



Evaluador 1:

---

Evaluador 2:

---



**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA**

**LAS ESPECIES DE *SPHAGNUM* L. (SPHAGNACEAE: BRYOPHYTA) EN LA SIERRA  
NEVADA DE SANTA MARTA, COLOMBIA**

Trabajo de grado para optar al título profesional de:

**BIÓLOGO**

Presentado por:

**JUAN DAVID OSPINO CERPA**

Director(a)

**DRA. MARIA A. NEGRITTO**

Asesor(a)

**BIÓL. CLAUDIA MORALES**

SANTA MARTA D.T.C.H.

2017

## **DEDICATORIA**

Dedicado a cualquier amante de la naturaleza que quiera descubrir en los musgos un verdadero mundo en miniatura.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres Julia Isabel Cerpa Torres y Antonio Luis Ospino Altamar por su apoyo y motivación para estudiar biología e inculcarme el amor por la naturaleza. Al resto de mi familia, amigos y compañeros que me alentaron a seguir estudiando. Al profesor Sigmer Yamuruk Quiroga Cárdenas por abrirme las puertas de su grupo de investigación y brindarme su respaldo y apoyo. A los integrantes del Grupo de Investigación MIKU por convertirse en mi equipo de trabajo y segunda familia. Al Dr. Juan Bernardo Larraín por su guía y capacitación en la identificación taxonómica de musgos. Y finalmente a mis mentoras María A. Negritto y Claudia Morales por su acompañamiento en mi formación personal y profesional.

## I. Tabla de contenido

RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT .....	IX
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. HIPÓTESIS .....	4
3. OBJETIVOS .....	4
4. METODOLOGÍA.....	5
4.1. Área de estudio .....	5
4.2. Método.....	5
5. RESULTADOS .....	7
5.1. Descripción del género .....	9
5.2. Clave dicotómica para las especies de <i>Sphagnum</i> L. (sphagnaceae) de la sierra nevada de santa marta .....	16
5.3. Descripción de las especies de <i>Sphagnum</i> (sphagnaceae) de la sierra nevada de santa marta.....	17
6. DISCUSIÓN.....	27
7. CONCLUSIONES.....	29
8. RECOMENDACIONES .....	29
9. BIBLIOGRAFÍA .....	30

## II. Lista de figuras

Figura 1. Área de estudio .....	8
Figura 2. <i>Sphagnum</i> .....	10
Figura 3. Tipos de fascículo .....	11
Figura 4. Forma de los filidios en <i>Sphagnum</i> .....	12
Figura 5. Ápices de los filidios caulinares: .....	13
Figura 6. Hialodermis. ....	14
Figura 7. Tipos de hialocistos.....	15
Figura 8. Tipos de clorocistos. ....	15
Figura 9. <i>Sphagnum magellanicum</i> Brid. ....	18
Figura 10. <i>Sphagnum meridense</i> (Hampe) Müll. Hal.:.....	20
Figura 11. <i>Sphagnum oxyphyllum</i> Warnst. ....	22
Figura 12. <i>Sphagnum</i> cf. <i>limbatum</i> .....	24
Figura 13. <i>Sphagnum</i> sp.1 .....	26

## Resumen

*Sphagnum* L. (Sphagnaceae), contiene 37 especies en Colombia y 286 a nivel mundial, es un género de musgos complejo, diverso y de alta variabilidad morfológica, esto dificulta reconocer a las especies. En nuestro país, se han realizado tratamientos florísticos y/o revisiones en varias regiones biogeográficas, en los Andes, Amazonía y Sierra Nevada de Santa Marta. Sin embargo, en la Sierra Nevada, al igual que en el resto de Colombia, los trabajos taxonómicos sobre *Sphagnum* son escasos para evaluar la diversidad específica subvalorando su riqueza. Este estudio trata sobre las especies de *Sphagnum* en la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, se elaboraron descripciones morfo-anatómicas, una clave dicotómica para el reconocimiento de las especies e ilustraciones, se amplían los datos de distribución y se entregan notas ecológicas para las especies que crecen en los bosques lluviosos montanos en la franja altitudinal comprendida entre los 1600-3350 m.n.s.m. Se analizaron un total de 48 ejemplares, algunos fueron recolectados en las salidas de campo y se revisó la colección de Briófitos del Herbario Nacional Colombiano (COL) y del Centro de Colecciones Biológicas (CBUMAG). Los ejemplares recolectados fueron depositados en el CBUMAG. Para la identificación se utilizaron claves para Colombia y el Neotrópico. Se analizaron 20 caracteres del gametófito en algunos casos se describió el esporófito. Estos resultados preliminares registran cinco especies incluidas en tres secciones: Sect. *Sphagnum*: *S. magellanicum* Brid., Sect. *Acutifolia*: *S. meridense* Müll. Hal. y *S. oxyphyllum* Warnst. y otros dos taxones específicos, *Sphagnum* cf. *limbatum* perteneciente a la Sect. *Acutifolia* y *Sphagnum* sp.1, a la Sect. *Polyclada*. Los dos últimos taxones son un nuevo registro y una posible especie nueva. Los caracteres diagnósticos son: número de ramas por fascículo, disposición de los filidios en las ramas, número de capas en las células corticales de los caulidios, forma de los filidios caulinares y de las ramas, presencia de surco de resorción, presencia de poros, pseudoporos, fibrillas y papilas, forma y disposición de los clorocistos. Estos resultados evidencian la necesidad de realizar más estudios exploratorios que abarquen un área mayor que incluyan las diferentes vertientes de la Sierra Nevada de Santa Marta.

Palabras Clave: *Sphagnum*, Sierra Nevada de Santa Marta, taxonomía.



## Abstract

*Sphagnum L. (Sphagnaceae), contains 37 species in Colombia and 286 worldwide, is a complex, diverse moss and high morphological variability, making it difficult to recognize species. In our country, floristic treatments and /or reviews have been carried out in several biogeographical regions, in the Andes, Amazon and Sierra Nevada of Santa Marta. However, in the Sierra Nevada, as in the rest of Colombia, the taxonomic works on Sphagnum are scarce to evaluate the specific diversity undervaluing its wealth. This study deals with Sphagnum species in the northwestern Sierra Nevada range of Santa Marta, morphological and anatomical descriptions, a dichotomous key for the recognition of species and illustrations, distribution data are expanded and ecological notes are given for the species that grow in the altitudinal fringe of the montane rainforests between 1600-3350 metres above sea level. A total of 48 herbarium specimens were analyzed, some were collected at the field trips and the rest of specimens analyzed in the collection of Bryophytes of the Colombian National Herbarium (COL) and the Center for Biological Collections (CBUMAG) were reviewed. The collected specimens were deposited in (CBUMAG). Identification keys were used for Colombia and the Neotropics. We analyzed 20 characters of the gametophyte and some cases we described the sporophyte. These results record five species included in three sections: Sect. Sphagnum: S. magellanicum Brid., Sect. Acutifolia: S. meridense Müll. Hal. and S. oxyphyllum Warnst., and two other specific taxa, Sphagnum cf. limbatum belonging to the Sect. Acutifolia and Sphagnum sp.1, to the Sect. Polyclada. The last two specific taxa are a new record and a possible new species. The diagnostic characters are the number of branches per fascicle, the arrangement of leaves in branches, number of layers in cortical cells of stems, shape of leaves of stems and branches, presence of reabsorption furrow, the presence of pores, pseudopores, fibrils and papillae, shape and arrangement of the chlorocysts. These results evidenced the need to carry out more exploratory studies that cover a larger area that includes the different slopes of the Sierra Nevada de Santa Marta.,*

Keywords: *Sphagnum*, Sierra Nevada de Santa Marta, taxonomy

## 1. INTRODUCCIÓN

Los Briófitos son plantas no vasculares que incluyen tres linajes evolutivos monofiléticos, musgos, hepáticas y antocerotas, contienen 15000 especies y 1200 géneros en el mundo. Se encuentran distribuidos principalmente en ecosistemas tropicales; desde bosques de tierras bajas, bosques húmedos montanos, paramos, incluso, algunos se pueden encontrar en bosques secos y sabanas (Churchill & Linares, 1995; Gradstein *et al.*, 2001). Los Andes tropicales albergan alrededor de 4000 especies de briófitos, aproximadamente un cuarto del total de especies (Gradstein *et al.*, 2001). En Colombia, se registran actualmente 1648 especies, 107 familias y 302 géneros (Bernal *et al.*, 2016). La altitud y la alta humedad son factores significativos e influyentes en la diversidad de especies en las comunidades de briófitos (Frahm, 2002). Estos dos factores permiten a los briófitos proliferar en los bosques de alta montaña, encontrándolos sobre los caulidios, ramas y filidios de las plantas, así como troncos, humus, suelo y rocas (van Reenen *et al.*, 1984; Churchill & Linares, 1995; Gradstein *et al.*, 2001). Estas plantas cumplen un papel ecológico importante porque aportan un alto porcentaje en humus y biomasa, retienen la lluvia, la cual es interceptada hasta en un 50%, evitan la erosión y retienen los nutrientes y minerales presentes en el suelo (Glime, 2007). Los briófitos son sensibles a las condiciones ambientales como la luz, la humedad relativa y la temperatura, esto los hace bioindicadores de las perturbaciones de los bosques (Thiers, 1988; Gradstein, 1992; Hill & Hamer, 1998).

A nivel mundial, los musgos contienen 900 géneros y entre 8000 y 12800 especies. En el Neotrópico se encuentran 76 familias, 400 géneros y aproximadamente 2600 especies (Gradstein *et al.*, 2001). En Colombia se encuentra uno de los puntos de diversidad más alto del Neotrópico (Churchill, 2012), 932 especies de musgos (52 endémicas), contenidas en 261 géneros y 65 familias. En la Sierra Nevada de Santa Marta se registran 222 especies, 119 géneros y 44 familias (Bernal *et al.*, 2016).

*Sphagnum* L. (Sphagnaceae) es uno de los musgos más conspicuos dentro de los bosques húmedos montanos de la Sierra Nevada de Santa Marta. Sus especies presentan un tamaño mediano hasta grande, de color verde, verde-pálido, blanco, rojizo, amarillo a pardas; crecen en cojines o manojos densos sobre el suelo y cerca de sitios húmedos (Churchill & Linares, 1995). Estas plantas poseen una alternancia de generaciones en su ciclo de vida, una fase gametofítica ( $n$ ) dominante y una fase esporofítica ( $2n$ ) efímera; particularmente, el gametófito presenta caulidios análogos a caulidios con ramificaciones provistas de filidios semejantes a filidios verdaderas que pueden ser dimórficos, ecostados, uniestratificados, con células alternadas entre hialocistos y clorocistos; los caulidios son erectos hasta suberectos, solitarios o poco bifurcados, con fascículos (agrupaciones de ramas) dispuestos en espiral, agrupados o distantes entre sí y terminando en un capítulo o cabezuela compacta (Gradstein *et al.*, 2001; Campos *et al.*, 2008).

Comúnmente, se les conoce a nivel mundial como musgos de turbera debido a que forman estos humedales acidificados y anóxicos (Díaz *et al.*, 2008), con propiedad antimicrobiana (Wallach *et al.*, 2010), además, conserva y acumula mucha materia orgánica vegetal en forma de una turba, capaz de absorber grandes cantidades de agua y prevenir la erosión (Matteri, 1998) considerándose importantes reservorios del recurso hídrico e igualmente importantes en estudios ecológicos, ambientales, conservacionistas y socio-económicos (Correa, 1987; Montenegro *et al.*, 2005; Bradley *et al.*, 2006; Glime, 2007; Vergara *et al.*, 2007; Díaz *et al.*, 2005, 2008; Merchan *et al.*, 2011; Benavides & León, 2014; Arévalo *et al.*, 2016).

Taxonómicamente, *Sphagnum* está ubicado en el orden Sphagnales, clase Sphagnopsida. Se encuentran ampliamente distribuido en todo el mundo, principalmente en regiones boreales y bosques húmedos templados, a excepción de regiones templadas áridas a secas (Gradstein *et al.*, 2001; Michaelis, 2011). Filogenéticamente, están relacionadas con otros tres géneros monofiléticos pertenecientes a dos familias, Ambuchananiaceae: *Ambuchanania* y *Eosphagnum*, Flatbergiaceae: *Flatbergium* (Shaw, 2000; Shaw *et al.*, 2010; Glime, 2013). Recientemente, se reconocen 286 especies de *Sphagnum* incluidas en 13 secciones: *Sericea* (1 sp.), *Lapazensis* (1 sp.), *Sphagnum* (44 spp.), *Rigida* (5 spp.), *Insulosa* (1 sp.), *Acutifolia* (57 spp.), *Squarrosa* (4 spp.), *Polyclada* (1 sp.), *Subsecunda* (con 113 spp.), *Isocladus* (1 sp.), *Hemitheca* (1 sp.), *Cuspidata* (54 spp.) y *Mollusca* (1 sp.) (Michaelis, 2011).

En el Neotrópico se registran 160 especies del género *Sphagnum*, encontradas en sitios húmedos tales como pantanos y sitios de escorrentía, raramente acuáticas o epífitas. Algunas especies se hallan con poca frecuencia en sitios pantanosos en sabanas de tierras bajas y bosques tropicales húmedos, desde 100 m a más comúnmente 2000-4400 m desde bosques húmedos andinos hasta páramos, entre 1200 y 3500 m (Gradstein *et al.*, 2001). Las secciones *Subsecunda*, *Sphagnum*, *Acutifolia*, y *Cuspidata*, representan más del 90% de sus especies, distribuidas mayormente al sureste de Brasil y los Andes tropicales (Shaw, 2000; Gradstein *et al.*, 2001; Shaw *et al.*, 2003, 2004; Michaelis, 2011).

