares (1995). *Prodromus Bryologiae Novo-Granatensis*. Introducción a la flora de musgos de Colombia. Partes 1 y 2. Bogotá. Editorial. Guadalupe Ltda. 928 pp.
- Cleef, A. (1983). Fitogeografía y composición de la flora vascular de los páramos de la cordillera Oriental colombiana (estudio comparativo con otras altas montañas del trópico). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 15(58):23-29.
- Costa, D.P. (1999). Epiphytic bryophyte diversity in primary and secondary lowland rainforests in Southeastern Brazil. *The Bryologist*, 102(2):320-326.
- Crandall-Stotler, B.J., Stotler, R.E. & D.G. Long (2009). Phylogeny and classification of the Marchantiophyta. *Edinburgh Journal of Botany*, 66(1):155-198.
- Duff, R.J., Villarreal, J.C., Cargill, D.C. & K.S. Renzaglia (2007). Progress and challenges toward developing a phylogeny and classification of the hornworts. *Bryologist*, 110(2):214-243.
- Frahm, J-P. (1990). The origin and distribution of Neotropical species of *Campylopus*. *Tropical Bryology* 3:1-18.
- Frahm, J-P. (1991). Dicranaceae: Campylopodioideae, Paraleucobryoideae. *Flora Neotropica Monograph* 54. The New York Botanical Garden. 240 pp.
- Frahm, J-P. (2012). Mosses and liverworts of the Choco region, Colombia. *Archive for Bryology*, 123.
- Gil-Leguizamón, P.A. (2016). Análisis multitemporal de la vegetación del macizo de Bijagual-Boyacá. Programa de Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Boyacá. 118 pp.

- Gil-Novoa, J.E., Morales-Puentes, M. E. & S.R. Gradstein (2015). "Platycaulis renifolia R.M. Schust. New national and regional bryophyte records, 45". Journal of Bryology, 37(4):308 - 329.
- Griffin, D. (1990). Floristics of the South American paramo moss flora. Tropical Bryology 2:127-132.
- Gradstein, S.R, Churchill, S. & N. Salazar-Allen (2001). Guide to the bryophytes of Tropical America. Memoirs of the New York Botanical Garden, 86:1-577.
- Gradstein, S.R. & J. Uribe (2011). A synopsis of the Frullaniaceae (Marchantiophyta) from Colombia. Caldasia, 33(2):367-396.
- Gradstein, S.R. (2016). The genus *Plagiochila* (Marchantiophyta) in Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 40(154):104-136.
- Gradstein, S.R. (En prep.). Guide to the liverworts and hornworts of Colombia and Ecuador.
- Goffinet, B., Buck, W. & J. Shaw (2009). Morphology, anatomy and classification of the bryophyta. (Pp. 55-138). En: Goffinet, B. & J. Shaw. (Eds.). Bryophyte biology. Second Edition. Cambridge University Press. 476 pp.
- Hofstede, R., Segarra, P. & P. Mena (2003). Los páramos del mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia. Quito. 299 pp.
- Kürschner, H. & G. Parolly (2005). Ecosociological studies in Ecuadorian bryophyte communities III. Life forms, life strategies and ecomorphology of the submontane and montane epiphytic vegetation of S Ecuador. Nova Hedwigia, 80(1-2):89-113.
- Kürschner, H., Parolly, G. & A. Erdağ (2006). Life forms and life strategies of epiphytic bryophytes in *Quercus vulcanica* forests of Turkey. Nova Hedwigia, 82(3-4):331-347.
- Lagos, M., Sáenz, F. & M. Morales (2008). Briófitos reófilos de tres quebradas del páramo de Mamapacha. Chinavita (Boyacá - Colombia). Acta Biológica Colombiana, 13(1):143-160.
- Linares, E., Aguirre, J. & J.O. Rangel-Ch. (2000). Musgos. En: J.O. Rangel (Ed.). Colombia diversidad biótica III. La región de vida paramuna de Colombia. (pp. 473-529). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt. Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- Llambi, L.D. (2015). Estructura, diversidad y dinámica de la vegetación en el ecotono bosque-páramo: revisión de la evidencia en la cordillera de Mérida. Acta Biológica Colombiana, 20(3):5-20.
- Londoño, C., Cleef, A. & S. Madriñan (2014). Angiosperm flora and biogeography of the paramo region of Colombia, Northern Andes. Flora, 209:81-87.
- Lücking, R., Dal-Forno, M., Sikaroodi, M., Gillevet, P., Bungartz, F., Moncada, B., Yáñez-Ayabaca, A., Chaves, J.L., Coca, L.F. & J.D. Lawrey. (2014). A single macrolichen constitutes hundreds of unrecognized species. PNAS, 111(30):11091-11096.
- Lücking, R., Dal Forno, M., Moncada, B., Coca, L.F., Vargas-Mendoza, L.Y., Aptroot, A., Arias, L.J., Besal, B., Bungartz, F., Cabrera-Amaya, D.M., Cáceres, M.E.S., Chaves, J.L., Eliasaro, S., Gutiérrez, M.C., Hernández-M., J.E., Herrera-Campos, M.A.,

- Holgado-Rojas, M.E., Jonitz, H., Kukwa, M., Lucheta, F., Madriñán, S., Marcelli, M.P., Martins, S.M.A., Mercado-Díaz, J.A., Molina, J.A., Morales, E.A., Nelson, P.R., Nugra, F., Ortega, F., Paredes, T., Patiño, A.L., Peláez-Pulido, R.N., Pérez-Pérez, R.E., Perlmutter, G.B., Rivas-Plata, E., Robayo, J., Rodríguez, C., Simijaca, D.F., Soto-Medina, E., Spielmann, A.A., Suárez-Corredor, A., Torres, J.M., Vargas, C.A., Yáñez-Ayabaca, A., Weerakoon, G., Wilk, K., Celis-Pacheco, M., Diazgranados, M., Brokamp, G., Borsch, T., Gillevet, P.M., Sikaroodi, M. & J. D. Lawrey. 2016. Turbo-taxonomy to assemble a megadiverse lichen genus: seventy new species of *Cora* (Basidiomycota: Agaricales: Hygrophoraceae), honouring David Leslie Hawksworth's seventieth birthday. *Fungal Diversity*, 1-69.
- Morales-Puentes, M.E., C.N. Díaz Pérez, P.A. Gil-L., E.C. Sánchez, J.E. Gil Novoa, M.D. Cortes, V.M. Alvarado, N.T. Manrique, W.J. Bravo, N.A. Camargo, J.A. Olaya.... 2015. Informe final Complejo Tota-Bijagual-Mamapacha. Convenio No. 14-13-014-195CE. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia & Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt. 379 p.
- Morales, M., Otero, J., van der Hammen, T., Torres, A., Cadena, C., Pedraza, C., Rodríguez, N., Franco, C., Betancourth, J.C., Olaya, E., Posada, E. & L. Cárdenas (2007). Atlas de páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 208 pp.
- Moreno, J.M. (2006). Estudio del estado actual de la vegetación del páramo "El Tobal" cuenca lago de tota municipio de Aquitania-Boyacá. Trabajo de grado. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. xx pp.
- Rangel-Ch., O. (2002). Flora de los páramos de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá.
- Richards, P.W. (1984). The ecology of tropical forest bryophytes (Pp. 1233-1270). In R.M. Schuster (Ed.). *New manual of bryology* (Vol. 2). Nichinan: Hattori Botanical Laboratory.
- Rivera, D. & C. Rodríguez (2011). Guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos de Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 68 pp.
- Sipman, H.J.M. (1992). The origin of the lichen flora of the Colombian paramos. (Pp. 95-109). En: Baslev, H. & L. Luteyn (Eds.). *Paramo, Andean ecosystem under human influence*. Academic Pres.
- Sipman, H.J.M. (2002). The significance of the Northern Andes for lichens. *Botanical Review*, 68(1):88-89.
- Uribe, J. & J.O. Rangel-Ch. (2000). Hepáticas. En: J.O. Rangel (Ed.). *Colombia diversidad biótica III. La región de vida paramuna de Colombia*. (pp. 435-472). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt. Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- Uribe, J. & S.R. Gradstein (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.

- Van der Hammen, T. & A. Cleef. 1983. Datos para la historia de la flora Andina. *Revista Chilena de Historia Natural*, 56:97-107.
- Vanderpoorten, A. & B. Goffinet. (2009). *Introduction to the bryophytes*. Cambridge University Press. New York, NY, US. 303 pp.
- Velandia, G. & M. Zipa. (2003). Diversidad y distribución de briófitos en parches de bosque y páramo en Mamapacha, Chinavita-Boyacá, Colombia. [Trabajo de grado]. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ciencias Básicas. Escuela de Ciencias Biológicas. 000 pp.

CAPITULO 3

ANÁLISIS FITOGEOGRÁFICO DE LA BRIOFLORA DEL COMPLEJO PARAMUNO TOTA-BIJAGUAL-MAMAPACHA (BOYACÁ - COLOMBIA).

INTRODUCCIÓN

El estudio sobre briófitos en los páramos colombianos es relativamente reciente. Las primeras contribuciones a la flora de briófitos colombiana, como los trabajos de Florschütz-de Waard & Florschütz (1979) para musgos, y Gradstein & Hekking (1979) para hepáticas, publican algunas especies de briófitos para estas regiones; sin embargo, en ambas contribuciones se denota la falta de inventarios en los páramos. Cleef (1981), publica una investigación sobre la flora de páramos de la cordillera Oriental colombiana, en donde registra 380 especies de briófitos para esta zona del país, convirtiéndose en la primera investigación direccionada al conocimiento de la brioflora de los páramos. Posteriormente, Luteyn (1999) presenta la primera lista chequeo de páramos de Colombia, en donde Churchill & Griffin (1999) registran 543 especies de musgos y Gradstein (1999) presenta 291 especies de hepáticas.