Estudios sobre *Sphagnum* a nivel mundial permitieron conocer más sobre la taxonomía y diversidad del grupo (Warnstorfs, 1911; Adrews, 1911a, b, 1912, 1913 y 1937; Eddy, 1977; Isoviita, 1966). Las contribuciones realizadas por Howard Crum (Crum, 1984, 1989a, 1989b; 1990a, 1990b, 1990c, 1993) para la flora de musgos de México (Sharp *et al.*, 1994) y de Centro América (Allen, 1994) proveerían los únicos tratamientos disponibles para Sphagnaceae del Neotrópico. Sin embargo, la cantidad de especies descritas en tan corto tiempo en Suramérica, la marcada variación morfológica, los recientes casos de hibridación y alopoliploidia (Ricca *et al.*, 2008; Ricca & Shaw, 2010), y los problemas taxonómicos que rodeaban al taxón (Crum, 1984; Shaw *et al.*, 2005; McQueen & Andrus, 2007; Shaw *et al.*, 2009) generaba una gran incertidumbre con respecto a la validez de las especies descritas por Crum (Crum, 1995; Gradstein *et al.*,

2001; Crum, 2002). A un siglo después de los trabajos de Warnstorfs (1911), se realiza el primer tratamiento taxonómico basado en análisis moleculares a nivel mundial para 286 especies de *Sphagnum* (Michaelis, 2011), que describe su anatomía, morfología, biología reproductiva, evolución y sistemática. Este trabajo permitió distinguir las especies “problemáticas” y proporcionó una clave para 19 regiones de todo el mundo, incluida Suramérica, acompañada de datos sobre los hábitats, distribución geográfica y una lista de sinónimos.

Los estudios sobre *Sphagnum* en Colombia fueron abordados a inicios de los años 50 (Bartram, 1953), posteriormente, obras de la briología colombiana apoyadas en notas de campo, descripciones, claves ilustradas y datos de distribución, ampliaron el conocimiento en taxonomía, ecología y diversidad del grupo (Robinson, 1967; Florschütz & Florschütz, 1979; Griffin III, 1981; Churchill, 1989, 2012; Churchill & Linares, 1995; Churchill *et al.*, 2000; Ruíz *et al.*, 2006; Aguirre & Avendaño, 2008). En Colombia las especies de *Sphagnum* se encuentran distribuidas en las regiones biogeográficas de la Amazonia (200-260 m.), los Andes (700-4500 m.) y la Sierra Nevada de Santa Marta (1600-3350 m). Actualmente, se registran en el país 37 especies, 14 endémicas (Bernal *et al.*, 2016), tres de ellas, *Sphagnum meridense* (Hampe) Müll. Hal., *S. oxyphyllum* Warnst. y *S. magellanicum* Brid., presentes en la Sierra Nevada de Santa Marta (Cleef *et al.*, 1984; van Reenen *et al.*, 1984; Rangel & Jaramillo, 1984; Churchill & Linares, 1995; Aguirre & Avendaño, 2008).

Los trabajos realizados sobre *Sphagnum* en la Sierra Nevada de Santa Marta son escasos, muchos de ellos son inventarios o levantamientos florísticos de la región (Cleef *et al.*, 1984; van Reenen *et al.*, 1984; Churchill & Linares, 1995; Aguirre, 2008a,b; Aguirre & Avendaño, 2008), esto podría subvalorar la diversidad existente del género en el macizo montañoso; por esta razón el propósito de este trabajo fue determinar el número de especies pertenecientes a *Sphagnum*, que crecen en la cara noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta.

El presente trabajo fue financiado por los proyectos “Composición taxonómica de flora y fauna anhidrobiótica en micro-doseles de la Sierra Nevada de Santa Marta”, COLCIENCIAS (convocatoria 659-2014/111765943115) y “Diversidad de ositos de agua (Tardigrada) asociados a briófitos y líquenes epífitos en cultivos de café de la Sierra Nevada de Santa Marta, con un enfoque innovador para la apropiación social del conocimiento” FONCIENCIAS (2015-2017).

## 2. HIPÓTESIS

En la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta crecen más de tres especies del género *Sphagnum* (Sphagnaceae), *S. magellanicum*, *S. meridense* y *S. oxyphyllum*, que ya fueron citadas para la Sierra Nevada de Santa Marta.

Argumento: Debido a la alta variabilidad de los caracteres morfológicos y a la falta de una revisión exhaustiva que permitan definir los caracteres diagnósticos de los taxones específicos de *Sphagnum* en la SNSM (Churchill & Linares (1995), van der Hammen & Ruíz (1984).

## 3. OBJETIVOS

### 3.1. General

Establecer el número de especies del género *Sphagnum* L. (Sphagnaceae, Sphagnales, Bryophyta) que están presentes en la Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia), definiendo los caracteres diagnósticos de cada una de las especies y delimitando su distribución geográfica.

### 3.2. Específicos

- Definir los caracteres diagnósticos de cada una de las especies de *Sphagnum*.
- Identificar las especies del género *Sphagnum* presentes en la Sierra Nevada de Santa Marta.
- Determinar el área de distribución de cada una de las especies de *Sphagnum* en el gradiente altitudinal de la Sierra Nevada de Santa Marta.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Área de estudio

El macizo montañoso de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), ubicado en el norte de Colombia, se encuentra entre los 10°0'11"30"N y los 72°30'-74°30'O (Mejía-Herrera *et al.*, 2008); posee una altura de 5775 m y de base subtriangular e incluye Magdalena, Cesar y La Guajira; al Norte limita con el mar Caribe (Pérez, 1984), al suroriente es bordeada por los valles de los ríos Cesar y Ranchería, y al nororiente limita con los departamentos de Cesar y La Guajira (Ujueta & Llinas, 1990). El clima de la Sierra Nevada es intertropical con régimen de precipitación bimodal, tetraestacional con dos periodos lluviosos (septiembre-diciembre; mayo-junio) y dos secos (enero-Abril; Julio-agosto) (IGAC, 1993). Debido a la forma y la posición del macizo, los vientos dominantes (alisios) soplan del este, generando dos paisajes climáticos diferentes: en la vertiente oriental hay mayor nubosidad y precipitación, mientras que en la vertiente occidental presenta clima seco y cálido (Pérez-Preciado, 1984).

El área de estudio se encuentra en la cara noroccidental de la Sierra Nevada (Magdalena); inmenso dentro del polígono delimitado por las coordenadas: 1) 11°14' 39, 95" N y 74°11' 8.41"O; 2) 11° 9' 49,27" N y 74°13' 10,99" O; 3) 11° 9' 36,56" N y 74° 2' 13,21" O y 4) 11° 4' 53.46" N y 74° 4' 22.69 O, representativo de los orobiomas de Selva Subandina de BosqueSiempre verde tropical submontano (1100-2300 m.s.n.m) y Selva Andina de Bosque siempreverde tropical montano (2300-3200 m.s.n.m); selvas de piso isomesotérmico (tierras templadas) con frecuentes nieblas y alta humedad ambiental (Hernández-Camacho y Sánchez, 1992; Carbono y Lozano-Contreras, 1997; Prosierra, 1998).

### 4.2. Método

Se realizaron 3 salidas de campo para recolectar material vegetal de *Sphagnum* y de otros briófitos, empleando el método de muestreo oportunístico no cualitativo (Sipman, 1996), iniciando la recolección en el sector bajo de la Cuchilla de San Lorenzo a 2565 m, hasta la Reserva Natural de las Aves "El Dorado" a 1600 m.

Se analizaron 48 ejemplares de herbario de *Sphagnum*. Los 34 ejemplares recolectados fueron depositados en el Centro de Colecciones Biológicas de la Universidad del Magdalena (CBUMAG). Además, se revisaron 14 ejemplares depositados en la colección de briófitos del Herbario Nacional Colombiano (COL). Los ejemplares fueron analizados con un estereoscopio Stemi DV4 con objetivo adicional de 1.5X, un microscopio PrimoStar con contraste de fase, equipado con una cámara CCD AxioCam y un computador Mac para la toma y procesamiento de las fotografías.

En total, se observaron y analizaron 20 caracteres morfológicos que corresponden a caracteres del gametófito, que es la generación dominante y en algunos casos se observaron y describieron los esporofitos. Los caracteres gametofíticos son los siguientes: (1) tamaño, (2) hábito y (3) coloración de la planta, (4) número de capas de células corticales, (5) forma de las células corticales, (6) presencia de fibrillas, (7) presencia de poros, (8) número de ramas por fascículos, (9) disposición de los filidios rameales, (10) forma, (11) ápice, (12) margen y (13) base de filidios caulinares y rameales, (14) forma y (15) tamaño de los hialocistos, (16) presencia de poros, (17) pseudoporos y (18) poros anulados, (19) exposición de los clorocistos sobre las superficies de los filidios y (20) forma del clorocisto.

Con el propósito de resaltar los caracteres microscópicos del gametófito, tales como poros y/o pseudoporos de los hialocistos en las superficies (adaxial/abaxial) de los filidios y los poros y/o fibrillas en las superficies de las células corticales (hialodermis) de caulidios y ramas, se empleó con una solución de Azul de Metileno al 2%. Los caracteres de los filidios rameales usados en las descripciones se refieren a los que se encuentran ubicados en el 1/3 más próximo al caulidio de las ramas divergentes. Las observaciones de los hialocistos de los filidios rameales se han tomado en toda la lámina foliar, especialmente en las superficies distales. Las observaciones de los hialocistos de los filidios caulinares se han tomado en los 2/3-3/4 de los ápices.

Las fotografías fueron convertidas en ilustraciones a escala mediante el uso de una tableta gráfica Intous Draw Wacom y el programa Adobe Illustrator. Para la identificación taxonómica se emplearon las claves para la flora de musgos de México, Centro América y Colombia (Griffin III, 1981; Allen, 1994; Sharp *et al.*, 1994; Churchill y Linares, 1995; Ruíz *et al.*, 2006).

Finalmente, se elaboró una clave dicotómica para el reconocimiento de las especies, acompañada de descripciones e ilustraciones, y se brinda información sobre la distribución de las especies del género *Sphagnum* en la Sierra Nevada de Santa Marta.

## 5. RESULTADOS

En los bosques húmedos de la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, se registran cinco especies: *S. magellanicum*, *S. meridense* y *S. oxyphyllum* y dos taxones específicos, cf. *limbatum* y sp.1, claramente distinguibles entre sí, que aún no ha sido posible la asignación de un nombre o quizás puedan tratarse de nuevas especies o nuevos registros. Las cinco especies son representantes de dos subgéneros y tres secciones:

- *Sphagnum* L.
  - Sect. *Sphagnum*: 1) *S. magellanicum* Brid.
  - Sect. *Acutifolia*: 2) *S. meridense* (Hampe) Müll., 3) *S. oxyphyllum* Warnst., 4) *Sphagnum* cf. *limbatum*.
  - Sect. *Polyclada* Warnst.: 5) *Sphagnum* sp.1

Las especies *S. meridense*, *Sphagnum* cf. *limbatum* y *Sphagnum* sp.1, forman cojines mixtos o individuales y se distribuyen entre los 2300-2700 m.s.n.m. Estas tres especies son muy similares entre sí, sin embargo, las características en la estructura del gametofito tales como el tamaño de la planta, el número de ramas por fascículo y la forma de los clorocistos permiten diferenciarlas. Por otro lado, las especies *S. magellanicum* y *S. oxyphyllum*, presentan una distribución geográfica similar, habitan exclusivamente a mayor altitud, formando cojines a partir de los 2700 y 3350 m de altitud y se distinguen entre ellas por la presencia o ausencia de fibrillas en las células corticales y la forma de los filidios.



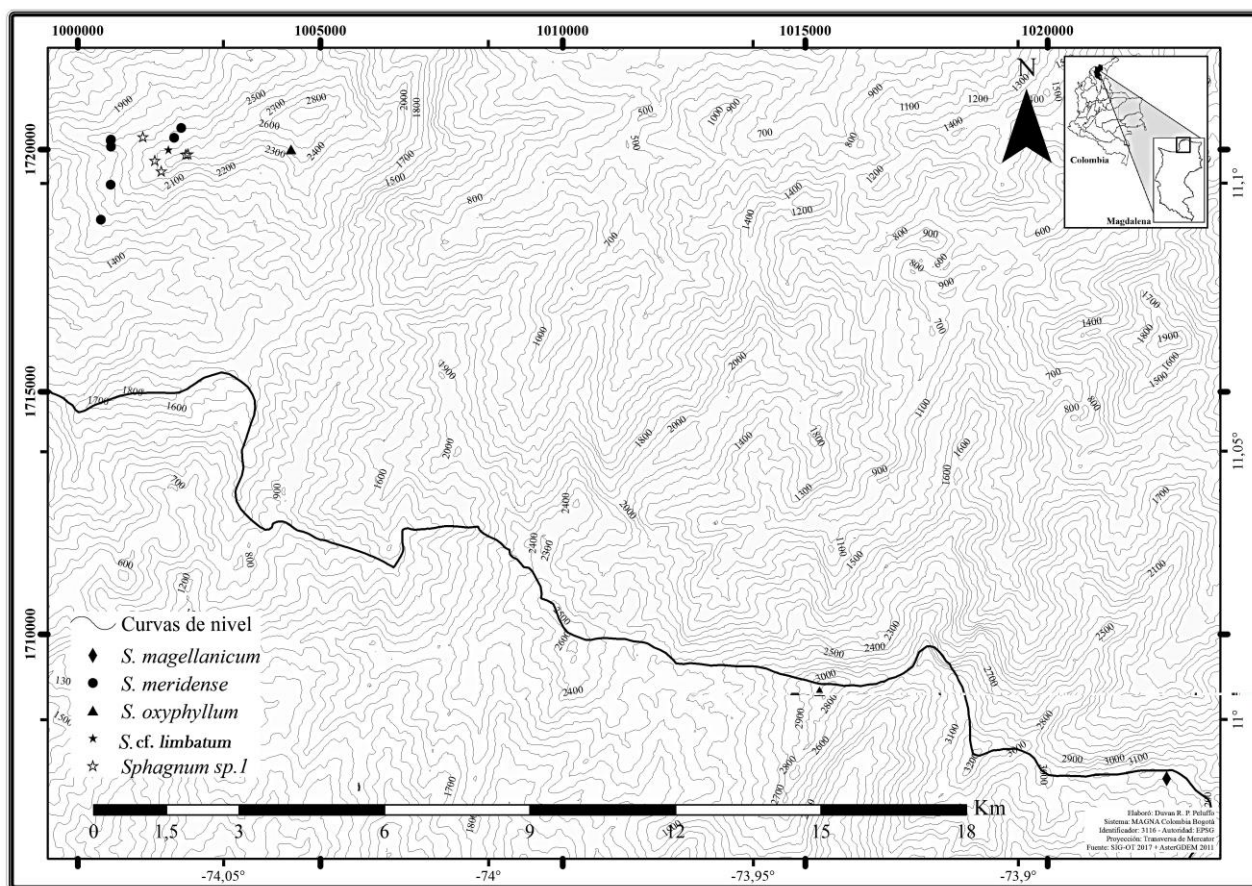


Figura 1. Área de estudio

Área de estudio: cara noroccidental de la Sierra Nevada, departamento del Magdalena; representativo del bosque seco ecuatorial y el bosque subandino colombiano. Este mapa de curvas de nivel corresponde a las especies encontradas en el área de estudio muestreada que se encuentra dentro del polígono de muestreo del grupo de Investigación en Manejo y Conservación de Fauna, Flora y Ecosistemas Estratégicos Neotropicales (MIKU) de la Universidad del Magdalena y algunas especies revisadas COL y CBUMG.

## 5.1. Descripción del género

***Sphagnum* L., Sp. Pl. 2: 1106. 1753.**

Plantas esbeltas a robustas, formando cojines densos o céspedes, verdes hasta amarillas, pardas, rojizas, raramente de color púrpura, violeta. Caulidios erectos, solitarios. Ramas divergentes, con fascículos, de 4-7 ramas, dispuestos helicoidalmente en el caulidio, en la parte apical densos capítulos. Células de la lámina diferenciadas en a) clorocistos, células lineales, con clorofila, en sección transversal de forma triangular, trapezoide, elíptica, lenticular y rectangular; b) hialocistos, células romboidales a fusiformes huecas, absorben agua y con o sin fibrillas, septos, poros, pseudoporos y perforaciones de membranas, la pared interna adyacente a los clorocistos con o sin ornamentaciones con papilas o crestas; c) las células lineales, alargadas, en algunas especies forman un borde de 1-9 hileras. Filidios caulinares erectos a péndulos, cóncavos o planos, ovado-agudos, redondeados o truncados, de 0,3-3,0 mm, ápices son redondeados a agudos, acuminados. Filidios rameales imbricados, rectos o curvados, a veces escuarrosos, en 5 hileras o esparcidos, cóncavos, ovados a estrechamente lanceolados, de 0,7-3,0 mm; ápices truncados o redondeados; márgenes enteros o erosos. Dioicas o monoicas (autoicas). Perigonio con filidios cóncavos, densamente imbricados y con coloración intensa. Anteridios solitarios, axilares, pediculados, ovoides o globosos, de 200-300µm en diámetro. Periquecio, próximos al ápice, laterales, antes de la fertilización limitado a pequeñas yemas inconspicuas con 1-5 arquegonios, más tarde los filidios periqueciales crecen alcanzando mayor tamaño que la de las ramas formando una vaina que rodea al esporofito. Cápsula estegocárpica, globosa cuando húmeda y cilíndrica cuando seca, de color pardo-rojiza, con pseudoestomas. Sin seta, con pseudopodio de origen gametofítico que eleva en la madurez al esporangio. Células del exotecio redondeadas, de paredes muy engrosadas, sin anillo ni peristoma, opérculo convexo. Caliptra delgada, hialina, rodea la cápsula hasta su madurez. Esporas tetraédricas, 25 µm de diámetro, lisas hasta papilosas.

Especie tipo: ***Sphagnum palustre* L.**

*Sphagnum* es distintivo entre los musgos, sus características diferenciales son: las plantas que forman céspedes y a veces cojines, los gametófitos sin rizoides, con ramas erectas y péndulas, hasta 8 ramas, las ramas se agrupan y forman fascículos; con 2 tipos de células, clorocistos y hialocistos, los últimos con poros y engrosamientos celulares; esporófito sin seta, con un pseudopodio que eleva el esporangio o la cápsula, la cápsula es dehiscente y no posee peristoma.

*Sphagnum* es encontrado en sitios húmedos, en los márgenes de lagos, charcos, pantanos y roquedales con filtraciones, mayormente en elevaciones medias a altas, particularmente desde regiones montañas abiertas hasta páramo.

## Caracteres morfológicos del gametófito de *Sphagnum* L.

Con el fin de llevar a cabo una apropiada identificación de las especies de *Sphagnum*, conocer la variabilidad de los caracteres morfológicos e identificar aquellos caracteres que son diagnósticos, se realizó un análisis exhaustivo del gametófito. Para esto, se consideró el hábito, la coloración, el número de ramas por fascículos, la forma y disposición de los filidios caulinares y de ramas, las superficies abaxial y adaxial y la sección transversal de ambos tipos de filidios; otros caracteres observados fueron la superficie y la sección transversal de caulidios y ramas.

### 1) Hábito

El hábito o forma de vida, se refiere al porte o aspecto de la planta. En todos los casos, *Sphagnum* presentan un hábito *cespitoso*, formando céspedes. Las plantas crecen con caulidios erectos, en algunos casos forman *cojines* con los caulidios, estrechamente agrupados o apretados hasta laxos que pueden llegar a cubrir áreas extensas. Con relación al tamaño, las plantas pueden ser robustas como en *S. magellanicum* o delicadas y esbeltas, como en *S. oxyphyllum*, *S. meridense*, *Sphagnum cf. limbatum* y *Sphagnum sp. 1*.

### 2) Capítulo

Los capítulos son ramas agrupadas formando una cabezuela en los extremos apicales del caulidio. Pueden ser convexos o planos. En el capítulo se encuentra la yema apical que es el punto de crecimiento del caulidio. En algunos casos es notoriamente visible en el centro del capítulo. Fig. 2.

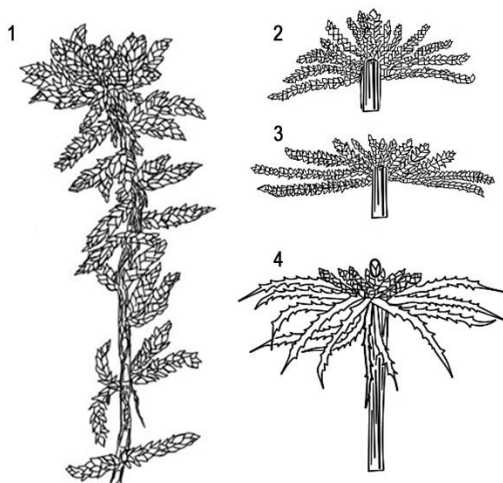


Figura 2. *Sphagnum*.

1. Caulidio de *Sphagnum* con fascículos y capítulo. 2. Capítulo convexo; 3. Capítulo plano; 4. Detalle del capítulo, se observa la yema apical

3) Coloración

4) La coloración es variable, las plantas pueden ser a) rojizas o con matices rojos; b) rosadas con matices violetas; c) verde pálido hasta blanquecino cuando secas; d) rojizas amarillentas a verde pálido. Es necesario tener en cuenta que la coloración varía con el ambiente.

5) Fascículos

Este carácter es importante para la taxonomía del género, en algunos casos define a las secciones y/o especies. El fascículo es el conjunto de ramas que nacen a partir de un mismo punto. Los fascículos son homogéneos o heterogéneos según las diferencias con relación a la posición de cada rama con relación al caulidio, entre las diferentes ramas que conforman el fascículo. Las ramas caducas son reflexas, adpresas, más largas y con filidios pequeñas. Las ramas patentes, ascendentes son más gruesas, con mayor diámetro y sus filidios presentan caracteres diagnósticos que permiten distinguir a las especies. En todos los casos observados los fascículos son heterogéneos.

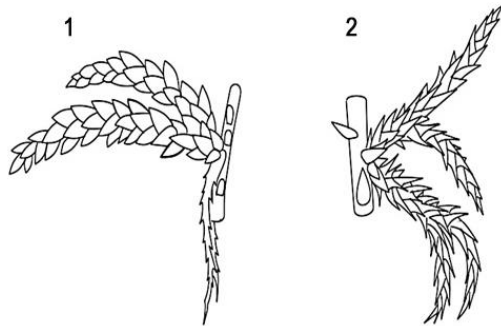


Figura 3. Tipos de fascículo: 1. fascículo con ramas dimorfas; 2. Fascículo con ramas monomorfas

El número de ramas por fascículo puede variar: a) en la Sect. *Polyclada* se encuentran de 7 hasta 13 ramas por fascículo, este es el caso del material identificado como *Sphagnum* sp.1; b) en la Sect. *Acutifolia*, de 4-6 ramas como en *S. meridense*, *S. oxyphyllum* y *Sphagnum* cf. *limbatum*; d) Sect. *Sphagnum* hay siempre 5 ramas por fascículo, como en *S. magellanicum*.

6) Filidio

El filidio, es una extensión fotosintética del caulidio, es una lámina con una sola capa de células, sin nervio. La lámina del filidio está formada por una alternancia de células de tres tipos: hialocistos, clorocistos y células lineales.

a. Disposición: es la organización de los filidios en el caulidio o en las ramas. En los caulidios, la disposición de los filidios es siempre helicoidal, en las ramas varía puede ser helicoidal o presentarse en 5 filas.

b. Forma

La forma del filidio varía ampliamente. Por lo general, los filidios caulinares son oblongas o triangulares, son de dimensiones más grandes comparadas con los filidios rameales. Los filidios de las ramas varían ampliamente en forma, desde elípticas hasta anchamente ovadas, liguladas y escuarrosas.

En la Figura 4, se detalla las diferentes formas:

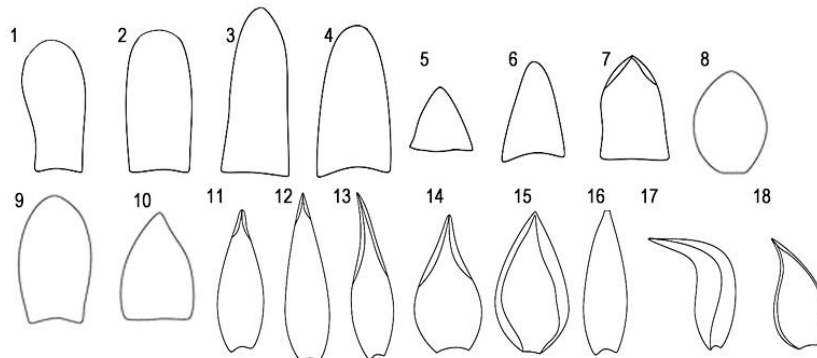


Figura 4. Forma filidios en *Sphagnum*.

*Filidios caulinares*: 1. espatulada; 2. ligulado-espatulada; 3. ligulado-oblongo; 4. ligulada; 5. triangular; 6. triangular-oblonga; 7. triangular ligulada; 8. ovada; *Filidios de las ramas*: 9. ligulado-ovada; 10. ovado-triangular. Filidios rameales: 11. elíptica; 12. lanceolada; 13. ovado-lanceolada; 14. ovada; 15. ovada-cóncava; 16. oblonga-ovada; 17. escuarrosa; 18. secunda.

c. Margen del filidio

El margen del filidio caulinar o rameal puede ser entero, amplio con un número variable de células lineales, 3-6. *S. meridense*, *S. oxyphyllum* y *Sphagnum* cf. *limbatum* y *Sphagnum* sp.1.

En algunos casos se observa el canal o surco de resorción, que es el margen del filidio formado por la resorción de la pared más externa de las células, estas, también se llaman células lineales. El canal o

surco de resorción está presente en filidios de los caulidios y de las ramas. Este carácter es importante porque define entre otros la Sect. *Sphagnum*. El surco de resorción está presente únicamente en *S. magellanicum*.

d. Ápice

El ápice de filidio tanto de caulidios como de ramas varía ampliamente. En los filidios caulinares pueden ser: 1. agudo; 2. cuspidado; 3. redondeado; 4. acuminado; 5. dentado; 6. obtusos.

En *S. meridense* las filidios son elípticas, en *S. oxyphyllum*,

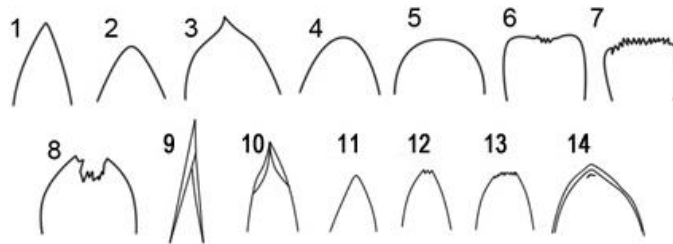


Figura 5. *Ápices de los filidios caulinares :*

1. *Acuminado*; 2. *Agudo*; 3. *Apiculado*; 4. *Obtuso*; 5. *Obtuso-redondeado*; 6. *Estrechamente fimbriado*; 7. *Ampliamente-fimbriado*; 8. *Mellado (notched)*. *Ápices de los filidios rameales*: 9. *Estrechamente-involuto*; 10. *Ampliamente involuto*; 11. *Estrechamente-truncado*; 12. *Ampliamente-truncado*; 13. *Dentado*; 14. *Cuculado*.