Si bien, la taxonomía de briófitos en Colombia es un aspecto que aún necesita de esfuerzos para ser conocido de manera óptima, los análisis fitogeográficos, son aún más escasos. Uno de los primeros trabajos sobre biogeografía de briófitos en Colombia, es el realizado por Gradstein, et al. (1989), quienes realizan un análisis del origen de esta flora en los Andes colombianos. Posteriormente, Churchill & Linares, en "*Prodromus bryologiae novo-granatensis*", realizan un primer estudio fitogeográfico de musgos para Colombia, mientras que Gradstein (1998), realiza un análisis de la diversidad de hepáticas en los páramos neotropicales, en donde hace un acercamiento a su fitogeografía. A partir de entonces, el único trabajo sobre distribución biogeográfica en Colombia, es el realizado por Aguirre-C. & Rangel-Ch. (2008), para la serie "Colombia diversidad Biótica".

Teniendo en cuenta la falta de conocimiento sobre las relaciones fitogeográficas de briófitos en ecosistemas de alta montaña para Colombia, se plantea la necesidad de

realizar un análisis de esta índole en el complejo de páramos Tota – Bijagual – Mamapacha (TBM) en el departamento de Boyacá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fase de campo

La caracterización de briófitos fue realizada en seis páramos del complejo Tota-Biajgual-Mamapacha(TBM), pertenecientes a los municipios de Siachoque, Viracachá, Toca, Pesca, Mongua y Aquitania, durante los meses de julio de 2014 y abril de 2015. Para complementar la caracterización de especies, se revisaron las colecciones de los herbarios UPTC (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Boyacá -, 75 especies) y F (Field Museum of Natural History, Chicago - EU, 26), además de las colecciones en línea del Herbario COL (Universidad Nacional de Colombia, Bogotá ,15), con un total de 220 especies (145 musgos y 75 hepáticas). Se excluyeron aquellas especies determinadas como *aff. (affine)* y *cf. (confertus)*, para evitar especulaciones sobre la distribución geográfica.

Para la clasificación de familias y géneros se siguieron las propuestas de: Goffinet, et al. (2009) para musgos, Crandall-Stotler, et al. (2009) para hepáticas y Duff, et al. (2007) para antoceros. Para efectos de sinonimia de especies y nuevos registros en el departamento de Boyacá, se siguió el Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia (Bernal, et al. 2016).

Análisis de distribución

Se realizaron análisis de distribución tanto de géneros como de especies. Para los géneros se hizo un análisis global, mientras que las especies se realizaron a nivel global y nacional. Los rangos de distribución geográfico, tanto de géneros como de especies a nivel global, se determinaron usando los tratamientos de Churchill & Linares (1995), Gradstein, et al. (2001), Sharp, et al. (1994) y la base de datos

Trópicos del Missouri Botanical Garden -W3 Trópicos- (<http://www.tropicos.org/>). La distribución de especies a nivel nacional se determinó mediante la información del Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia (Bernal, et al. 2016).

Se realizó un análisis de similitud con otros departamentos del país, mediante un dendrograma con el método de agrupamiento UPGMA, con la utilización del Programa PAST Ver. 3.14 (Hammer, et al. 2001).

Para interpretar la distribución y las relaciones geográficas de géneros y especies, se siguieron los lineamientos propuestos por Churchill & Griffin (1999), Holz & Gradstein (2005) y Kappelle, et al. (1992), así:

- **Cosmopolita:** Distribución mundial
- **Pantropical:** Regiones tropicales, tanto del antiguo como del nuevo continente
- **Neotropical:** Regiones tropicales del nuevo continente
- **Regiones templadas:** áreas extra-tropicales y extra polares de norte y sur.
- **Americano:** Distribución restringida al continente americano.
- **Austral:** Oceanía
- **Holártico:** Región extra tropical del norte, incluyendo el ártico.
- **Hemisferio sur:** Distribución en el cono sur
- **Páramo:** Especies con distribución restringida a las regiones paramunas de los Andes del norte y Costa Rica

Especies con algún grado de amenaza

Las especies con algún grado o categoría de amenaza se establecieron según el trabajo “aproximación a las amenazas a la conservación de musgos y líquenes en Colombia” propuesta por Aguirre & Rangel (2007), el Libro Rojo de Briófitos de Colombia de Uribe & Linares (2002) y la Resolución 192 del 10 de febrero de 2014 del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible Colombiano que reglamentan las especies vedadas o con algún grado de amenaza.

RESULTADOS

Análisis de distribución a nivel de género

Para el complejo de páramos Tota-Bijagual-Mamapacha (TBM) se identificaron 112 géneros de briófitos (70 musgos y 42 hepáticas), los cuales se presentaron en 15 tipos de distribuciones diferentes (Tabla 1). El 25,89% de los géneros tienen distribución cosmopolita, seguidos de los géneros pantropicales con el 23,21%, los elementos neotropicales con el 17,85% y géneros de las regiones templadas (norte y sur) con el 10,71%. Sólo se registró un género (*Platycaulis*) con distribución exclusiva para el páramo.

Tabla 1. Distribución fitogeográfica global de los géneros de briofitos del complejo TBM, Boyacá - Colombia.

Región biogeográfico	Número géneros	%
Cosmopolita	29	25,89
Pantropical	26	23,21
Neotropical	20	17,85
Regiones Templadas	12	10,71
Áfrico - Americano	5	4,46
Neotropical - Austral	4	3,57
Pantropical - Regiones Templadas	3	2,67
Neotropical - Regiones Templadas del Sur	3	2,67
Holártico	2	1,78
Neotropical - Antártico	2	1,78
Regiones Templadas Norte	2	1,78
Hemisferio Sur	1	0,89
Páramo	1	0,89
Regiones Templadas - Ártico	1	0,89
Neotropical - Hemisferio Norte	1	0,89

Análisis de distribución a nivel de especie

- Análisis de distribución global

Para el complejo TBM se identificaron 220 especies de briófitos (145 musgos y 75 hepáticas), los cuales se presentaron en 15 tipos de distribuciones diferentes (Tabla

2). El 39,09% de las especies registran una distribución Neotropical, el 18,18% son estrictamente Andinos y el 10% son de distribución Pantropical. Los elementos con distribución Pantropical, y que a su vez, se encuentran en las Regiones Templadas, tanto del norte como del sur representan el 6,36% y las especies con distribución Cosmopolita, representan el 5,09%. Siete especies (3,18%) son de distribución estrictamente de páramo: *Andreaea nitida* Hook. f. & Wilson, *Bartramia mathewsii* Mitt., *Breutelia integrifolia* (Taylor) A. Jaeger, *Campylopus edithae* Broth., *Leiomela aristifolia* (A. Jaeger) Wijk & Margad., *Leptodontium stellaticuspis* E. B. Bartram, *Platycaulis renifolia* Schust. Cinco de las especies son endémicas para Colombia: *Fontinalis bogotensis* Hedw., *Rhodobryum roseodens* (Müll. Hal.) Paris, *Lejeunea elongella* Gottsche, *Leptoscyphus cleefii* Fulford y *Riccardia paramorum* Meenks.

Tabla 2. Distribuciones fitogeográficas globales de las especies de briofitos del complejo TBM, Boyacá - Colombia.

Patrón biogeográfico (Global)	Número especies	%
Neotrópico	86	39,09
Andes	40	18,18
Pantropical	22	10
Pantropical - Regiones Templadas	14	6,36
Cosmopolita	13	5,9
Neotrópico - Regiones Templadas	8	3,63
Pantropical - Holártico	7	3,18
Páramo	7	3,18
Sudamericano	6	2,72
Américo - Africano	5	2,27
Endémico	5	2,27
Neotrópico - Holártico	4	1,81
Americano	1	0,45
Américo - Austral Antártico	1	0,45
Regiones Templadas de Sur	1	0,45

- **Análisis de distribución en Colombia**

Al comparar las especies registradas en el complejo TBM con su distribución en Colombia, de acuerdo a las 10 regiones biogeográficas, se evidencia que la composición de los briófitos del complejo, forma 12 relaciones biogeográficas (Tabla

3), en donde más de la mitad de especies (50,9%) tienen distribución estrictamente en la región Andina, mientras que el 36,81%, presenta una distribución disyunta entre la región Andina y la Sierra Nevada de Santa Marta. Cinco especies registraron patrones únicos de distribución, así: *Sphagnum perichaetiale* Hampe, Amazonía - Andes; *Lejeunea flava* (Sw.) Nees, Amazonia - Andes - Orinoquia - Pacífico; *Campylopus richardii* Brid., Amazonía - Pacífico; *Rigodium toxarion* (Schwägr.) A. Jaeger, Andes - Llanura del Caribe y *Ceratodon stenocarpus* Bruch & Schimp., Andes - Llanura del Caribe - Sierra Nevada de Santa Marta.

Tabla 3. Patrones fitogeográficos en Colombia de las especies de briofitos del complejo TBM, Boyacá - Colombia.

Patrón biogeográfico (Colombia)	Número especies	%
Andes	112	50,9
Andes, Sierra Nevada de Santa Marta	81	36,81
Andes, Pacífico, Sierra Nevada de Santa Marta	7	3,18
Amazonia, Andes, Pacífico, Sierra Nevada de Santa Marta	6	2,72
Amazonia, Andes, Sierra Nevada de Santa Marta	4	1,81
Andes, Pacífico	3	1,36
Amazonia, Andes, Pacífico	2	0,9
Amazonia, Andes	1	0,45
Amazonia, Andes, Orinoquia, Pacífico	1	0,45
Amazonía, Pacífico	1	0,45
Andes, Llanura del Caribe, Sierra Nevada de Santa Marta	1	0,45
Andes, Llanura del Caribe	1	0,45

Así mismo, al comparar la distribución de las especies con los diferentes departamentos en Colombia, se observa que, de los 32 departamentos, en 27 se registran especies compartidas con el complejo TBM. La mayor similitud la comparten con Cundinamarca, con cerca del 85% de las especies, seguido de los registros en Boyacá con el 70%, Antioquia y Nariño comparten el 58% cada uno, mientras que con Cauca y Valle comparte el 55% y el 52%, de las especies de briófitos respectivamente (Figura 4).

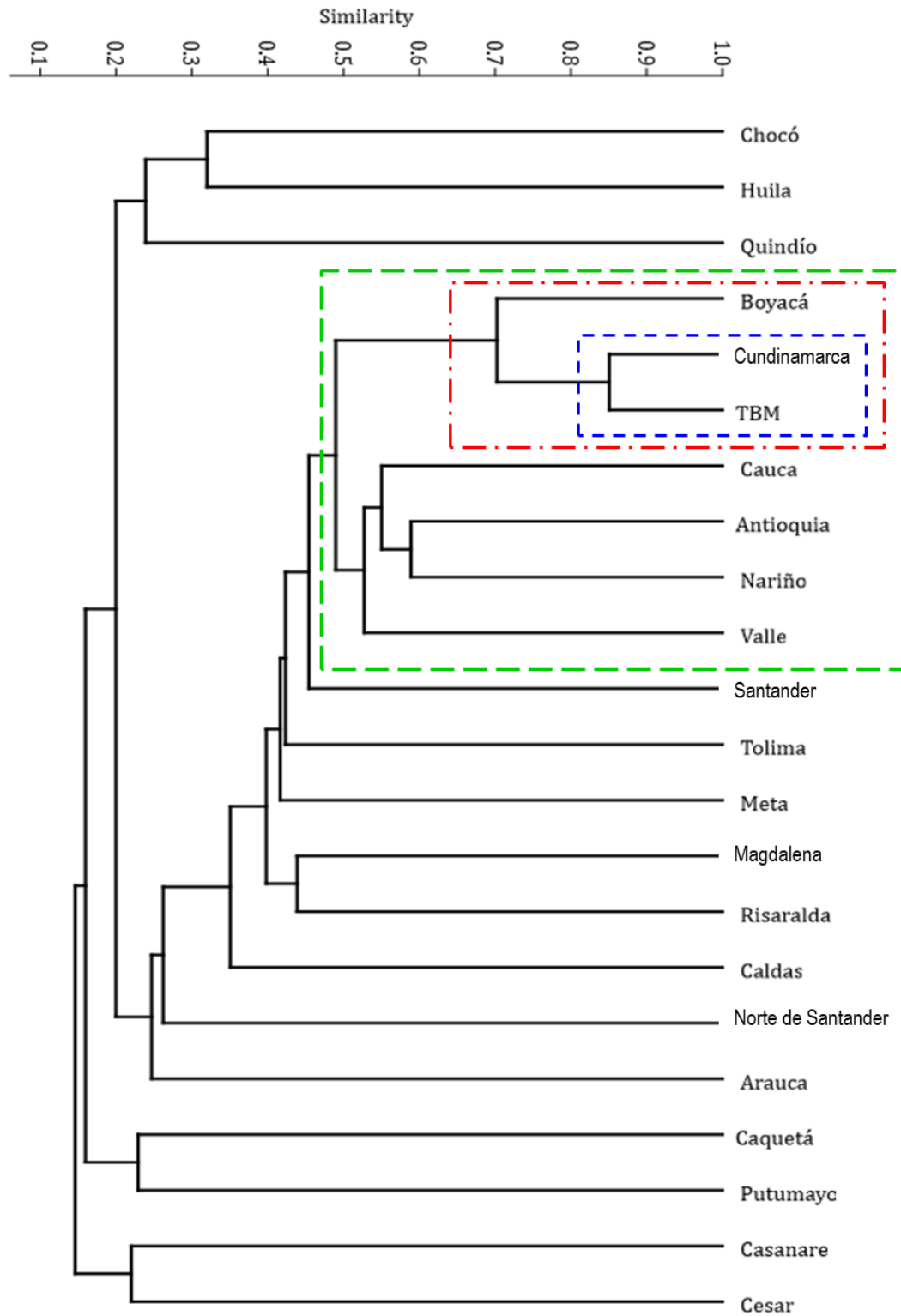


Figura 4. Dendrograma que ilustra las agrupaciones (clústeres) entre los departamentos se ubica el Complejo Tota-Bijagual-Mamapacha TBM.

Especies amenazadas

Se registran 15 especies con alguna categoría o grado de amenaza, de los cuales 14 son musgos, así entonces,

- Una especie está en categoría de peligro crítico (CR):
Sphagnum strictum Sull.,
- Siete en categoría vulnerable (VU):
Bartramia brevifolia Brid.,
Brachythecium cirriphyloides McFarland,
Campylopus sharpii J.-P. Frahm, D.G. Horton & Vitt,
Herzogiella cylindricarpa (Cardot) Z. Iwats.,
Leptodontium viticulosoides (P.Beauv.) Wijk & Margad,
Rhodobryum perspinidens (Broth.) Pócs,
Rhodobryum roseodens (Müll.Hal.) Paris., y
- Seis Casi Amenazadas (NT):
Acroporium estrellae (Müll.Hal.) W.R.Buck & A.Schäfer-Verwimp,
Amblystegium serpens (Hedw.) Schimp.,
Breutelia polygastrica (Müll. Hal.) Broth.,
Dicranum peruvianum H. Rob.,
Didymodon rigidulus Hedw.,
Isopterygium tenerifolium Mitt., y
- la única especie de hepática en alguna categoría de amenaza es *Aureolejeunea paramicola* (Herzog) R.M. Schust. en categoría vulnerable (VU).

DISCUSIÓN

Los estudios fitogeográficos realizados para la flora vascular de páramo, muestran que, tanto a nivel de género como de especie, los porcentajes más altos los registran elementos Neotropicales (Cleef, 1979, van der Hammen & Cleef, 1983; van der Hammen, 2000; Carrillo, 2013). Sin embargo, al analizar la distribución de géneros de

briófitos para el complejo de páramos TBM, se determina que, más de la mitad se pueden considerar de amplia distribución, ya que son cosmopolitas o pantropicales, en las regiones templadas del norte y sur o africanos. Según Frahm (2012), la amplia distribución de familias y géneros de briófitos a nivel mundial, se debe a que tienen una edad filogenética mayor que la de las plantas vasculares, lo que garantiza una amplia distribución alrededor del mundo. Lo anterior, se soporta también en que el porcentaje de géneros neotropicales, es relativamente bajo (17,85%), y más aún, cuando sólo se registró un género endémico para el páramo (*Platycaulis*) (Gil-Novoa, et al. 2015).

A nivel de especie, los resultados son bastante diferentes, ya que un alto porcentaje tiene distribución exclusivamente Neotropical (64,44%), incluyendo los elementos andinos, paramunos y endémicos para Colombia. Estos resultados son similares a la distribución de la vegetación vascular para el páramo registrada por Cleef (1979), Lozano, et al. (2009) y Carrillo (2013), quienes argumentan que la mayor proporción de la vegetación en los páramos es de origen Neotropical. Estos datos sugieren que la composición de la brioflora en el complejo TBM ha recibido principalmente elementos Neotropicales, provenientes tanto del norte como del sur del continente (Holz & Gradstein, 2005), pero con un porcentaje importante de la región Andina.

Estudios realizados tanto en flora vascular (Cleef, 1979), como en briófitos (Delgadillo, 1992), mencionan que una de las principales razones para que la flora colombiana esté compuesta por elementos neotropicales, tiene que ver con el flujo genético entre Norte y Sur América, a través del Istmo de Panamá y el Arco Antillano, lo que facilitó tanto la dispersión de especies hacia el sur del continente, así como los procesos de vicarianza (Buck, 1990). Por su parte, Gradstein, et al. (1994), mencionan una alta similitud entre la brioflora de Centro América, es debido a razones como la similitud entre las condiciones climáticas de los bosques, junto con la existencia de una cadena montañosa ininterrumpida, conocida como cordillera Centroamericana.

Así mismo, Gradstein, et al. (1989) mencionan que para los bosques submontanos y montanos, cerca del 80% de la brioflora Andina, tiene origen Neotropical o ampliamente tropical, pero a medida que se asciende sobre los 3000 m., este

porcentaje disminuye llegando al 50% o menos, y las especies con distribución restringida al norte de los Andes (Ecuador, Colombia y Venezuela) tienden a ser más comunes, llegando incluso al 45%. En este sentido, sólo siete especies, (seis musgos y una hepática), que representan el 3,18%, tienen distribución restringida al páramo, lo que puede indicar una mayor capacidad de especiación de musgos sobre las hepáticas para los ecosistemas de páramo en el norte de los Andes, lo que a su vez está relacionado con la riqueza de estos grupos para los mismos ecosistemas, en donde la riqueza de musgos representa casi dos veces el de las hepáticas (Churchill & Griffin, 1999; Gradstein, 1999).