7) Células corticales

Las células corticales forman la hialodermis, que es la capa externa del caulidio y de las ramas, son células alargadas, hialinas y de pared engrosada, sin protoplasto. La hialodermis puede ser monomorfa o dimorfa, según tengan las células semejantes entre sí o no, respectivamente. El número de capas de células que forman la hialodermis es variable.

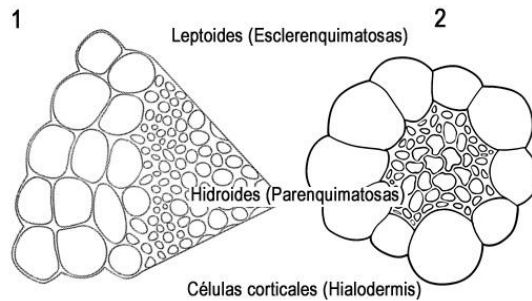


Figura 6. Hialodermis.

1. Hialodermis dimorfa del caulidio; 2. Hialodermis de una rama.

Se observaron de 3-4 capas en *S. magellanicum* y en las restantes 4 especies de 2-3 capas de células. La forma de las células en general es cuadrada o rectangular. Las 5 especies de *Sphagnum* presentan hialodermis dimorfa. En todos los casos, las células corticales tienen poros en la hialodermis de los caulidios. En *S. magellanicum*, se observaron fibrillas en las células corticales mientras que en las 4 otras especies éstas están ausentes.

#### 8) Hialocistos

Los hialocistos son células grandes, vacías, que almacenan agua, son fusiformes y pueden o no tener papilas. Los hialocistos están presentes en Sphagnales y el género *Leucobryum*. Los hialocistos y clorocistos alternan formando la lámina del filidio. La longitud del hialocisto es variable entre las especies, 50-230  $\mu\text{m}$ , los más largos se observaron en *S. magellanicum* que superan las 200  $\mu\text{m}$  y en las restantes 4 especies no sobrepasan las 150  $\mu\text{m}$ .

Los hialocistos las filidios de las ramas presentan poros que pueden ser anillados o no, pseudoporos, mientras que los hialocistos de los filidios caulinares presentan perforaciones similares a poros, lagunas y pliegues de membrana.

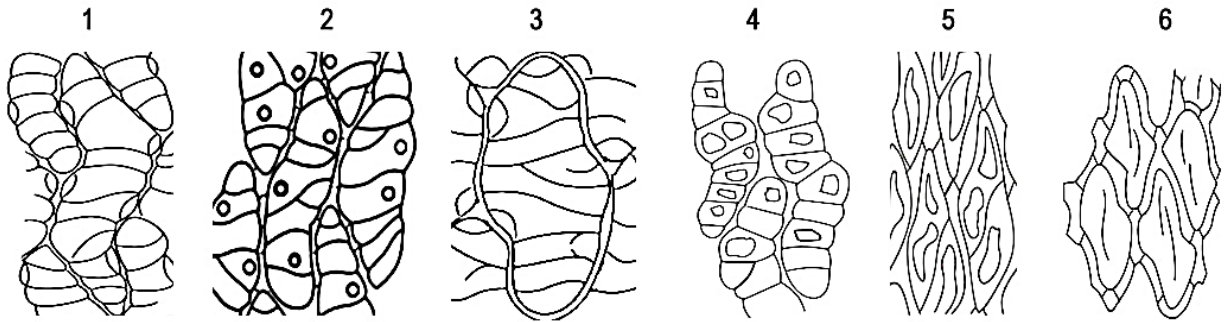


Figura 7. Tipos de hialocistos.

1. Hialocisto con poros comisurales; 2. Poros anillados; 3. Pseudoporos; 4. Perforaciones similares a poros;
5. Lagunas y septos de membrana; 4. Pliegues de membrana de las células hialinas de los filidios caulinares.

#### 9) Clorocistos

Los clorocistos son células pequeñas, vivas, con cloroplastos y junto con los hialocistos forman la lámina del filidio. De acuerdo a la forma son: elípticos, triangulares y rectangulares. Y según la ubicación los clorocistos pueden estar incluidos o expuestos. Fig. 8.

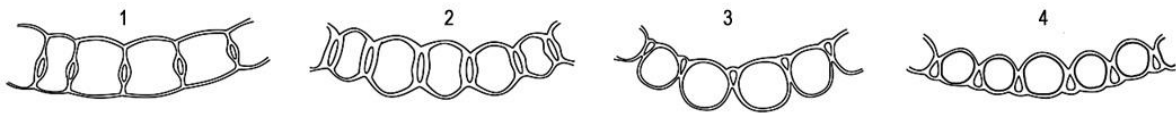


Figura 8. Tipos de clorocistos.

1. Elíptico incluido; 2. Elíptico expuesto sobre ambas superficies; 3. Triangular expuesto hacia la superficie adaxial; 4. Triangular expuesto hacia la superficie abaxial.



**5.2. CLAVE DICOTÓMICA PARA LAS ESPECIES DE *Sphagnum* L. (SPHAGNACEAE) DE LA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA**

1. Células corticales generalmente reforzadas mediante finas fibrillas en espiral, células corticales dispuestas en 3-4 capas de células, filidios rameales anchamente ovados, cuculados y rugosos en el ápice, margen bordeado mediante un surco de resorción

**1. *Sphagnum magellanicum***

- 1'. Células corticales sin fibrillas, dispuestas en 2-3 capas de células, filidios rameales estrechas y generalmente cónicas terminando en una punta delgada, involuto-cóncava, no cuculada ni rugosa en el ápice y solo en raras ocasiones dentado en los lados, ni margen bordeado mediante un surco de resorción

2. Plantas con 5 ramas o menos por fascículo

3. Plantas medianas a grandes, células corticales cuadradas a rectangulares, de 5-6 ramas por fascículo, clorocistos de forma lenticular o elíptico, dispuestos en la superficie interna y externa

**2. *Sphagnum meridense***

- 3'. Plantas pequeñas a medianas, células corticales estrechamente rectangulares, 4 ramas por fascículo, clorocistos de forma triangular, dispuestos en la superficie interna

4. Plantas con filidios dispuestas en 5 filas, con clorocistos de forma triangular

**3. *Sphagnum oxyphyllum***

4. Plantas con filidios no dispuestas en 5 filas, con clorocistos en forma aparentemente rectangular o algunas veces trapezoidales

**4. *Sphagnum* cf. *limbatum***

- 2'. Con más de 6 y hasta 7 ramas por fascículo, con capítulos redondeados

**5. *Sphagnum* sp.1**

### 5.3. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES DE *SPHAGNUM* (SPHAGNACEAE) DE LA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA

- 1) *Sphagnum magellanicum* Brid., *Muscol. Recent.* 2(1): 24. 1798.

Figura 9

Plantas robustas, rojizas o con matices rojos, cuando secas amarillo-anaranjado. Caulidio de color rojo oscuro. Las células corticales de los caulidios y ramas corto-rectangulares a rectangulares, con fibrillas en espiral y poros grandes, redondeados a elípticos en el extremo superior de la célula o en ambos extremos de las células de los caulidios. Con 5 ramas por fascículo, 2 de ellas patentes, 1,1-1,5 cm, otras péndulas, de 0,8-1,7 cm. Filidios de los caulidios planas, oblongas con ápices redondeados, de 1,2-2 mm de long., con surco de resorción marginal. Filidios de las ramas imbricadas, anchamente ovadas, cóncavas-cuculadas, de 1,8-2,1 mm, ápices agudos hasta obtusos, rugosos en la parte externa, bordeadas por surco de resorción marginal. Hialocistos de 50-230  $\mu\text{m}$ , con 3-10 fibrillas, sobre la superficie externa con pocos, 0-5 por célula, poros pequeños, elípticos, pseudoporos en las esquinas, comisuras y en los extremos superiores; en la parte distal del filidio con pequeños poros redondeados sobre el lumen, sobre la superficie interna, 1-10 poros grandes, redondos, elípticos sobre las esquinas, comisuras y en los extremos de la célula, con grupos de 2-3 poros en las regiones adyacentes. En corte transversal, clorocistos lenticulares incluidos. No fue posible encontrar material con esporófitos.

**Observaciones:** esta es una de las especies de más fácil identificación, considerando la dificultad para reconocer las especies del género *Sphagnum*. Sin embargo, *S. magellanicum* presenta similitudes morfológicas con *S. alegrense* Warnst., que se distribuye en Brasil, Venezuela, Guadalupe y Dominica. Se distingue porque en *S. alegrense* las células corticales de los caulidios y de las ramas carecen de fibrillas, presentan numerosos pseudoporos en las comisuras sobre la superficie externa de los filidios rameales y con poros agrupados en los ángulos adyacentes en la superficie interna y en las paredes de los hialocistos de los filidios rameales vermiformes en sección longitudinal.

**Distribución y Hábitat:** esta especie se encuentra en la Sierra Nevada de Santa Marta, entre 3250-3350 m.s.n.m. Crece sobre bancos húmedos en elevaciones moderadamente altas, formando densos cojines frecuentemente entremezclados con *Sphagnum meridense*. Habita en el bosque premontano hasta el páramo, en sitios pantanosos, sobre rocas con filtraciones, en la base de los caulidios de *Blechnum* y Bromelias. En Colombia, se ha registrado en los departamentos de Antioquia, Arauca, Boyacá, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Huila, Meta, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Quindío y Valle. Se encuentra comúnmente entre los 1500 y 3900 m de altitud (Churchill & Linares, 1995). Su distribución es cosmopolita, crece en otras regiones del Caribe, en Sudamérica, Centroamérica, Norteamérica, Europa y Asia (Allen, 1994; Sharp *et al.*, 1994; Churchill y Linares, 1995).

**Material estudiado:** departamento del Magdalena. Sierra Nevada de Santa Marta, cabecera del río Sevilla, cerca de San Pedro de la Sierra, 1370 m, 25 junio 1959, Barclay 6703 (COL).- Transecto del Alto de Buritaca, Lev. Vegetación N° 27, 2700 m, agosto 1977, van Reenen & Rangel 282 (COL).- Transecto del Alto de Buritaca. Lev. Vegetación N° 31, 3100 m, agosto 1977, van Reenen & Rangel 363 (COL).- Departamento del Cesar, Sierra de Perijá, Este de Manaure: Sabana Rubia, Paramo, 3000-3100 m, 6-8 noviembre 1959, Cuatrecasas & Romero 25034 (COL).

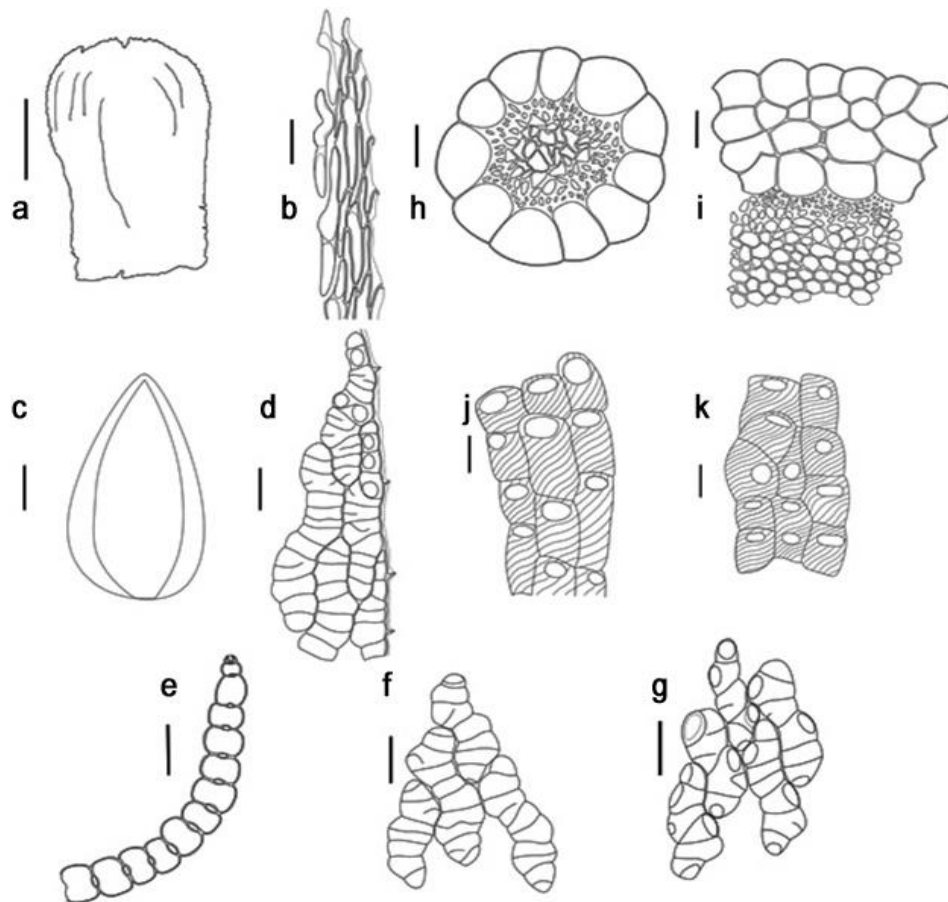


Figura 9. *Sphagnum magellanicum* Brid. a) filidio caulinar, 500  $\mu$ m; b) margen de filidio caulinar, 50  $\mu$ m; c) filidio de rama, 500  $\mu$ m; d) margen de filidios de ramas, 50  $\mu$ m; e) corte transversal de filidio de rama, 50  $\mu$ m; f) superficie adaxial, células de los filidios rameales; g) superficie abaxial, células de los filidios de rama; h) corte transversal de las ramas, 50  $\mu$ m; i) corte transversal de los caulidios, 50  $\mu$ m; j) vista dorsal de ramas, 50  $\mu$ m; k) vista dorsal caulinar, 50  $\mu$ m.