Se registraron cinco especies consideradas hasta el momento como endémicas, lo que representa el 2,27%. Este número puede ser relativamente bajo, comparado con estudios realizados para vegetación vascular, como el realizado por Kessler (2002), quien argumenta que los endemismos en los Andes pueden llegar casi al 30%, dependiendo de varios factores como grupo y nivel taxonómico que se esté trabajando, así como del grado de perturbación del área. Sin embargo, en el trabajo realizado por Gradstein, et al. (1989), se menciona que, la brioflora Andina tiende a ser especialmente baja en endemismos, debido a que la mayoría de especies de briófitos tienen buenas tasas de dispersión ya que la cordillera de los Andes es relativamente joven, lo que ha dificultado los procesos evolutivos y de especiación.

El análisis de distribución de especies en Colombia, muestra que la mayoría de las especies de briófitos (50,9%) del complejo TBM tienen distribución únicamente en los Andes, causado por la conexión del todo el sistema cordillerano, que facilita la distribución de las especies bajo condiciones climáticas similares. En este sentido, se registran especies que pueden ser consideradas de amplia distribución en la región Andina colombiana, ya que la mayoría (57,14%), se han encontrado, en por lo menos cinco departamentos; seis especies (*Bartramia angustifolia*, *Lepidozia incurvata*, *Prionodon fusco-lutescens*, *Pyrrhobryum mnioides*, *Campylopus fragilis* y *Pleurozium schreberi*) en 12 departamentos y una (*Lepicolea pruinosa*) en 16, siendo esta la más ampliamente distribuida (Bernal, et al. 2016). Así mismo, el 36,81% presentan distribución disyunta entre los Andes y la Sierra Nevada de Santa Marta, debido a que

las especies pudieron haber migrado desde los Andes hacia la Sierra Nevada, a través de la Serranía del Perijá, lo que actuó como corredor entre los dos sistemas montañosos (Hernández, et al. 1992).

Al analizar especies presentes en más de dos regiones biogeográficas, como las registradas para Andes, Pacífico y Sierra Nevada de Santa Marta (7 spp.), se encuentra que su rango de distribución altitudinal es muy amplio en todos los casos, siendo superior a 2000 m., como el caso de *Fissidens weirii*, que ha sido registrada en un rango entre 500 y 2770 m. En este grupo, se encuentra una especie que se registra por primera vez en un ecosistema de alta montaña (*Cololejeunea microscopica*), la cual había sido registrada sólo para los departamentos del Chocó y Magdalena, en un rango altitudinal entre 100 y 2200 m (Bernal, et al. 2016). De otro lado, las cinco especies que se registraron como únicas para un patrón biogeográfico, se distribuyen entre cinco y 14 departamentos, y en altitudes entre 30 y 4435 m., por lo que es probable que estén en otros departamentos, así como en otras regiones biogeográficas.

Pese a que los estudios sobre el conocimiento de la brioflora colombiana, se han incrementado en los últimos años, en zonas poco exploradas (Avendaño & Aguirre, 2007; Aguirre & Avendaño, 2008; Santos-C. & Aguirre-C., 2010; García, et al., 2016; Gil & Morales, 2014, 2016; Gil-Novoa, et al. 2017), existe una mayor similitud de la brioflora del complejo TBM, con el departamento de Cundinamarca (84%), más que con Boyacá (70%), muestra que el conocimiento sobre plantas no vasculares en zonas de páramo es aún escaso. De cualquier manera, se demuestra que estos dos departamentos, comparten un gran porcentaje (aprox. 70%) de la riqueza de briófitos, debido a su ubicación geográfica y las condiciones climáticas y orográficas similares, lo que coincide con lo registrado por Londoño, et al. (2014), quienes establecen una alta similitud entre la flora vascular de los páramos del sector norte de la cordillera Oriental colombiana.

Los páramos de la zona sur occidental del país (Cauca, Antioquia, Nariño y Valle) comparten cerca del 53% de la riqueza de especies con el complejo TBM; sin embargo, la distribución de las especies hacia el centro del país no es tan clara, ya que se forma un pequeño grupo compuesto por las regiones paramunas de los departamentos de la

cordillera Central como Caldas, Risaralda y Tolima, pero se observa una fuerte relación con otras regiones que, aunque no son de la cordillera Central, si pertenecen a las zonas altas del sistema cordillerano, como Meta y Santander, lo que indica que la brioflora de las tres cordilleras colombianas, puede ser muy similar en cuanto a su composición, por lo menos en las regiones paramunas.

Las mayores diferencias se presentan con los departamentos de Casanare y Cesar, ya que, en el caso de Casanare, este tiene una pequeña área de la Sierra Nevada del Cocuy (1,83%) y para el departamento del Cesar, el área de paramo corresponde al 18,63% de la Sierra Nevada de Santa Marta y al 94,27% de la Serranía del Perijá, lo que puede deberse a la ausencia de información producto de la falta de colectas en estas zonas de páramo (Morales, et al. 2007).

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre-C, J., & O. Rangel-Ch. (2007). Amenazas a la conservación de las especies de musgos y líquenes en Colombia-Una aproximación inicial. *Caldasia*, 29(2):235-262.
- Aguirre-C., J., & O. Rangel-Ch. (2008). Riqueza y aspectos biogeográficos sobre la flora de musgos. En: Rangel-Ch, O. (Ed.). *Colombia diversidad biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia*, Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales.: 321-335 p.
- Avendaño-Torres, K., & J. Aguirre-C. (2007). Los musgos (Bryophyta) de la región de Santa María-Boyacá (Colombia). *Caldasia*, 29(1):59-71.
- Avendaño, K., & J. Aguirre-C. (2008). Los musgos de la Serranía de Perijá (Cesar - Colombia). En O. Rangel-Ch. (Ed.). *Colombia diversidad biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia* (pp. 61-76). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales.
- Bernal, R., Gradstein, S.R., & M. Celis (Eds.) (2015). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>
- Buck, W.R. (1990). Biogeography of the Greater Antillean Mosses. *Tropical Bryology*, 2:33-46.
- Carrillo-Fajardo, M.Y. (2013). *Fitogeografía de la flora paramuna del macizo de Bijagual, Boyacá-Colombia*. (Tesis de Maestría). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ciencias, Escuela de Posgrados en Ciencias, Programa de Maestría en Ciencias Biológicas.

- Cleef, A.M. (1979). The phytogeographical position of the neotropical vascular paramo flora with special reference to the Colombian cordillera Oriental: 175-184 p. In: Larsen, K. & L.B. Holm-Nielsen (Eds.). Tropical Botany, Academic Press. London-New York- San Francisco, USA.
- Cleef, A.M. (1981). The vegetation of the paramos of the Colombian cordillera Oriental. *Dissertationes Botanicae*, 41:1-320.
- Churchill, S., & E. Linares. (1995). *Prodromus Bryologiae Novo-Granatensis*. Introducción a la flora de musgos de Colombia. Partes 1 y 2. Bogotá. Editorial. Guadalupe Ltda. 928 pp.
- Churchill, S. P., & D. Griffin. (1999). Mosses. Pp. 53-64. In: Luteyn, J.L. *Páramos: A Checklist of plant diversity, geographical distribution, and botanical literature*. The New York Botanical Garden Press, New York.
- Crandall-Stotler, B.J., Stotler, R.E., & D.G. Long (2009). Phylogeny and classification of the Marchantiophyta. *Edinburgh Journal of Botany*, 66(1):155-198.
- Delgadillo, C. (1992). Bryofloristic similarities between Mexico and Colombia and the phytogeographical role of the central American bridge. *The Bryologist*, 95(3):261-265.
- Duff, R.J., Villarreal, J.C., Cargill, D.C., & K.S. Renzaglia (2007). Progress and challenges toward developing a phylogeny and classification of the hornworts. *Bryologist*, 110(2):214-243.
- Florschütz-de Waard, J., & P.A. Florschütz. (1979). Estudios sobre criptógamas colombianas III. Lista comentada de los musgos de Colombia. *The Bryologist*, 82:215-259.
- Frahm, J.P. (2012). The phytogeography of European bryophytes. *Botanica Serbica*, 36(1):23-36.
- García, S., Basilio, H., Herazo V., Mercado, J., & Morales, M. (2016). Diversidad de briófitos en los Montes de María, Colosó (Sucre, Colombia). *Colombia Forestal*, 19(1):41-52.
- Gil-N., J. E., & M.E. Morales-P. (2014). Estratificación vertical de briófitos epífitos encontrados en *Quercus humboldtii* (Fagaceae) de Boyacá, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 62(2):719-727.
- Gil-N., J.E., Morales-Puentes, M. E. & S.R. Gradstein (2015). "Platycaulis renifolia R.M. Schust. New national and regional bryophyte records, 45". *Journal of Bryology*, 37(4):308 - 329.
- Gil-N., J.E. & M.E. Morales-P. (2016). Catálogo de briófitos epífitos de roble (*Quercus humboldtii*: Fagaceae), en el municipio de Tipacoque, Boyacá-Colombia.
- Gil-N., J.E., Cuta-Alarcón, L.E. & M.E. Morales-P. (2017). Riqueza y distribución de musgos en un bosque subandino en Bolívar-Santander, Colombia. *Revista de Biología Tropical*. (En prensa).
- Gradstein, S.R. (1998). Hepatic diversity in the neotropical páramos. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*, 68:69-85.
- Gradstein, S.R. (1999). Hepatics. Pp. 64-73. In: Luteyn, J.L. *Páramos: A Checklist of plant diversity, geographical distribution, and botanical literature*. The New York Botanical Garden Press, New York.