2) ***Sphagnum meridense* (Hampe) Müll. Hal., Syn. Musc. Frond. 1: 95. 1848.**

Figura 10

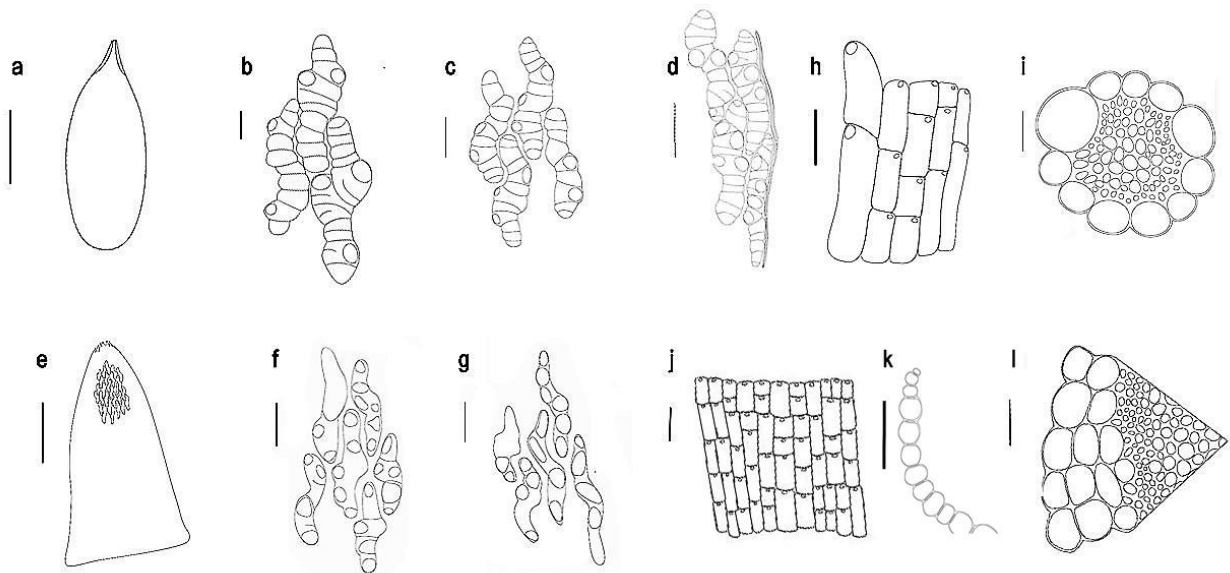
Plantas esbeltas, rosadas con matices violetas, verde-blanquecino cuando secas, en la sombra verdes. Caulidios erectos, solitarios o poco ramificados, cilindro conductor del caulidio y de las ramas con 2-3 capas de células corticales, cuadradas a rectangulares, de paredes gruesas, sin fibrillas, con un gran poro redondeado a elíptico en el extremo superior de la célula. Filidios de los caulidios de 1,5-2 mm de long., adpresas, oblongo-acuminadas; márgenes enteros, con 3 capas de células lineales; hialocistos con fibrillas reabsorbidas cercana al ápice del filidio o sin fibrillas, con poros comisurales y lagunas de membrana. Fascículos con 5-6 ramas (2-3 divergentes); con una capa de células corticales, cuadradas, cortorectangulares a rectangulares, sin fibrillas y con un poro redondeado en el ápice. Filidios de las ramas de 1,4-2 mm de long., imbricadas, cóncavas, ovadas, con márgenes enteros bordeadas por una fila de células lineales terminando en un ápice dentado; hialocistos convexos por ambos lados, con 6-10 fibrillas en el ápice y parte media del filidio y de 10-12 fibrillas en la base, con poros comisurales, grandes, redondeados, de 6 en la parte interna y de 2-8 en la externa, con pocos o ningún pseudoporos y 1-3 poros anillados; en corte transversal, con hialocistos convexos en ambas superficies y clorocistos elípticos expuesto sobre ambas superficies o más sobre la superficie interna.

**Observación:** morfológicamente similar a *S. limbatum* Mitt., sin embargo, se diferencia por los poros elípticos sobre la superficie exterior de los filidios rameales y la disposición de los poros comisurales o perforaciones similares a poros que presenta sobre ambas superficies de los filidios rameales, caracteres diagnósticos de *S. meridense*.

**Distribución y Hábitat:** se encuentra en Sierra Nevada de Santa Marta, entre 1200-3600 m. En Colombia está en Antioquia, Cauca, Cundinamarca, Nariño y Putumayo, entre 1220 y 3600 m. Se distribuye en el Caribe, México, Centroamérica, Indias Occidentales y en el norte de Sudamérica; especie frecuente en bosques húmedos, entre 1500-3500 m, sobre senderos húmedos, en sustratos como bancos de suelos arcillosos, arenisca y rocas húmedas a lo largo del camino (Churchill & Linares, 1995).

**Material estudiado:** departamento del Magdalena, Sierra Nevada de Santa Marta, San Lorenzo, sendero más arriba de San Lorenzo, 2322 m, 21 marzo 2015, 11° 06' 30,7" N 74° 03' 33,4"W, Daza *et al.*, SLO052, A,B,C,D (CBUMAG).- San Lorenzo, 2285 m, 21 marzo 2015, 11° 06' 37,4" N 74° 03' 28,6" W, Daza *et al.*, SLO055 (CBUMAG).- San Lorenzo, Reserva Natural de las Aves "El Dorado", 2066 m, 21 marzo 2015, 11° 06' 29,5" 'N 74° 04' 16,3"W, Daza *et al.*, SLO064 (CBUMAG).- San Lorenzo, 2082 m, 21 marzo 2015, 11° 06' 27,7"N 74° 04' 16,3"W, Daza *et al.*, SLO067 (CBUMAG). - San Lorenzo, Camino a las bromelias,

2091 m, 31 julio 2015, 11° 6' 28.9"N 74° 4' 16.5" W, Daza *et al.*, COLBIO 063 (CBUMAG). - San Lorenzo, Reserva Natural de las Aves "El Dorado", 2000 m, 31 julio 2015, 11° 5' 59.3"N 74° 4' 16.5"W, Daza *et al.*, COLBIO 069 (CBUMAG). - A orillas del camino, 2378 m, 31 julio 2015, 11° 06' 15.5"N 74° 03' 46.6"W, Ospino *et al.* 12 (CBUMAG). - Camino a la antena de Movistar, 2328 m, 31 julio 2015, 11° 06' 22,7"N 74° 03' 37,3"W, Ospino *et al.* 14 (CBUMAG). - Camino de las bromelias, 2091 m, 31 julio 2015, 11° 06' 28,9"N 74° 04' 16,5"W, Ospino *et al.* 18 (CBUMAG).- Reserva Natural "El Dorado", 2000 m, 31 julio de 2015, 11° 05' 59,3"N 74° 04' 16,5"W, Ospino 19 (CBUMAG).- Camino vehicular debajo del letrero de la reserva natural "El Dorado", 1972 m, 17 agosto 2016, 11° 5' 58,7"N 74° 4' 16,5"W, Ospino *et al.* 29. - Camino a la antena de Movistar, 2328 m, 17 agosto de 2016, 11° 6' 22.7"N 74° 3' 37,3" W, Ospino *et al.* 30, 31. - Entre la Reserva Natural de las Aves "El Dorado" y el camino a San Lorenzo, sobre suelo, al lado del camino, 2000 m, 17 agosto 2016, 11° 06' 09,3"N 74° 04' 13,8"W, Ospino *et al.* 44 (a, b) (CBUMAG).



*Figura 10. Sphagnum meridense (Hampe) Müll. Hal.:* a) filidio de rama, 500  $\mu\text{m}$ ; b) superficie adaxial de los filidios rameales, 50  $\mu\text{m}$ ; c) superficie abaxial de los filidios rameales, 50  $\mu\text{m}$ ; d) margen de filidios de ramas, 50  $\mu\text{m}$ ; e) filidio de rama, 500  $\mu\text{m}$ ; f) superficie adaxial de los filidios del caulidio, 50  $\mu\text{m}$ ; g) superficie abaxial de los filidios rameales, 50  $\mu\text{m}$ ; h) vista dorsal de las ramas, 50  $\mu\text{m}$ ; i). corte transversal de ramas, 50  $\mu\text{m}$ ; j) vistas dorsal de los caulidios; k) Corte transversal de filidio de rama, 50  $\mu\text{m}$ ; l) corte transversal caulinar, 50  $\mu\text{m}$ .

3) ***Sphagnum oxyphyllum* Warnst.**, Hedwigia 29: 192. 4 f. 5; 7 f. 15. 1890.

Figura 11

Plantas pequeñas a medianas, esbeltas, rojizas o amarillentas, cilindro central del caulidio amarillento o rojizo, células corticales en 2-3 capas, banda de leptoides amplia, leptoides trapezoides y hexagonales de paredes gruesas, hidroides grandes y hexagonales de paredes delgadas, superficies de los caulidios con células cuadradas y rectangulares, con un poro elíptico en los extremos superiores de las células. Filidios caulinares oblongo-triangules u oblongo liguladas, cuspidadas, de 1,4-1,6 mm de long., de márgenes enteros, amplios, con 3-5 capas células lineales, ápices abruptamente agudos, hialocistos de 80  $\mu\text{m}$ , romboidales, 1 (-2) con fibrillas reabsorbidas y perforaciones de membrana cercanas al ápice del filidio en ambas superficies o en 1/3-2/3 de la superficie externa con fibrillas, poros elípticos anillados y pseudoporos. Fascículos de 4 ramas (2 divergentes). Filidios de las ramas en 5 hileras, oblongo-ovadas, hialocistos fusiformes, de 82-116  $\mu\text{m}$  (-175  $\mu\text{m}$ ), con 5-9 (-11) fibrillas, en la superficie interna, con 3-6 poros grandes, redondos, no anillados, con 1-3 redondos, elípticos, pequeños y anillados y pseudoporos en los extremos, esquinas y comisuras de la célula. Pocos poros, 1-3, anillados en la superficie externa o con 2-5 grandes, elípticos, anillados, poros comisurales, más numerosos cerca al margen y 1-2 pequeños poros anillados dispersos sobre la célula. Clorocistos triangulares en corte transversal expuestos sobre la superficie interna. Filidios periqueciales de color amarillo. Cápsula subglobosa, de color rojo-oscuro, en seco en forma de copa, con un opérculo redondo y cóncavo, revestido por una delgada y translúcida caliptra morada, mitrada, pilosa, con tres costillas a lo largo. Esporas de 25  $\mu\text{m}$ , de color amarillo, papilosas.

**Observaciones:** esta especie es similar a *S. quinquefarium* (Lindb.) Warnst., de Norteamérica, debido que ambas tienen los filidios de las ramas dispuestas en cinco filas y los filidios caulinares triangulares, aunque *S. oxyphyllum* tiene filidios más largas y agudo-acuminadas, los filidios de las ramas ligeramente extendidas más que imbricadas y son regularmente falcado-curvadas. Es afín a *S. sparsum* Hampe, sin embargo no presenta filidios distribuidas en 5 filas ni filidios caulinares cuspidadas como *S. oxyphyllum*.

**Distribución y Hábitat:** crece entre los 2700-3100 m.s.n.m. en la Sierra Nevada de Santa Marta, está presente en otros departamentos como Antioquia, Boyacá, Cauca, Cundinamarca, Huila y Meta, entre 2700 y 3340 m de altitud. Además, esta especie habita en Venezuela, Bolivia, Guyana Inglesa y Brasil. Crece en bosques húmedos y praderas entre 430-3340 m de altitud, sobre rocas húmedas y bancos de tierra cercanos a cuerpos de agua, como arroyos y cascadas (Churchill & Linares, 1995).

**Material estudiado:** Sierra Nevada de Santa Marta, Transecto del Alto de Buritaca, Alto río Buritaca, Cuchilla Buritaca, 2300 m, 28 julio 1997, Jaramillo, van der Hammen, Cleef & Rangel 5338 (COL). - Transecto del Alto de Buritaca, Lev. Veg. N° 29, 2900 m, 11° 0' 19" N 73° 56' 15" W, agosto 1977, van

Reenen & Rangel 345-A (B, C) (COL).- Transecto del Alto de Buritaca, Lev. Veg. N° 31, 3100 m, agosto 1977, van Reenen & Rangel 364 (COL).- Alrededores del río Sevilla, 3410/3570 m, Jun. 5 1959, Barclay 6593 (COL).

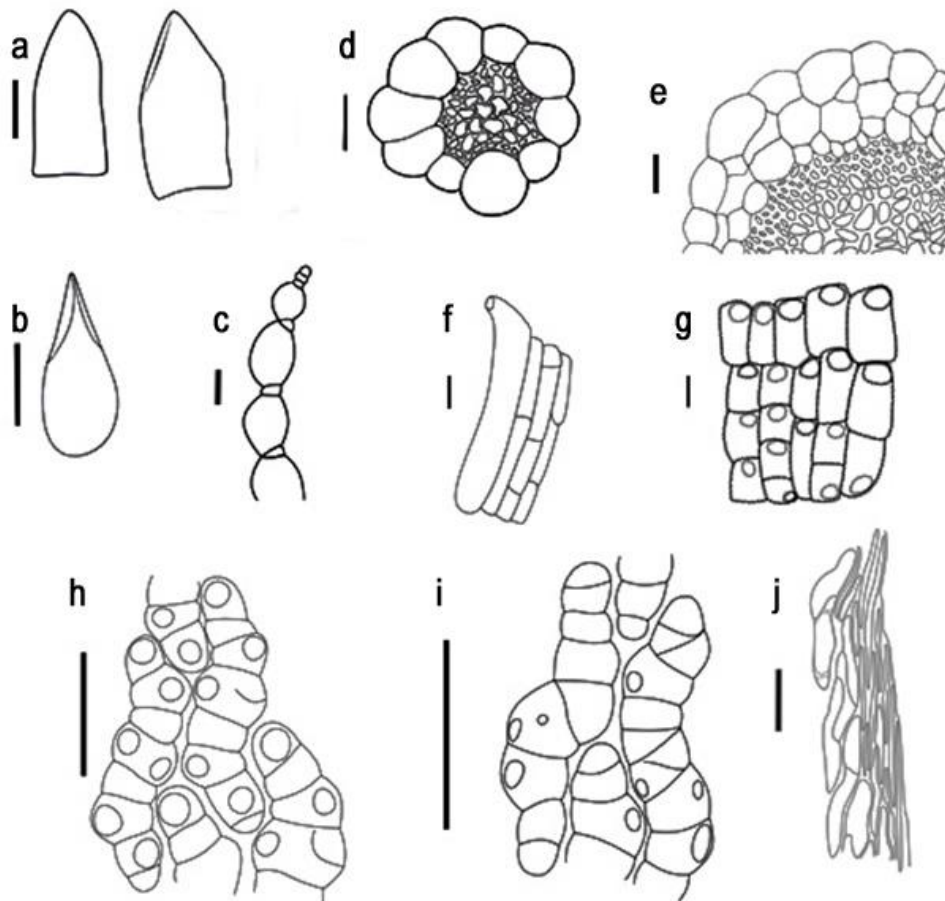


Figura 11. *Sphagnum oxyphyllum* Warnst.: a) filidio caulinar, 500  $\mu\text{m}$ ; b) filidio de rama, 500  $\mu\text{m}$ ; c) filidio de rama, 50  $\mu\text{m}$ ; d) corte transversal de la rama, 50  $\mu\text{m}$ ; e) corte transversal caulinar, 50  $\mu\text{m}$ ; f) vista dorsal de ramas; g) vista dorsal de ramas; h) superficie adaxial, células de los filidios rameales, 50  $\mu\text{m}$ ; i) superficie abaxial, células de los filidios rameales, 50  $\mu\text{m}$ ; j) margen de filidio caulinar, 50  $\mu\text{m}$ .

#### 4) *Sphagnum cf. limbatum*

Figura 12

Plantas esbeltas, de color verde pálido, caulidios solitarios, con fascículos espaciados, 4 ramas por fascículos, 2 divergentes de 1,5-2 cm de long y las péndulas de 1-2 cm. Cilindro central de caulidios y ramas, con 2-3 capas de células corticales, con células rectangulares a corto-rectangulares, sin fibrillas y con un poro redondeado o elíptico en los extremos superiores de la célula. Filidios caulinares liguladas, estrecha a ampliamente agudas en el ápice, de 1,3-1,8 mm de long., no septadas, borde diferenciado, hialocistos con fibrillas y grandes poros anillados, redondeados, comisurales en la parte interna, en la externa con poros anillados, redondos y elípticos en los extremos y esquinas, bordeado por 3 capas de células lineales que se ensancha hacia la base, hialocistos 1/3 fribilosos, con pseudoporos y pliegues de membrana, sobre la superficie interna con perforaciones parecidas a poros. Las filidios de las ramas erecto-extendidas, ovado-lanceoladas a oblongo-lanceoladas de 1,2 mm de longitud, bordeadas por tres capas de células lineales, los hialocistos de 133µm, con 8 fibrillas, sobre la superficie externa o abaxial con 3-7, redondos comisurales, rara vez pocos o ninguno, pocos 1-3 diminutos poros redondos anillados sobre las paredes del hialocistos, pseudoporos y pliegues de membrana cercanos al ápice del filidio, sobre la superficie interna o adaxial con 3-4 poros, redondos, no anillados sobre las comisuras y esquinas. Los hialocistos convexos en ambas superficies. Los clorocistos forma aparentemente rectangular o algunas veces trapezoidales, expuesto sobre la superficie interna.

**Observaciones:** esta especie es distinguible del resto de las especies encontradas, aun así, es similar a *S. limbatum* Mitt., presenta 4 ramas por fascículo, en las filidios de las ramas tiene numerosos poros comisurales que son elípticos en la superficie externa y redondeados y escasos en la interna, además es similar en la forma y disposición de los clorocistos. Sin embargo, para confirmar si se trata de un nuevo registro para la Sierra Nevada de Santa Marta o de una nueva especie para la ciencia, es necesario la revisión de un mayor número de ejemplares, con fines comparativos.

**Distribución y Hábitat:** en el departamento del Magdalena, Sierra Nevada de Santa Marta, crece sobre suelo 2350 m.

**Material estudiado:** en el departamento del Magdalena, Sierra Nevada de Santa Marta, Camino a la antena de Movistar, por camino pedregoso de grava, más arriba de la estación experimental San Lorenzo, 2328 m, 17 agosto 2016, 11° 6' 22,7"N 74° 3' 37,3"W, Ospino *et al.* 25.



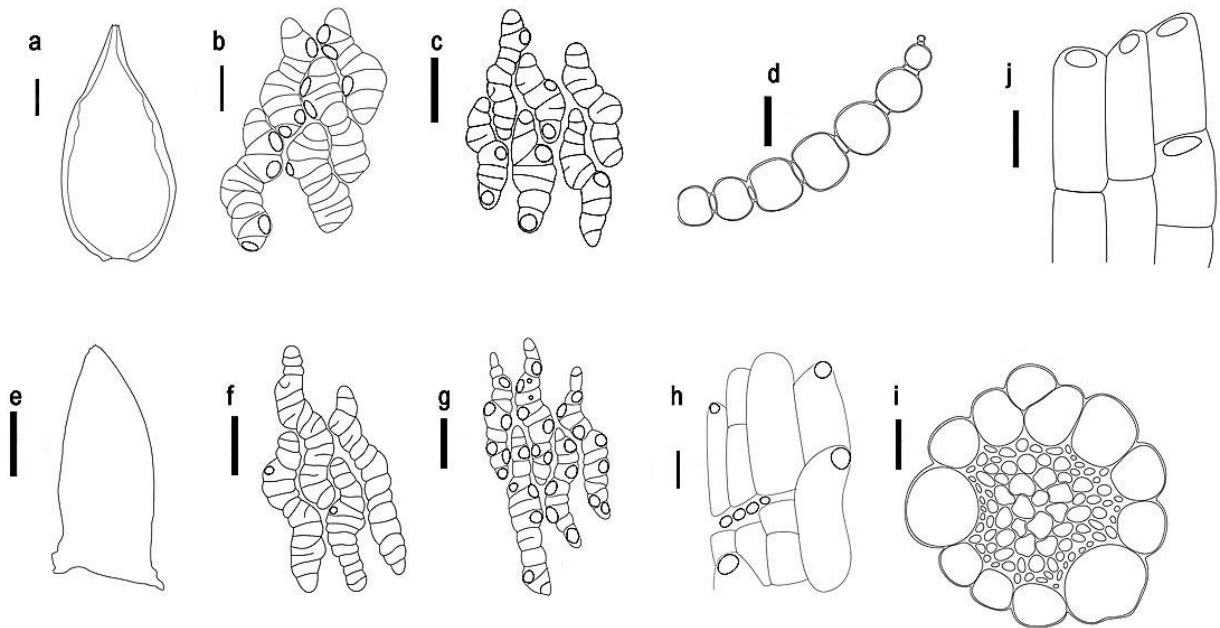


Figura 12. *Sphagnum cf. limbatum*: a) filidio de rama, 500 µm; b) superficie abaxial, células de los filidios caulinares, 50 µm; c) superficie adaxial, células de los filidios rameales, 50 µm; d) corte transversal del filidio rameal, 50 µm; e) filidio caulinar, 500 µm; f) superficie abaxial, células de los filidios de los caulidios, 50 µm; g) superficie adaxial, células de los filidios de los caulidios, 50 µm; h) vista dorsal de ramas; i) corte transversal de la rama, 50 µm; j) vista dorsal de ramas

### 5) *Sphagnum* sp.1.

Figura 13

Plantas esbeltas, de color verde pálido, verde-amarillento, con matices amarillos, rosados, azules o violetas. Cilindro central, caulidios y ramas verde-amarillentos o violeta, en corte transversal, con 2-3 capas de células corticales, con células de 50-125 µm de longitud, cuadradas, corto-rectangulares a rectangulares, sin fibrillas y un poro en los extremos superiores de las células. Plantas con caulidios solitarios o ramificados, los ramificados cortos y terminan en 2-(3) tres capítulos que fusionados forman un capítulo redondeado y compacto. Caulidios con 4 ramas por fascículos, 2 patentes, de 9-10 mm y péndulas de 4-8 mm) o caulidios con 4-7 ramas por fascículo, 2-3 patentes, de 10-20 mm y péndulas del mismo largo que las patentes, células retortas con cuellos pronunciados. Propágulos nace de la base del fascículo o entre las filidios de las ramas. Fascículos con filidios periqueciales de 1 a 1,5 mm. filidios caulinares de 1-2 mm, ligeramente cóncavas, adpresas, oblongo-triangules con ápices agudos u obtusos, no cuculados, cóncavos y dentados en la punta, márgenes enteros, bordeadas por 3 filas de células lineales, no ensanchándose hacia la base, células hialinas con fibrillas y poros en la mitad superior o en toda la filidio. Células hialinas de 140-235 µm, con 9-20 fibrillas, en la superficie externa o abaxial, con un poro redondeado anillado en las esquinas o ninguno,

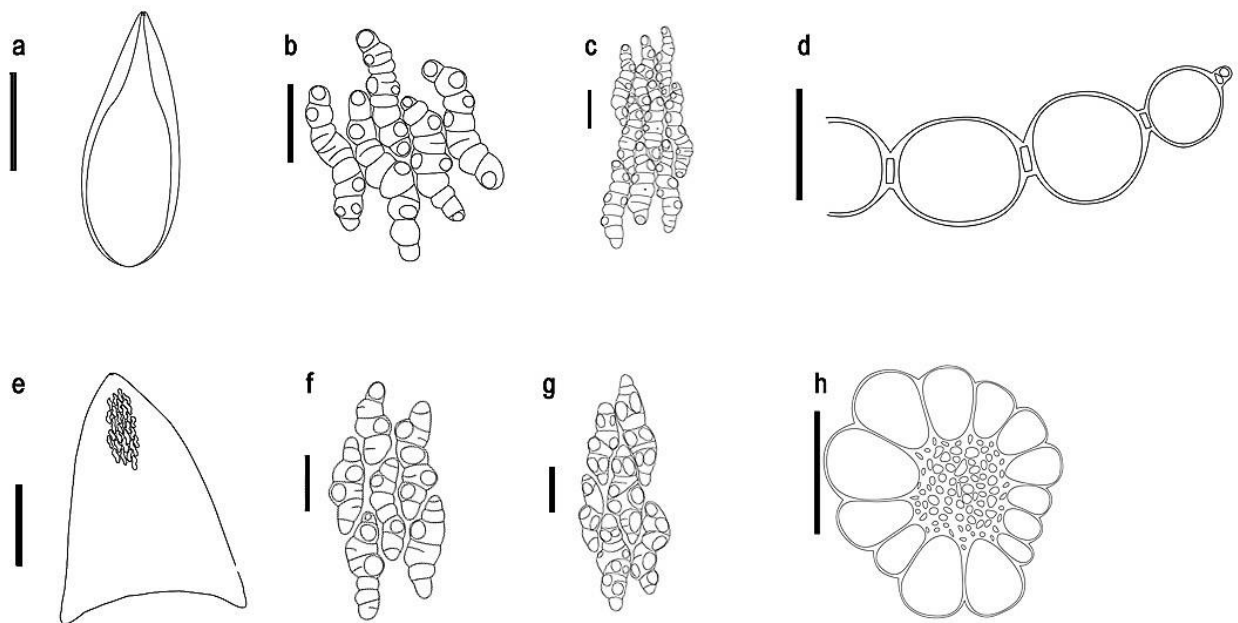
pseudoporos en las comisuras y extremos de la célula, en la superficie interna o adaxial con 5-15 poros grandes y redondos sin anillo. Filidios de las ramas de 0,9-1 mm, imbricadas o erecta-extendidas, ovadas, oblongo-ovadas, con ápices cortamente atenuados, agudos u obtusos terminando en una punta cóncava entera o dentada, bordeadas por una fila de células lineales. Células hialinas de 83-150 µm, de 8-15 fibrillas, en la superficie externa o abaxial con 3-8 poros comisurales elípticos o elíptico-redondeados grandes, en el ápice y a veces hasta 14 poros en las células basales cerca del margen, en la superficie interna, con 2-4 poros grandes y redondos, raramente 5-8 poros cercanos al margen, a veces con 1-3 poros anillados pequeños y redondos en el ápice del filidio, en los extremos o en las esquinas de las células. Células hialinas convexas en ambas superficies, a menudo convexa en la superficie externa, clorocistos elípticos, truncados, expuestos en ambas superficies.