- Gradstein, S.R., & W.H.A. Hekking. (1979). Studies on Colombian cryptogams IV. A catalogue of hepaticae of Colombia. *Journal Hattori Botanical Laboratory*, 45:93-144.
- Gradstein, S.R., van Reenen, G.B.A., & D. Griffin (1989). Species richness and origin of the bryophyte flora of Colombian Andes. *Acta Botanica Neerlandica*, 38(4):439-448.
- Gradstein, S.R., Lücking, A., Morales, M.I., & G. Dauphin (1994). Additions to the hepatic flora of Costa Rica. *Lindbergia*, 19:73-86.
- Gradstein, S.R., Churchill, S., & N. Salazar-Allen. (2001). Guide to the bryophytes of tropical America. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 86:1-577.
- Goffinet, B., Buck, W., & J. Shaw (2009). Morphology, anatomy and classification of the bryophyta. (Pp. 55-138). En: Goffinet, B. & J. Shaw. (Eds.). *Bryophyte biology*. Second Edition. Cambridge University Press. 476 pp.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., & P. D. Ryan. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9 p.
- Hernández Camacho, J., Hurtado Guerra, A., Ortiz Quijano, R., & T. Walschburger (1992). Unidades biogeográficas de Colombia. En: Halffter, G. (compilador). *La diversidad biológica de Iberoamérica I*. Acta Zoológica Mexicana (s.n.). México.
- Holz, I., & S.R. Gradstein. (2005). Phytogeography of the bryophyte floras of oak forests and paramo of the cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Journal of Biogeography*, 32:1591-1609.
- Kappelle, M., Cleef, A.M., & A. Chaverri. (1992). Phytogeography of Talamancan montane *Quercus* forest, Costa Rica. *Journal of Biogeography*, 19: 299-315.
- Kessler, M. (2002). The elevational gradient of Andean plant endemism: varying influences of taxon-specific traits and topography at different taxonomic levels. *Journal of Biogeography*, 29: 1159-1165.
- Linares, E.L., & J. Uribe-M. (2002). Libro rojo de briófitas de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 170 pp.
- Luteyn, J.L. (1999). Paramos: A checklist of plant diversity, geographical distribution, and botanical literature. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 84:278 p.
- Londoño, C., Cleef, A., & S. Madriñan (2014). Angiosperm flora and biogeography of the paramo region of Colombia, Northern Andes. *Flora*, 209:81-87.
- Lozano, P., Cleef, A.M., & R.W. Bussmann. (2009). Phytogeography of the vascular paramo flora of Podocarpus National Park, south Ecuador. *Arnaldia*, 16(2): 69-85.
- Morales, M., Otero, J., van der Hammen, T., Torres, A., Cadena, C., Pedraza, C., Rodríguez, N., Franco, C., Betancourth, J.C., Olaya, E., Posada, E., & L. Cárdenas. (2007). Atlas de páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 208 p.
- Resolución 192 de 2014. "Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones". Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, República de Colombia. Pp. 36.
- Santos-C, G., & J. Aguirre-C. (2010). Los musgos de la región de Las Quinchas (Magdalena Medio, Colombia). *Caldasia*, 32(2):257-273.

- Sharp, A. J., Crum, H., & P.M. Eckel (1994). The moss flora of Mexico. (Parts one and two). Memoirs of New York Botanical Garden, 69: pp. 1113.
- Tropicos®. (2013). Base de Datos, Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org/> [septiembre de 2016].
- Van der Hammen, T. & A. Cleef. 1983. Datos para la historia de la flora Andina. Revista Chilena de Historia Natural, 56:97-107.
- Van der Hammen, T. 2000. Aspectos de historia y ecología de la biodiversidad norandina y amazónica. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 24(91):231-245.

ANEXOS

Anexo 1. Patrones biogeográficos globales y nacionales de cada una de las especies analizadas para el complejo TBM

Familia	Especie	Biogeografía Global	Biogeografía Colombia
MUSGOS			
Amblystegiaceae	<i>Amblystegium serpens</i> (Hedw.) Schimp.	CO	An
	<i>Campylium sommerfeltii</i> (Myrin) Lange	N - Rt	An
Andreaeaceae	<i>Andreaea nitida</i> Hook.f. & Wilson	Pa	An
Bartramiaceae	<i>Bartramia angustifolia</i> Mitt.	N	An
	<i>Bartramia brevifolia</i> Brid.	Am - Af	An
	<i>Bartramia mathewsii</i> Mitt.	Pa	An
	<i>Breutelia brittoniae</i> Renauld & Cardot	N	An
	<i>Breutelia chrysea</i> (Müll. Hal.) A. Jaeger	N	An, SN
	<i>Breutelia integrifolia</i> (Taylor) A. Jaeger	Pa	An
	<i>Breutelia karsteniana</i> (Müll. Hal.) A. Jaeger	An	An, SN
	<i>Breutelia polygastrica</i> (Müll. Hal.) Broth.	S	An
	<i>Breutelia squarrosa</i> A. Jaeger	An	An
	<i>Breutelia subarcuata</i> (Müll. Hal.) Schimp.	N	An
	<i>Breutelia subdisticha</i> (Hampe) A. Jaeger	N	An
	<i>Breutelia trianae</i> (Hampe) A. Jaeger	An	An, SN
	<i>Leiomela aristifolia</i> (A. Jaeger) Wijk & Margad.	Pa	An
	<i>Philonotis andina</i> (Mitt.) A. Jaeger	An	An
	Brachytheciaceae	<i>Brachythecium cirriphyloides</i> McFarland	N
<i>Brachythecium occidentale</i> (Hampe) A. Jaeger		N	An
<i>Brachythecium rutabulum</i> (Hedw.) Schimp.		P - Rt	An
<i>Brachythecium stereopoma</i> (Mitt.) A. Jaeger		N - Rt	An
<i>Meteoridium remotifolium</i> (Müll. Hal.) Manuel		N - Rt	An, Pa, SN
<i>Platyhypnidium aquaticum</i> (A. Jaeger) M. Fleisch.		N	An, SN
Bryaceae	<i>Rhynchostegium scariosum</i> (Taylor) A. Jaeger	N	An, SN
	<i>Bryum andicola</i> Hook.	N	An, SN
	<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	CO	Am, An, Pa, SN

	<i>Bryum capillare</i> Hedw.	P - Rt	An
	<i>Bryum laevigatum</i> Hook.f. & Wilson	P - H	An
	<i>Leptobryum pyriforme</i> (Hedw.) Wilson	P - Rt	An, SN
	<i>Pohlia elongata</i> Hedw.	P - H	An
	<i>Rhodobryum beyrichianum</i> (Hornsch.) Müll.Hal.	N - Rt	An, SN
	<i>Rhodobryum grandifolium</i> (Taylor.) Schimp	N	Am, An, SN
	<i>Rhodobryum perspinidens</i> (Broth.) Pócs	Am - Af	An
	<i>Rhodobryum procerum</i> (Schimp.) Paris	N	An, SN
	<i>Rhodobryum roseodens</i> (Müll.Hal.) Paris	En	An
Calliergonaceae	<i>Warnstorfia exannulata</i> (Schimp.) Loeske	P - H	An
Catagoniaceae	<i>Catagonium brevicaudatum</i> Müll. Hal. ex Broth.	N	An
Daltoniaceae	<i>Daltonia bilimbata</i> Hampe	An	An
	<i>Daltonia pulvinata</i> Mitt.	P	An
Dicranaceae	<i>Aongstroemia filiformis</i> (P. Beauv.) Wijk & Margad.	P	An
	<i>Chorisodontium mittenii</i> (Müll. Hal.) Broth.	N	An, SN
	<i>Chorisodontium speciosum</i> (Hook. f. & Wilson) Broth.	N	An
	<i>Dicranella vaginata</i> (Hook.) Cardot	N - Rt	An
	<i>Dicranum frigidum</i> Müll.Hal.	N	An
	<i>Dicranum peruvianum</i> H. Rob.	An	An
	<i>Symblepharis lindigii</i> Hampe	N	An
Ditrichaceae	<i>Ceratodon stenocarpus</i> Bruch & Schimp.	P - Rt	An, Ll, SN
Fissidentaceae	<i>Fissidens weirii</i> Mitt.	P	An, Pa, SN
Fontinalaceae	<i>Fontinalis bogotensis</i> Hedw.	En	An
Grimmiaceae	<i>Racomitrium crispipilum</i> (Taylor.) A. Jaeger	An	An, SN
	<i>Racomitrium cucullatifolium</i> Hampe	An	An
Hedwigiaceae	<i>Hedwigidium imberbe</i> (Sm.) Bruch & Schimp.	P - Rt	An, SN
Hylocomiaceae	<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt.	P - Rt	An
Hypnaceae	<i>Herzogiella cylindricarpa</i> (Cardot) Z. Iwats.	P	An
	<i>Hypnum amabile</i> (Mitt.) Hampe	N	An
	<i>Mittenothamnium reduncum</i> (Mitt.) Ochyra	N	An
	<i>Pylaisia falcata</i> Schimp.	P	An
Leskeaceae	<i>Leskeadelphus angustatus</i> (Taylor) B. H. Allen	N	An
Leucobryaceae	<i>Atractylocarpus longisetus</i> (Hook.) E.B.Bartram	N	An, SN
	<i>Campylopus andersonii</i> (Müll.Hal.) A.Jaeger	N	An
	<i>Campylopus arctocarpus</i> (Hornsch.) Mitt.	N	An, SN
	<i>Campylopus areodictyon</i> (Müll.Hal.) Mitt.	An	An
	<i>Campylopus argyrocaulon</i> (Müll.Hal.) Broth.	An	An
	<i>Campylopus asperifolius</i> Mitt.	N	An, SN
	<i>Campylopus densicoma</i> (Müll.Hal.) Paris	N	An, SN
	<i>Campylopus dicnemoides</i> (Müll.Hal.) Paris	N	An
	<i>Campylopus edithae</i> Broth.	Pa	An, SN
	<i>Campylopus flexuosus</i> (Hedw.) Brid.	P - Rt	An, SN
	<i>Campylopus fragilis</i> (Brid.) Bruch & Schimp.	P - H	An