**Observaciones:** los ejemplares analizados presentan numerosas ramas por fascículo, de 4-a 7 ramas y capítulos ligeramente redondeados, estas características los ubica en la sección *Polyclada* del subgénero *Acutifolia*. Sin embargo, hasta el momento la sección *Polyclada*, contiene a una única especie, *Sphagnum wulfianum* Girg. Sin embargo, *S. wulfianum* presenta otras características que difieren con las encontradas en los ejemplares analizados, como, por ejemplo, *S. wulfianum* Girg., se caracteriza porque son plantas más robustas, de color verde parduzco, teñidos con rojo parduzco cuando secas y las células corticales son de 2-4 capas, sin fibrillas ni poros en vista lateral.

**Distribución y Hábitat:** en el departamento del Magdalena, Sierra Nevada de Santa Marta, sobre suelo, 2100-2700 m.

**Material estudiado:** Sierra Nevada de Santa Marta, Transecto del Alto de Buritaca, Lev. Vegetación N° 27, 2700 m, agosto 1977, van Reenen & Rangel 281 (COL). - San Lorenzo, por el camino a la televisora, 2100-2300 m, 14 julio 1969, Neovis de López 301 (a, b) (COL). - San Lorenzo, 2500 m, 11° 6' 23" N 74° 2' 14" W, 17 julio 1978, Aguirre 647 (COL). - San Lorenzo, Sendero hacia Reserva Natural de las Aves "El Dorado", 1783 m, 21 marzo 2015, 11°05'37,7"N 74°04'23,3"W, Daza *et al.*, SLO071 (CBUMAG). - Vía a la antena de TIGO, más arriba de las cabañas sobre el sendero San Lorenzo, 11°06'19,7"N 74°03'25,6"W, 2519 m, 31 julio 2015, Ospino *et al.* 01 (CBUMAG).- Camino abajo antena Tigo, 2493 m, 31 julio 2015, 11°06'15,6"N 74°03'40,8"W, Ospino *et al.* 04 (CBUMAG).- camino abajo antena Tigo, 2471 m, 31 julio 2015, 11°06'15,0"N 74°03'40,8"W, Ospino *et al.* 06 (CBUMAG).- Camino antena telefónica (Movistar), 11°06'8,4"N 74°03'42,2"W, 2410 m, 31 julio 2015, Ospino *et al.* 09 (CBUMAG). -, A orillas del camino, 2378 m, 31 julio 2015, 11°06'15,5"N 74°03'46,6"W, Ospino *et al.* 11 (CBUMAG). - Camino a la antena de Movistar, 2328 m, 31 julio 2015, 11°06'22,7"N 74°03'37,3"W, Ospino 13 *et al.* (CBUMAG). - Camino debajo de la reserva natural "El Dorado", 2000 m, 11°5'59,3"N 74°4'16,5"W, 17 agosto 2016, Ospino *et al.* 26. - Camino vehicular abajo del letrero de la reserva natural "El Dorado", 2000 m, 17 agosto 2016, 11°5'59,3"N 74°4'16,5"W, Ospino *et al.* 27. - Camino vehicular arriba del letrero de la reserva natural "El Dorado", 2000 m, 17 agosto 2016, 11°5'59,3"N 74°4'16,5"W, Ospino *et al.* 28. - al lado del camino, 2493 m, 17 agosto 2016,

11°6'19,8"N74°3'24,1"W, Ospino 32.- entre la Reserva Natural de las Aves "El Dorado" y camino a San Lorenzo, Sobre suelo, al lado del camino, 2130 m, 17 agosto 2016, 11°06'31,3"N 74°03'54,8"W, Ospino *et al.* 45 (CBUMAG).- Entre la Reserva Natural de las Aves "El Dorado" y camino a San Lorenzo, Sobre suelo, al lado del camino, 2120 m, 17 agosto 2016, 11°06'31,2"N 74°03'54,6W, Ospino 46 (CBUMAG).- Entre la Reserva Natural de las Aves "El Dorado" y camino a San Lorenzo, Sobre suelo, al lado del camino, 2130m, 17 agosto 2016, 11°06'28,7"N 74°04'07,2W, Ospino *et al.* 47 (CBUMAG).- Entre la Reserva Natural de las Aves "El Dorado" y camino a San Lorenzo, 2070 m, 17 agosto 2016, 11°06'24,4"N 74°04'12,5"W, Ospino *et al.* 48 (CBUMAG).



*Figura 13. Sphagnum sp. 1:* a) filidio de rama, 500 µm; b) superficie adaxial, células de los filidios caulinares, 50 µm; c) superficie abaxial, células de los filidios rameales, 50 µm; d) corte transversal del filidio rameal, 50 µm; e) filidio caulinar, 500 µm; f) superficie adaxial, células de los filidios caulinares, 50 µm; g) superficie abaxial, células de los filidios caulinares, 50 µm; h) corte transversal de la rama, 50 µm.

## 6. DISCUSIÓN

*Sphagnum* es un género con una variabilidad morfológica amplia entre y dentro de las especies (Griffin III, 1981; Sharp *et al.*, 1994; Allen *et al.*, 1994; Churchill y Linares, 1995). De acuerdo con Ruíz *et al.* (2006), entre los caracteres diagnósticos del gametófito a nivel de especie se mencionan: la presencia de fibrillas, (2) los poros y (3) el número de capas en las células corticales; (4) la presencia de células lageniformes en las ramas; (5) El número de ramas por fascículo; (6) la forma, (7) la disposición y (8) la presencia de surco de resorción marginal de filidios rameales y caulinares; (9) la presencia de poros, (10) pseudoporos y (11) poros anillados en los hialocistos y (12) la forma y (13) la disposición de los clorocistos. Es relevante considerar que para la identificación de cada una de las especies determinadas no es suficiente con un carácter, se requiere para una identificación confiable, un set o conjunto de caracteres para la asignación de un nombre (Griffin III, 1981; Ruíz *et al.* 2006).

Hasta el momento, en Colombia se registran un total de 37 especies en los departamentos de: Amazonas (2 especies), Antioquia (16 especies), Arauca (2 especies), Boyacá (12 especies), Caldas (2 especies), Cauca (9 especies), Caquetá (2 especies), Casanare (4 especies), Cesar (2 especies), Choco (3 especies), Cundinamarca (18 especies), Guainía (1 especie), Huila (6 especies), Magdalena (3 especies), Meta (9 especies), Nariño (10 especies), Norte de Santander (6 especies), Putumayo (6 especies), Santander (12 especies), Risaralda (3 especies) y Quindío (2 especies), encontrados cerca de sitios húmedos, principalmente en los bosques subandinos y andinos de la región biogeográfica de los Andes (700-4030 m.), Sierra Nevada de Santa Marta (1200-3600 m.) y Amazonía (200-260 m.), algunas de ellas llegando hasta paramo, a los 4030 m de altitud (Churchill & Linares, 1995; Ruíz *et al.*, 2006; Churchill, 2015). Sin embargo, con el presente estudio se eleva la cifra para el Magdalena con dos nuevos taxones, un nuevo registro y una posible nueva especie. Es probable que si se realizan más estudios exploratorios en las diferentes vertientes de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), se puedan encontrar una mayor diversidad.

La especie *Sphagnum meridense* fue encontrada a lo largo del camino durante todo el transecto Vía San Lorenzo entre 1600 y 2565 m; siendo la especie que presenta una distribución más amplia en el gradiente altitudinal en la SNSM y alcanzando un intervalo entre 1220-3650 m a nivel nacional, (Churchill y Linares, 1995; Churchill, 2015), encontrada en zonas húmedas de bosque secundario a la orilla del sendero, sobre bancos de tierra y grava, formando densos cojines mezclados con dos especies más, *Sphagnum* cf. *limbatum* y *Sphagnum* sp.1; siendo este, un complejo de especies que debe ser estudiado con mucho detalle. *Sphagnum* cf. *limbatum* presenta caracteres exclusivos del subgénero *Acutifolia*, sus 4 ramas por fascículo, la forma de los filidios caulinares y de las ramas, la presencia de muchos poros elípticos anillados en la superficie externa o abaxial del filidio y pocos poros no anillados en la superficie interna, la identifican

como *S. limbatum* (Griffin III, 1981), sin embargo, hasta el momento, no se ha confrontado con material de herbario debido a que dentro del material estudiado en el herbario COL, no fue posible revisar un ejemplar de esta especie y poder comparar. Por otra parte, la especie *Sphganum* sp.1 presenta hasta 7 ramas por fascículo y unos capítulos fusionados un tanto redondeados que la ubicarían en la sección *Polyclada*, no obstante, esta sección contiene a una sola especie *S. wulfianum* Sull., distribuida en las regiones norteanas como Estados Unidos (Allen et al., 1994), lo que sugiere que se trate de una posible nueva especie o de un híbrido (Ricca et al., 2008; Ricca & Shaw, 2010). Es necesario realizar estudios posteriores con bases moleculares para esclarecer la identidad de esta especie.

Las especies *S. oxyphyllum* y *S. magellanicum* no se encontraron presentes en las 3 salidas de campo realizadas. Mediante la revisión de las colecciones de briófitos, en el material de herbario, se identificaron las especies *S. magellanicum* (3100-3350 m) y *S. oxyphyllum* (2700-3100 m), estas dos se distribuyen en zonas superiores a los 3000 m en la cabecera de Río Frio, laguna La Perdida, Cuchilla de Buritaca y alrededores de la cuenca del río Sevilla, en donde forman turberas y pantanos. En altitudes inferiores a los 3500 m *Sphagnum magellanicum* se encuentra en cojines mezclados con *Sphagnum meridense*; esto teniendo en cuenta las investigaciones realizadas por Cleef et al. (1984) y van Reenen et al. (1984) en el bosque húmedo montano de la Sierra Nevada en el proyecto EcoAndes. Es posible inferir que la distribución altitudinal de estas dos especies se encuentre limitada ecológicamente debido a factores que son propios de la zona como la altitud y la humedad relativa (Churchill y Linares, 1995; Gradstein et al., 2002). Estos resultados hacen evidente la necesidad de realizar más estudios exploratorios, que abarquen un área mayor y una búsqueda más exhaustiva, en las diferentes vertientes de la Sierra Nevada y continuar profundizando en diferentes aspectos taxonómicos que integren la morfología con lo molecular para describir mejor la diversidad del grupo en el macizo montañoso.

## 7. CONCLUSIONES

El género *Sphagnum* con cinco taxones específicos en la SNSM presenta una diversidad mayor a la anteriormente registrada. En la vertiente noroccidental del macizo se pueden encontrar al Subgénero *Sphagnum* con una sola especie *S. magellanicum* (Sect. *Sphagnum*) y al Subgénero *Acutifolia*, con dos secciones y cuatro especies: Sect. *Acutifolia*: *S. meridense*, *S. oxyphyllum* y *Sphagnum cf. limbatum*; y Sect. *Polycada*: *Sphagnum* sp.1. Después de realizar un exhaustivo análisis de los caracteres morfológicos del gametofito, se concluye que las especies son definidas por un conjunto de caracteres.

Las especies *S. magellanicum* y *S. oxyphyllum* se encuentran en altitudes superiores a los 3000 m, posiblemente debido a requerimientos ecológicos y ambientales que limiten su distribución.

A partir de este análisis morfológico, se evidencia la necesidad de complementar estos resultados con estudios moleculares que respalden la identidad de la posible nueva especie encontrada.

## 8. RECOMENDACIONES

Es necesario realizar una evaluación taxonómica más detallada que abarque una mayor área de estudio dentro de los bosques húmedos del macizo montañoso de la Sierra Nevada que permita evaluar adecuadamente la variación morfológica, la definición y la delimitación entre y dentro de las especies en todo el gradiente altitudinal.

Por otra parte, otro carácter para estudiar sería la variación en el aspecto del gametofito de plantas masculinas y femeninas, en diferentes épocas del año; ya que según Flatberg (2002), puede ser bastante variable en individuos de especies dioicas, llegando muchas veces a ser separadas en campo como especies distintas. Sin embargo, para este estudio no se tomó en cuenta la sexualidad de los individuos debido a que este fenómeno de dimorfismo sexual se debe evaluar periódicamente durante todo el año y requiere de otro estudio aparte con objetivos que en este trabajo no son contemplados. Adicionalmente, también es necesario abordar más en los datos ecológicos como, el hábitat y el sustrato con respecto al hábito y la coloración de las plantas.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE-C. J. & K. AVENDAÑO-T., 2008 – Musgos en la región Caribe. *En: J. O. RANGEL-CH. (eds.). Colombia Diversidad Biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia.* Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C., págs.: 1-616.
- AGUIRRE-C. J., 2008a – Diversidad y riqueza de los musgos en la región natural andina o sistema cordillerano. *En: J. O. RANGEL-CH. (eds.). Colombia Diversidad Biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia.* Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C., págs.: 19-54.
- AGUIRRE-C. J., 2008b – Diversidad y riqueza de musgos y líquenes en Colombia. generalidades y metodología. Págs.: 1-17. *EN: J.O. RANGEL-CH. (eds.). Colombia Diversidad Biótica VI: riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia.* Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C., págs.: 1-616.
- ALLEN, B. 1994. – Moss flora of Central America. Part 1. Sphagnaceae-Calymperaceae. *Monograph . Systematic. Botany of. Missouri Botanical. Garden.* 49: 1-242.
- ANDREWS, A. L. 1911a – Notes on North American *Sphagnum*. I. *The Bryologist*, 14(4): 72-75.
- ANDREWS, A. L. 1911b. – Notes on the Warnstorff *Sphagnum*-herbarium I. *Annales Bryologici* 9: 3-12.
- ANDREWS, A. L. 1912. – Notes on North American *Sphagnum*. II. *The Bryologist*, 15:1-9. 63-76.
- ANDREWS, A. L. 1913. – Notes on North American *Sphagnum*. V. The section *Acisphagnum* Carl. Muller. *The Bryologist* 16:59-62, 74-76.
- ANDREWS, A. L. 1937. A new *Sphagnum* from New Guinea. *The Bryologist*, 40(2): 36-38.
- ARÉVALO, M. E., OBERPAUR, C., & MÉNDEZ, C., 2016 - Inclusión de musgo (*Sphagnum magellanicum* Brid.) y fibra de coco como componentes orgánicos del sustrato para almácigos de kiwi (*Actinidia deliciosa*). *Idesia (Arica)*, 34(2), 47-55.
- BARTRAM, E. 1953 – Paramo mosses of Venezuela and Colombia. Collected by A.H.G. ALSTON. *The Bryologist* 56: 165-168.
- BENAVIDES J.C. & LEÓN M., 2014 - Dinámica del carbono en turberas alto andinas de Colombia: el efecto de las perturbaciones humanas. *En: Cuesta F., Sevink J., Llambí L.D., De Bièvre B. & Posner J. (Eds). Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos, CONDESAN.* Pág.: 601.
- BERNAL, R., GRADSTEIN, S.R. & CELIS, M. 2016 – Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. 1<sup>era</sup> edición. Instituto de Ciencias Naturales, *Universidad Nacional de Colombia*, Bogotá. Volumen 1:1-378.
- BRADLEY, R.S., M. VUILLE, H. F. DÍAZ & VERGARA W., 2006 - Threats to waáter supplies in the tropical Andes. *Science* 312: 1755-1756.