	<i>Campylopus incertus</i> Thér.	An	An, SN
	<i>Campylopus jugorum</i> Herzog	An	An
	<i>Campylopus longicellularis</i> J.-P.Frahm	An	An
	<i>Campylopus nivalis</i> (Brid.) Brid.	N	An, SN
	<i>Campylopus pilifer</i> Brid.	P - H	An
	<i>Campylopus pittieri</i> R.S. Williams	N	An, SN
	<i>Campylopus richardii</i> Brid.	N	Am, Pa
	<i>Campylopus sharpii</i> J.-P. Frahm, D.G. Horton & Vitt	N	An, SN
	<i>Campylopus tallulensis</i> Sull. & Lesq.	N	An
	<i>Campylopus trivialis</i> Müll. Hal. ex E. Britton	N	An
	<i>Leucobryum martianum</i> (Hornsch.) Müll.Hal.	N	Am, An, Pa, SN
Leucomiaceae	<i>Leucomium strumosum</i> (Hornsch.) Mitt.	P	Am, An, Pa, SN
Mniaceae	<i>Plagiomnium rhynchophorum</i> (Harv.) T.J. Kop	P - Rt	An, SN
Neckeraceae	<i>Porotrichodendron superbum</i> (Taylor) Broth.	N	An, SN
	<i>Porotrichum expansum</i> (Taylor) Mitt.	An	An, SN
	<i>Porotrichum mutabile</i> Hampe	N	An, SN
Pilotrichaceae	<i>Actinodontium sprucei</i> (Mitt.) A.Jaeger	N	An, SN
	<i>Cyclodictyon roridum</i> (Hampe) Kuntze	N	An, Pa, SN
	<i>Lepidopilum longifolium</i> Hampe	N	An
	<i>Lepidopilum scabrisetum</i> (Schwägr.) Steere	N	Am, An, Pa, SN
	<i>Stenodictyon wrightii</i> (Sull. & Lesq.) Crosby	N	An
Polytrichaceae	<i>Polytrichadelphus aristatus</i> (Hampe) Mitt.	An	An, SN
	<i>Polytrichadelphus ciliatus</i> (Hook. & Wilson) Mitt.	An	An
	<i>Polytrichadelphus longisetus</i> (Brid.) Mitt.	An	An, SN
	<i>Polytrichadelphus purpureus</i> Mitt.	An	An
	<i>Polytrichastrum tenellum</i> (Müll.Hal.) G.L.Sm.	An	An, SN
	<i>Polytrichum ericooides</i> Hampe	An	An
	<i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.	CO	An, SN
Pottiaceae	<i>Anoetangium aestivum</i> (Hedw.) Mitt.	P - Rt	An
	<i>Didymodon australasiae</i> (Hook. & Grev.) R.H. Zander	P - Rt	An
	<i>Didymodon laevigatus</i> (Mitt.) R.H. Zander	An	An
	<i>Didymodon rigidulus</i> Hedw.	P - Rt	An, Pa
	<i>Hymenostylium recurvirostrum</i> (Hedw.) Dixon	P - Rt	An
	<i>Leptodontium brachyphyllum</i> Broth. & Thér.	Am - Af	An, SN
	<i>Leptodontium capituligerum</i> Müll. Hal.	P	An
	<i>Leptodontium filicola</i> Herzog	N	An
	<i>Leptodontium longicaule</i> Mitt.	P	An
	<i>Leptodontium luteum</i> (Taylor.) Mitt. J.Linn	Am - Af	An
	<i>Leptodontium pungens</i> (Mitt.) Kindb.	P	An, SN
	<i>Leptodontium stellaticuspis</i> E. B. Bartram	Pa	An
	<i>Leptodontium viticulosoides</i> (P. Beauv.) Wijk & Margad	P - Rt	An, SN
	<i>Leptodontium wallisii</i> (Müll. Hal.) Kindb.	An	An
	<i>Pseudocrossidium replicatum</i> (Taylor) R.H. Zander	CO	An, SN

	<i>Syntrichia bogotensis</i> (Hampe) R.H. Zander	An	An
	<i>Tortella alpicola</i> Dixon	P	An
	<i>Trichostomum brachyodontium</i> Bruch	P - Rt	An, SN
	<i>Trichostomum tenuirostre</i> (Hook. & Taylor) Lindb.	P	An, Pa, SN
Prionodontaceae	<i>Prionodon densus</i> (Hedw.) Müll. Hal.	P	An, SN
	<i>Prionodon fusco-lutescens</i> Hampe	N	An
Pylaisiadelphaceae	<i>Aptychella proligera</i> (Broth.) Herzog	N	An, SN
	<i>Isopterygium tenerifolium</i> Mitt.	N	An, Pa
	<i>Isopterygium tenerum</i> (Sw.) Mitt.	Am - Af	Am, An, Pa, SN
Rhacocarpaceae	<i>Rhacocarpus purpurascens</i> (Brid.) Paris	CO	An, SN
Rhizogoniaceae	<i>Pyrrhobryum mnioides</i> (Hook.) Manuel	N - Rt	An
	<i>Rhizogonium novae-hollandiae</i> (Brid.) Brid	P	An, SN
Rigodiaceae	<i>Rigodium toxarion</i> (Schwägr.) A.Jaeger	P	An, Ll
Sematophyllaceae	<i>Acroporium estrellae</i> (Müll.Hal.) W.R.Buck & A.Schäfer-Verwimp	N	An
	<i>Sematophyllum swartzii</i> (Schwägr.) W.H.Welch & H.A.Crum	N	An, SN
	<i>Trichosteleum cyparissoides</i> (Hornsch.) H. Rob.	N	An, Pa
Sphagnaceae	<i>Sphagnum compactum</i> Lam. & DC.	Am - Au	An
	<i>Sphagnum cuspidatum</i> Ehrh Ex. Hofm	CO	An
	<i>Sphagnum cyclophyllum</i> Sull. & Lesq.	N - H	An
	<i>Sphagnum magellanicum</i> Brid.	CO	An, SN
	<i>Sphagnum meridense</i> (Hampe) Müll. Hal.	N	An, SN
	<i>Sphagnum oxyphyllum</i> Warnst.	N	An, SN
	<i>Sphagnum perichaetiale</i> Hampe	N	Am, An
	<i>Sphagnum recurvum</i> P. Beauv.	CO	An
	<i>Sphagnum sancto-josephense</i> H.A. Crum & Crosby	N	An
	<i>Sphagnum sparsum</i> Hampe	N	An
	<i>Sphagnum strictum</i> Sull.	N - H	An
	<i>Sphagnum subsecundum</i> Nees	P - H	An
	<i>Sphagnum tenerum</i> Sull. & Lesq. ex Sull.	N - H	An
Splachnaceae	<i>Brachymitrium jamesonii</i> Taylor	An	An
	<i>Tayloria scabriseta</i> (Hook.) Mitt.	N	An
Thuidiaceae	<i>Thuidium peruvianum</i> Mitt.	N - Rt	An, SN
	<i>Thuidium urceolatum</i> Lorentz	N	An, SN
HEPÁTICAS			
Acrobolbaceae	<i>Tylimanthus laxus</i> (Lindenb.) Steph.	P	An
Adelanthaceae	<i>Adelanthus lindenbergianus</i> (Lehm.) Mitt.	CO	An, SN
Aneuraceae	<i>Riccardia hansmeyeri</i> (Steph.) Meenks & C.De Jong	An	An
	<i>Riccardia judithae</i> Meenks & C. De Jong	An	An
	<i>Riccardia paramorum</i> Meenks	En	An
	<i>Riccardia poeppigiana</i> (Lehm. & Lindenb.) Hässel de Menéndez	An	An
Arnelliaceae	<i>Gongylanthus liebmannianus</i> (Lindenb. & Gottsche) Steph.	N	An, SN

Balantiopsaceae	<i>Isotachis multiceps</i> (Lindenb. & Gottsche) Gottsche	N	An, SN
Calypogeiaceae	<i>Calypogeia andicola</i> Bischler	An	An
	<i>Mnioloma cyclostipum</i> (Spruce) R.M. Schust	S	An, SN
	<i>Fuscocephaloziopsis crassifolia</i> (Lindenb. & Gottsche) Vána & L. Söderstr.	N	An, SN
Cephaloziaceae	<i>Odontoschisma variabile</i> (Lindenb. & Gottsche) Trevis.	P	Am, An, Pa
Cephaloziellaceae	<i>Cephaloziella fragillima</i> (Spruce) Fulford	An	An
	<i>Cephaloziella granatensis</i> (J.B. Jack) Fulford	N	An, SN
Frullaniaceae	<i>Frullania atrata</i> (Sw.) Dumort.	N	An, SN
	<i>Frullania brasiliensis</i> Raddi	N	An, SN
	<i>Frullania caulisequa</i> (Nees) Nees	N	Am, An, SN
	<i>Frullania convoluta</i> Lindenb. & Hampe	An	An
	<i>Frullania meridana</i> Steph.	An	An
	<i>Frullania peruviana</i> Gottsche	An	An, SN
Gymnomitriaceae	<i>Marsupella miniata</i> (Lindenb. & Gottsche) Grolle	N	An, SN
Herbertaceae	<i>Herbertus grossispinus</i> Fulford	N	An, SN
	<i>Herbertus juniperoideus</i> (Sw.) Grolle	P	An, SN
	<i>Triandrophyllum subtrifidum</i> (Hook. & Taylor) Fulford & Hatcher	Am.	An, SN
Jamesoniellaceae	<i>Syzygiella liberata</i> Inoue	S	An
	<i>Syzygiella rubricaulis</i> (Nees) Steph.	N	An, SN
Lejeuneaceae	<i>Aureolejeunea paramicola</i> (Herzog) R.M.Schust.	An	An
	<i>Brachiolejeunea laxifolia</i> (Taylor) Schiffner	N	An, SN
	<i>Ceratolejeunea grandiloba</i> J.B.Jack & Steph.	An	An
	<i>Ceratolejeunea patentissima</i> (Hampe & Gottsche) A.Evans	N	An
	<i>Cheilolejeunea xanthocarpa</i> (Lehm. & Lindenb.) Malombe	P	An, SN
	<i>Cololejeunea microscopica</i> (Taylor) Schiffn.	N	An, Pa, SN
	<i>Colura tenuicornis</i> (A.Evans) Steph.	P	An
	<i>Diplasiolejeunea unidentata</i> (Lehm. & Lindenb.) Steph.	N	An, SN
	<i>Drepanolejeunea linchenicola</i> (Spruce) Steph.	N	An, SN
	<i>Lejeunea elongella</i> Gottsche	En	An
	<i>Lejeunea flava</i> (Sw.) Nees	P - H	Am, An, Or, Pa
	<i>Lejeunea pallescens</i> Mitt.	An	An, SN
	<i>Marchesinia brachiata</i> (Sw.) Schiffner	P	An, Pa, SN
	<i>Lejeunea filiformis</i> (Sw.) Nees	N	An, Pa, SN
Lepicoleaceae	<i>Lepicolea pruinosa</i> (Taylor) Spruce	N	An
Lepidoziaceae	<i>Bazzania affinis</i> (Lindenb. & Gottsche) Trevis.	N	Am, An, SN
	<i>Bazzania jamaicensis</i> (Lehm. & Lindenb.) Trevis.	N	An, SN
	<i>Bazzania pallidevirens</i> (Steph.) Fulford	S	Am, An, Pa
	<i>Bazzania stolonifera</i> (Sw.) Trevis.	N	An, SN
	<i>Lepidozia auriculata</i> Steph.	An	An
	<i>Lepidozia cupressina</i> (Sw.) Lindenb.	CO	An, SN
	<i>Lepidozia incurvata</i> Lindenb.	N	An

	<i>Lepidozia macrocolea</i> Spruce	N	An, SN
	<i>Lepidozia squarrosa</i> Steph.	N	An, SN
Lophocoleaceae	<i>Heteroscyphus marginatus</i> (Steph.) Fulford	An	An
	<i>Heteroscyphus polyblepharis</i> (Spruce) Schiffner	N	An
	<i>Leptoscyphus amphibolius</i> (Nees) Grolle	N	An, SN
	<i>Leptoscyphus cleefii</i> Fulford	En	An
	<i>Leptoscyphus physocalyx</i> (Hampe & Gottsche) Gottsche	An	An
	<i>Lophocolea bidentata</i> (L.) Dumort.	CO	An, SN
	<i>Lophocolea quadridentata</i> Spruce	S	An
	<i>Platycaulis renifolia</i> Schust.	Pa	An
Marchantiaceae	<i>Marchantia berteriana</i> Lehm. & Lindenb.	RTS	An
Metzgeriaceae	<i>Metzgeria albinea</i> Spruce	P	An
	<i>Metzgeria ciliata</i> Raddi	P	An, SN
	<i>Metzgeria dorsipara</i> (Herzog) Kuwah.	N	An
	<i>Metzgeria violacea</i> América tropical, Suramérica templada	N - Rt	An
Pelliaceae	<i>Noteroclada confluens</i> Hook.f. & Wilson	N	An, SN
Plagiochilaceae	<i>Plagiochila bifaria</i> (Sw.) Lindenb.	N - H	Am, An, SN
	<i>Plagiochila fuscolutea</i> Taylor	An	An, SN
	<i>Plagiochila longispina</i> Lindenb. & Gottsche	N	An
	<i>Plagiochila ovata</i> Lindenb.	N	An, SN
	<i>Plagiochila punctata</i> (Taylor) Taylor	CO	An, SN
	<i>Plagiochila rutilans</i> Lindenb.	N	Am, An, Pa, SN
Radulaceae	<i>Radula nudicaulis</i> Steph.	S	An, SN
Scapaniaceae	<i>Anastrophyllum nigrescens</i> (Mitt.) Steph.	An	An, SN
Targoniaceae	<i>Targionia hypophylla</i> L.	CO	An, SN
Trichocoleaceae	<i>Leiomitra tomentosa</i> (Sw.) Lindb.	N	An, SN
	<i>Trichocolea elliottii</i> Steph.	N	An

Abreviaturas:

Elementos fitogeográficos globales. **CO:** Cosmopolita; **P:** Pantropical; **N:** Neotropical; **RT:** Regiones templadas; **Af:** Africano; **Am:** Americano; **Au:** Austral; **Pa:** Pantropical; **RTs:** Regiones templadas del sur; **HO:** Holártico; **An:** Antártico; **RTn:** Regiones templadas norte; **HS:** Hemisferio sur; **Pa:** Páramo.

Elementos fitogeográficos nacionales. **An:** Andes; **SN:** Sierra Nevada de Santa Marta; **Pa:** Pacífico, **Am:** Amazonia; **O:** Orinoquia, **LI:** Llanura del Caribe.

Anexo 2. Algunas de las especies de briófitos más comunes para el complejo TBM.



Pleurozium schreberi



Polytrichadelphus purpureus



Marchesinia brachyata



Frullania paradoxa



Colura tenuicornis



Drepanolejeunea lichenicola



Campylopus sharpii



Breutelia brittoniae



Campylopus nivalis



Trichostomum tenuirostre



Herbertus sendtneri



Lepidozia cupressina



Syzygiella rubricaulis



Trichocolea tomentosa



Thuidium peruvianum



Rhodobryum grandifolium



Symphyogyna brongniartii



Riccardia paramorum

Anexo 3. Algunos de los productos generados a partir de este trabajo.

Bryological Notes

New national and regional bryophyte records, 45

L. T. Ellis¹, C. Ah-Peng², S. C. Aranda³, H. Bednarek-Ochyra⁴,
E. A. Borovichev^{5,6}, B. Cykowska-Marzencka⁴, M. C. Duarte⁷, J. Enroth⁸,
P. Erzberger⁹, V. Fedosov¹⁰, B. Fojcik¹¹, R. Gabriel¹², M. C. M. Coelho¹²,
D. S. G. Henriques¹², O. V. Ilina¹³, J. E. Gil-Novoa¹⁵, M. E. Morales-Puentes¹⁴,
S. R. Gradstein¹⁵, R. Gupta¹⁶, V. Nath¹⁶, A. K. Asthana¹⁶, A. Koczur¹⁷,
M. Lebouvier¹⁸, A. Mesterházy¹⁹, F. Mogro²⁰, A. Mežaka²¹, Cs. Németh²²,
J. D. Orgaz²³, Y. Sakamoto²³, J. Paiva²⁴, F. Sales^{24,25}, N. Pande²⁶,
M. S. Sabovljević²⁷, J. Pantivić²⁷, A. D. Sabovljević²⁷, A. Pérez-Haase²⁸,
D. Pinheiro da Costa²⁹, V. Plášek³⁰, J. Sawicki^{30,31}, M. Szczecińska³¹,
J. Chmielewski³¹, A. Potemkin³², A. Schäfer-Verwimp³³, †W. B. Schofield³⁴,
C. Sérgio³⁵, M. Sim-Sim³⁶, S. Sjögren³⁷, D. Spitale³⁸, A. Stebel³⁹,
S. Ștefănuț⁴⁰, G. M. Suárez⁴¹, J. R. Flores⁴¹, L. Thouvenot⁴², J. Vaña⁴³,
Y.-J. Yoon⁴⁴, J. H. Kim⁴⁴, R. Zubel⁴⁵

30. *Platycaulis renifolia* R.M.Schust.

Contributors: J. E. Gil-Novoa, M. E. Morales-Puentes and S. R. Gradstein

Colombia: Boyacá, municipio de Viracachá, vereda Caros, transición de páramo y arbustal, 3170 m a.s.l., with *Plagiochila* spp. and *Syzygiella rubricaudis* (Nees) Stephani, November 2014, leg. J. E. Gil-Novoa, P. A. Gil-L. & E. C. Sánchez 2498 (UPTC) (collection Convenio 14-13-014-195 CE, UPTC-IAvH 2014-2015).