- CAMPOS-S., L.V., J. URIBE-M. & J. AGUIRRE-C., 2008. – Santa María, líquenes, hepáticas y musgos. *Serie de guías de campo del instituto de Ciencias Naturales No. 3*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C., Colombia. págs.: 1-144.
- CHURCHILL, S. & LINARES E. 1995 – *Prodromus briologiae novo granatensis*. Introducción a la flora de musgos de Colombia. *Biblioteca José Jerónimo Triana. 12*. Parte 1 y 2. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia.
- CHURCHILL, S.P. 2015. – *Sphagnum meridense* (Hampe) Müll.Hal. En Bernal, R., S.R. Gradstein & 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>
- CHURCHILL, S. 2012 - Diversidad en los Andes Tropicales. En: Sebastian K. Herzog, Rodney Martinez y Peter M. Jørgensen, Holm Tiessen. 2012. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOP). Págs.: 1-348.
- CHURCHILL, S. P. 1989 - Bryologia Novo Granatensis. Estudios de los musgos de Colombia IV. Catalogo nuevo de los musgos de Colombia. *Tropical Bryology*, 1: 95-132.
- CHURCHILL, S., GRIFFIN, D. & MUÑOZ, J. 2000 – A checklist of the mosses of the tropical Andean countries. *Ruizia* 17: 1-203.
- CLEEF, A. M., RANGEL, O., VAN DER HAMMEN, T., & JARAMILLO, R. 1984. – La vegetación de las selvas del Transecto Buritaca. *Studies On Tropical Andean Ecosystems*, 2: 267-407.
- CORREA, R.C. 1987. Monografías de los pueblos de Boyacá. Tomos I y II. *Publicaciones de la Academia Boyacense de Historia*. Editorial ABC, Bogotá.
- CRUM, H. 1984 – North American Flora *Serie II*. Part 11: Sphagnopsida, Sphagnaceae. *New York Botanical Garden* 4: 1-180.
- CRUM, H. 1989a - New Tropical American species of *Sphagnum*. *The Bryologist* 92: 98–104.
- CRUM, H. 1989b. Notes on South a American species of *Sphagnum*. *Journal of Briology*.15: 531–536.
- CRUM, H. 1988. A focus on peatlands and peat mosses. *Ann Arbor, University of Michigan Press.*, págs.; 306.
- CRUM, H. 1990a. Comments on *Sphagnum* Sect. *Sphagnum* in South America. *Contributions of University of Michigan Herbarium* 17: 71–81. View in Botanicus, view in Biodiversity Heritage Library.
- CRUM, H. 1990b. A new look at *Sphagnum* sect. *Acutifolia* in South America. *Contributions from the University of Michigan Herbarium*. 17: 83–91.
- CRUM, H., 1990c. *Sphagnum inretortum*, A new species in a new section from Bolivia. *Bryologist* 93: 283–285.
- CRUM, H. 1993. New species of *Sphagnum* from South America. *Journal of Hattori Botanical Laboratory* 74: 145–154.
- CRUM, H. 1995. Miscellaneous notes on the genus *Sphagnum*. 6. *Contr. Univ. Michigan Herb.* 20: 129–140. View in Botanicus, view in Biodiversity Heritage Library.



- CRUM, H. 2002. Miscellaneous notes on *Sphagnum*—12. *Novon* 12: 441–445.
- DÍAZ M.F., LARRAÍN, J; ZEGERS, G. & TAPIA, C. 2008. Caracterización florística e hidrológica de turberas de la isla grande de Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 81: 455-468.
- DÍAZ M.F., ZEGERS, G. & J. LARRAÍN. 2005. Antecedentes sobre la importancia de las turberas y el Pompoñ en la isla de Chiloé. *En: <http://www.sendadarwin.cl>*.
- EDDY, A., 1977. Sphagnales of Tropical Asia. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Botany* 5: 357-445.
- FLATBERG, K. I. 2002. The Norwegian Sphagna: a field colour guide. Norwegian University of Science and Technology *Vitenskapsmuseet Rapport Botanisk Series* 2002/1:1–44.
- 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. 2002. Ecology of bryophytes along altitudinal and latitudinal gradients in Chile. *Tropical Bryology*, 21: 67-79.
- GLIME J. 2007. Economic and ethnic uses of bryophytes. In: *Flora of North America Editorial Committee*. Flora of North America of Mexico 27: 14-41.
- GLIME, J. M. & WAGNER, D. M. 2013. Laboratory Techniques: Preservation and Permanent Mounts. Chapt. 2-4. In: Glime, J. M. *Bryophyte Ecology*. Volume 3. Methods. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists.
- GRADSTEIN, S. R. 1992. The Vanishing Tropical rain Forest as an Environment for Bryophytes and Lichens. In; Bates, J. W. y Farmer, A. M. (eds.) *Bryophytes and Lichens in a Changing Environment*. Claredon Press, Oxford, 234-258 pp.
- GRADSTEIN, S. R., CHURCHILL, S. P., SALAZAR-ALLEN, N. & REINER-DREHWALD, M. E., 2001. Guide to the bryophytes of Tropical America. *New York: New York Botanical Garden Press*. Págs: 1-577.
- GRIFFIN III, D. 1981. El género *Sphagnum* en los Andes de Colombia y Venezuela. *Bryology. Lichenology* 2 (2): 201-211.
- HILL, J. K., & HAMER, K. C. 1998. Using species abundance models as indicators of habitat disturbance in tropical forests. *Journal of Applied Ecology* 35 (3): 458-460.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). 1993. Proyecto piloto de ordenamiento territorial de la Sierra Nevada de Santa Marta: una aproximación metodológica. *Estudios Básicos*. Vol. 1. físico-bióticos.
- ISOVIITA, P. 1966. Studies on *Sphagnum* L. I. Nomenclatural revision of the European taxa. *Annales Botanici Fennici* 3: 199-264.
- MATTERI, C. 1998. Diversidad briológica (o sobre cómo y por qué proteger los musgos). *Ciencia Hoy* 8 (46): 30-36.
- MCQUEEN, C. B., & ANDRUS, R. E. 2007. Sphagnaceae. *Flora of North America North of incomplete*.

- MERCHAN, J. B., ALVAREZ, J. G. & M. V. DELGADO MERCHAN. 2011. Retención de agua en musgos de páramo de los municipios de Siachoque, Toca y Pesca (Boyacá), Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 5 (2): 295-302.
- MICHAELIS D. 2011. Die *Sphagnum*-Arten der Welt. *Bibliotheca Botanica* 160: 1–408.
- MONTENEGRO, L. C., CHAPARRO, M., & A. BARÓN. 2005. Regulación hídrica en cinco musgos del páramo de Chingaza. Estrategias adaptativas de plantas de páramo y del bosque altoandino en la cordillera Oriental de Colombia. *Bonilla Ma, Editor*. Universidad Nacional de Colombia. Págs: 3-24.
- PÉREZ P., A. 1984. Aspectos climáticos de la Sierra Nevada de Santa Marta. En: VAN DER HAMMEN, T., & RUIZ, P. M., 1984 – La Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia) transecto Buritaca-La Cumbre. *Estudios de Ecosistemas Tropandinos*. 2. J. Cramer, Berlin. págs.: 603.
- RANGEL, O. & JARAMILLO, R. 1984. Lista comentada del material herborizado en el transecto Buritaca-La Cumbre (Sierra Nevada de Santa Marta). *Studies on tropical Andean ecosystems, Ecoandes* 2: 155-176.
- RICCA, M., & BEECHER, F. W. S. BOLES, E. TEMSCH, J. GREILHUBER, EF KARLIN & A.J. SHAW. 2008. Cytotype variation and allopolyploidy in North American species of the *Sphagnum* subsecundum complex. *American Journal of Botany* 95: 1606-1620.
- RICCA, M., & SHAW, A.J. 2010. Allopolyploidy and homoploid hybridization in the *Sphagnum* subsecundum complex (Sphagnaceae: Bryophyta). *Biological Journal of the Linnean Society* 99 (1): 135-151.
- ROBINSON, H. 1967. Preliminary studies on the bryophytes of Colombia. *The Bryologist* 70: 1-61.
- SHARP, A. J., H. CRUM & P. M. ECKEL., 1994 – The moss flora of Mexico. *Memories of the New York Botanical Garden*. 69: 1-1113.
- SHAW, A. J. 2000. Phylogeny of the Sphagnopsida based on chloroplast and nuclear DNA sequences. *The Bryologist* 103: 277–306.
- SHAW, A. J., C. J. COX, W. R. BUCK, N. DEVOS, A. M. BUCHANAN, L. H. CAVE, R. D. SEPPELT, B. SHAW, J. LARRAÍN, BENOIT, R. E. ANDRUS, J. GREILHUBER & E. M. TEMSCH. 2010. Newly resolved relationships in an early land plant lineage: Bryophyta, C class Sphagnopsida (peat mosses). *American Journal of Botany* 97 (9): 1511–1531.
- SHAW, A. J., COX, C. J., & S. B. BOLES. 2003. Polarity of peatmoss (*Sphagnum*) evolution: who says bryophytes have no roots? *American Journal of Botany* 90 (12): 1777-1787.
- SHAW, A. J., MELOSIK, I., COX, C.J. & BOLES, S.B. 2005. Divergent and reticulate evolution in closely related species of *Sphagnum* section *Subsecunda*. *The Bryologist* 108 (3): 363-376.
- SHAW, B., TERRACCIANO, S. & SHAW, A.J. 2009. A genetic analysis of two recently described peat moss species, *Sphagnum atlanticum* and *S. bergianum* (Sphagnaceae). *Systematic Botany* 34 (1): 6-12.

- SHAW, J., COX, C. J. & BOLES, S.B. 2004. Phylogenetic relationships among *Sphagnum* sections: Hemitheca, Isocladus and Subsecunda. *The Bryologist* 107 (2): 189-196.
- SIPMAN, H.J.M. 1996. How to sample the epiphytic diversity of tropical rain forests v. Follicolous Bryophytes and Lichens. *Ecotropica* 2: 67-72.
- RUÍZ, E.J., E.L. LINARES & M.E. MORALES-P. 2006. *Sphagnum* (Sphagnaceae) en el departamento de Boyacá, Colombia. *Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 30 (114): 31-45.
- THIERS, B. M. 1988. Morphological adaptations of the Jungermanniales (Hepaticae) to the Rtopixal Rainforest Habitat. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*. 64: 5-14.
- UJUETA, G. & LLINAS, R. 1990. Reconocimiento geológico de la parte más septentrional de la Sierra de Perijá. *Geología Colombiana* 17: 97-209.
- van REENEN, G & R.S. GRADSTEIN. 1983. Análisis de la vegetación de briófitas en el Transecto Buritaca-La Cumbre (Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia). *Proyecto Ecoandes* 14: 189-202.
- van REENEN, G. B. A., GRIFFIN III, D. & S. R. GRADSTEIN. 1984. Briófitas del Transecto Buritaca-La Cumbre, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *En*: T. VAN DER HAMMEN y P.M. RUÍZ (eds.). La Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia) Transecto Buritaca-La Cumbre. *Estudios de Ecosistemas Tropandinos* 2: 177-183.
- VERGARA, W., DEEB, A. M., VALENCIA, A. M., BRADLEY, R. S., FRANCOU, B., ZARZAR, A., GRÜN WALDT, A. & S. M. HAEUSSLING. 2007. Economic impacts of rapid glacier retreat in the Andes. *Eos* 88: 261-268.
- WALLACH, P., LÓPEZ, L. & C. OBERPAUR. 2010. Estudio preliminar de efectos antimicrobianos "in vitro" del musgo *Sphagnum magellanicum*. *Brid. Agro Sur* 38 (2): 80-86.
- WARNSTORF, C. 1911. Sphagnales-Sphagnaceae (Sphagnologia Universalis). 1-546. *In* A. Engler, *das Pflanzenreich. Heft 51*. W. Engelmann, Leipzig. [Keys, Illustrations].