Platycaulis renifolia (Lophocoleaceae), the only known species in the genus *Platycaulis*, is a rare neotropical liverwort characterised by its dark brown colour, reniform appressed-transverse leaves, leaf cells with large trigones and a papillose cuticle, deeply bifid underleaves with 2-4 cilia on each segment, and rhizoids in bundles from the bases of the underleaves. The species was long known only from the type locality in Venezuela (páramo de Tamá) where it was collected in 1976 by the late Dr R. M. Schuster (Schuster, 1978, 1995). Recently, the species was discovered in Ecuador, in the páramo El Angel (volcán Chiles, 3600 m) at the border with Colombia (Benítez *et al.*, 2012). The collection from the Eastern Cordillera of Colombia (Boyacá) reported here is the third record of *Platycaulis renifolia* and the first one from Colombia. The species seems to be characteristic of shaded locations in wet paramo of the northern Andes, above 3000 m. The specimen was found in paramo, on soil in a humid and shaded area; protected by shrubby species of Ericaceae, Asteraceae and Brunelliaceae and grasses, growing in association with *Syzygiella rubricaudis* (Nees) Steph. and various species of *Plagiochila*. *Platycaulis renifolia* should be looked for in other humid paramos in the northern Andes, especially in Colombia where this type of habitat is common. In addition, a study should be undertaken of the phylogenetic relationships of *Platycaulis*, which remain unclear.

Peninsula (Brugués *et al.*, 2007). Thus, this is the first modern report of the species 118 years after its first discovery in Andorra.

32. *Pterygoneurum lamellatum* (Brid.) Jur.

Contributors: A. Stebel, B. Fojcik and R. Zubel

Poland: Silesian Upland, west of Gliwice-Ląbedy, bank of pond, ca 50°21'N 18°39'E, 260 m a.s.l., 24 March 1934, leg. A. Graw *x n.* (LBL).

Pterygoneurum lamellatum is a holarctic moss with a submediterranean distribution in Europe (Düll & Meinunger, 1989). It is a small (1-2 mm), ephemeral species growing on calcareous soil, mud-capped limestone walls and in chalk pits (Smith, 2004). It is easy to distinguish from other species of *Pterygoneuron* by its operculum, which has cells in spiral rows. In many European countries the species is classified as threatened (Hodgetts, 2015), and it is included in the *Red Data Book of European Bryophytes* in the V (vulnerable) category (Schumacker & Martiny, 1995).

Although the occurrence of this species in Poland was highly possible, as it occurs in bordering countries, such as Germany (Meinunger & Schröder, 2007a), the Czech Republic (Kučera *et al.*, 2012) and the Ukraine (Ignatov *et al.*, 2006), it has not previously been reported from Poland (Ochyra *et al.*, 2003).

During a revision of bryophyte collections gathered by A. Graw in the first half of 20th century in Silesia (S Poland), a bag with specimens of *P. lamellatum*, comprising several dozen individuals (some of them with mature sporophytes), was found. *P. lamellatum* was correctly determined by A. Graw, but this interesting information had never been published.

33. *Riccia huebeneriana* Lindenb.

Contributors: A. Mežaka and A. Potemkin.

Russia, Republic of Mordovia: Mordovia State Nature Reserve, 54°45'57.0"N 43°24'21.6"E, 17 July 2014 on wet soil of forest road, forest kvartal 396, leg. A. Mežaka *x n.*, det. A. Potemkin (LE).

This species was found for the first time in the Republic of Mordovia in the Mordovia State



25 a 30 de setembro de 2016
Centro de Convenções de Vitória - Vitória, ES

Conectando diversidades,
revelando o desconhecido.

MUSGOS COMO INDICADORES DE UM PÁRAMO EM BOYACÁ – COLÔMBIA.

Jorge Enrique Gil-Nova e María Eugenia Morales-Puentes
Universidade Pedagógica e Tecnológica da Colômbia, Faculdade de Ciências
Biológicas, Mestre em Ciências Biológicas Herbarium UPTC, Tunja, Boyaca,
Colômbia, jorge.gil@uptc.edu.co, maria.morales@uptc.edu.co

Os páramos são ecossistemas de alta montanha e, em maior extensão nas três cordilheiras colombianas; no entanto, estes ecossistemas foram transformados pelo uso, e pela redução da área, devido a processos agrícolas, pecuária extensiva e mineração. Os páramos também são considerados ecossistemas sensíveis, devido a condições climáticas, topográficas, de altitude, entre outros, que permitem a exuberância e diversidade de nonvascular (principalmente musgos e hepáticas), e a colonização destes em uma variedade de substratos. Este trabalho foi realizado em o complexo Tota-Bijagual-Mamapacha (departamento Boyacá), musgos usados como indicadores de estes ecossistemas, tendo em conta as mudanças de altitude e cobertura vegetal. Para a coleta, cinco estações foram realizados cada 100 m de altitude, entre os 3087 e 3527 m, na floresta alta-andina até o páramo. 52 espécies foram registradas, distribuídas em 33 gêneros e 22 famílias. Leucobryaceae é a família mais diversa (nove espécies), seguido pela Bartramiaceae (5), Bryaceae, Neckeraceae, Pottiaceae e Sphagnaceae com quatro espécies cada, e do gênero *Campylopus* foi o mais diverso com nove espécies. A segunda estação (3167 m), foi a mais diversificada, com 22 espécies, enquanto cinco (3501 m), registraram a menor diversidade, com 13 táxons. As primeiras duas estações um e dois (3087 e 3167 m), apresentaram espécies como *Meteoridium remotifolium*, *Porotrichodendron robustum*, *Mittenothamnium lehmannii* e *Plagiomnium Rhynchophorum*, que indicam a presença de uma área de floresta, como elas são espécies típicas de locais escuros, frios e úmidos como florestas alta-andinas. Além disso, algumas espécies únicas foram coletadas na terceira Estação (3247 m), o que pode indicar a transição entre a floresta e o páramo, como *Campylopus flexuosus*, *Bartramia brevifolia*, *Sphagnum cuspidatum* e *Bryum capillare*. Outras espécies, como *Didymodon australasiae*, *Leptobrachium pyriforme*, *Campylopus jugorum* e *Breutelia brittoniae*, foram coletados nas estações típicas de páramo (4, 3425 e 5, 3501 m). Estes resultados mostram que os musgos respondem a transformações ambientais e cobertura vegetal vascular e, portanto, podem servir como insumos para a delimitação da faixa de transição entre a floresta e o páramo. Este trabalho foi realizado com o apoio ao processo de delimitação dos páramos, com o apoio do Instituto Alexander von Humboldt (IAvH) no acordo sobre a delimitação destes ecossistemas em Boyacá e Santander, na Colômbia.

Palavras-chave: Paramo, floresta, transição, musgos, briófitas.

**BRIÓFITOS DEL COMPLEJO DE PÁRAMOS TOTA-BIJAGUAL-
MAMAPACHA: UN ACERCAMIENTO A SU RIQUEZA Y FITOGEOGRAFÍA**

Jorge Enrique Gil-Novoa,
Maestría en Ciencias Biológicas,
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
jorge.gil@uptc.edu.co

María Eugenia Morales-Puentes
Directora, Grupo Sistemática Biológica y Herbario Uptc,
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
maria.morales@uptc.edu.co

El complejo de páramos Tota-Bijagual-Mamapacha (TBM), alberga un gran porcentaje de la biodiversidad del país, debido a su ubicación geográfica y extensión como zona natural; constituye, a su vez dentro de su franja uno de los últimos relictos de bosques alto andino, andino y subandino que subsisten en la cordillera Oriental colombiana, y pueden ser el único eslabón para la recuperación de corredores biológicos y paisajes nativos de la región, especialmente relacionados con el páramo de Bijagual [1]. Teniendo en cuenta la importancia ecosistémica en la región del complejo TBM, se realizó la caracterización briológica en el mismo, mediante la realización de seis transectos longitudinales de 600 m, con un muestreo general sobre el transecto cubriendo todos los sustratos posibles como suelo, rocas, base de árbol, tronco hasta 2 m, entre otros, desde el bosque hasta el páramo, junto con un análisis fitogeográfico enfocado a géneros y especies de tal Complejo. Se registraron 58 familias, 117 géneros y 261 especies, siendo los musgos los mejor representados con 160 especies (33 familias y 71 géneros), seguidos de las hepáticas con 100 (24/45) y una única especie de antocero. Para el área de páramo se encontraron 53 familias (31 musgos y 22 hepáticas), 106 géneros (66/40) y 216 especies (138/78), mientras que, para la zona de transición se registraron 41 familias (23 musgos, 17 hepáticas y un antocero). 75 especies (28,73%) se ubicaron, en la zona de transición como en la de páramo. Se hallaron 40 nuevos registros (20 especies de musgos y 20 de hepáticas) para el departamento de Boyacá, entre los que se destacan un género previamente desconocido para el país, *Platycaulis* (con *P. renifolia*: Lophocoleaceae) [2]. Se identificaron elementos de 15 regiones biogeográficas. El 25,89% de los géneros tienen distribución cosmopolita, seguidos de los géneros pantropicales con el 23,21%, los elementos neotropicales con el 17,85% y géneros de las regiones templadas (norte y sur) con el 10,71%. Sólo se registró un género (*Platycaulis*) con distribución exclusiva para el páramo. El 39,09% de las especies registran una distribución neotropical, el 18,18% son estrictamente andinas y el 10% son de distribución pantropical. Los elementos con distribución pantropical y que a su vez se encuentran en las regiones templadas, tanto del norte como del sur representan el 6,36%, y las especies con distribución cosmopolita, representan el 5,09%. Siete especies (3,18%) son de distribución estrictamente de páramo. Estos resultados muestran que las zonas de páramo son ampliamente diversas en cuanto a flora no vascular, y deben continuar las exploraciones para conocer mejor su diversidad.

30 de Junio al 3 de Agosto del 2017
Tunja - Boyacá