

**Pontificia Universidad Javeriana**  
**Facultad de Ciencias**  
**Carrera de Biología**



**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ALGUNAS ESPECIES DE LA FAMILIA  
POLYTRICHACEAE (BRYOPHYTA)**

**Autor**

**JENNY MARCELA BOHORQUEZ MENDIETA**  
Trabajo de Grado para obtener el título de Bióloga

**Director**

Miguel León Gómez

**Bogotá D.C.**

**Noviembre del 2019**

**Pontificia Universidad Javeriana**  
**Facultad de Ciencias**  
**Carrera de Biología**



**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ALGUNAS ESPECIES DE LA FAMILIA  
POLYTRICHACEAE (BRYOPHYTA)**

**Autor**

**JENNY MARCELA BOHORQUEZ MENDIETA**  
Trabajo de Grado para obtener el título de Bióloga

**Director**

Miguel León Gómez

**Evaluador**

Jorge Jacome Reyes

**Bogotá D.C.**

**Noviembre del 2019**



## Índice de contenidos

Resumen.....	6
Introducción.....	6
Metodología.....	8
Resultados.....	10
Discusión.....	12
Conclusión.....	15
Agradecimientos.....	16
Referencias.....	16

## Lista de anexos

<b>Anexo 1.</b> Marco teórico.....	21
------------------------------------	----

## Lista de Figuras

<b>Fig 1.</b> Imágenes de cada uno de los caracteres morfológicos evaluados para <i>Atrichum androgynum</i> (Müll. Hal) Jaeger.....	29
<b>Fig 2.</b> Imágenes de cada uno de los caracteres morfológicos evaluados para <i>Polytrichadelphus ciliatus</i> (Hook. & Wilson) Mitt.....	30
<b>Fig 3.</b> Imágenes de cada uno de los caracteres morfológicos evaluados para <i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.....	31
<b>Fig 4.</b> Imágenes de cada uno de los caracteres morfológicos evaluados para <i>Polytrichadelphus longisetus</i> (Brid.) Mitt.....	32
<b>Fig 5.</b> Imágenes de cada uno de los caracteres morfológicos evaluados para <i>Pogonatum campylocarpon</i> (Müll.Hal.) Mitt.....	33

**Fig 6.** Relación del carácter Longitud del gametofito en relación con cada una de las especies evaluadas, bajo la aplicación el método estadístico de Kruskal-Wallis y wilcox, con sus respectivos valores de resultados.....34

**Fig 7.** Relación del carácter Longitud de la seta en relación con cada una de las especies evaluadas, bajo la aplicación el método estadístico de Kruskal-Wallis y wilcox, con sus respectivos valores de resultados.....35

**Fig 8.** Relación del carácter Longitud de la cápsula en relación con cada una de las especies evaluadas, bajo la aplicación el método estadístico de Kruskal-Wallis y wilcox, con sus respectivos valores de resultados.....36

**Fig 9.** Relación del carácter porcentaje de lamelas cubriendo el filidio en relación con cada una de las especies evaluadas, bajo la aplicación el método estadístico de Kruskal-Wallis y wilcox, con sus respectivos valores de resultados.....37

**Fig 10.** Relación del carácter ancho del filidio en relación con cada una de las especies evaluadas, bajo la aplicación el método estadístico de Kruskal-Wallis y wilcox, con sus respectivos valores de resultados.....38

**Fig 11.** Relación del carácter ancho de las lamelas en relación con cada una de las especies evaluadas, bajo la aplicación el método estadístico de Kruskal-Wallis y wilcox, con sus respectivos valores de resultados.....39

**Fig 12.** Relación del carácter altura mínima de las lamelas en relación con cada una de las especies evaluadas, bajo la aplicación el método estadístico de Kruskal-Wallis y wilcox, con sus respectivos valores de resultados.....40

**Fig 13.** Relación del carácter altura máxima de las lamelas en relación con cada una de las especies evaluadas, bajo la aplicación el método estadístico de Kruskal-Wallis y wilcox, con sus respectivos valores de resultados.....41

**Fig 14.** Relación del carácter longitud del gametofito en relación con las diferentes alturas para cada una de las especies evaluadas.....42

**Fig 15.** Relación del carácter longitud de la seta en relación con las diferentes alturas para cada una de las especies evaluadas.....42

**Fig 16.** Relación del carácter longitud de la cápsula en relación con las diferentes alturas para cada una de las especies evaluadas.....43

**Fig 17.** Relación del carácter porcentaje de lamelas cubriendo el filidio en relación con las diferentes alturas para cada una de las especies evaluadas.....43

**Fig 18.** Relación del carácter altura mínima de lamelas en relación con las diferentes alturas para cada una de las especies evaluadas.....44

**Fig 19.** Relación del carácter altura máxima de lamelas en relación con las diferentes alturas para cada una de las especies evaluadas.....44

**Lista de Tablas**

**Tabla 1.** Matriz de datos cuantitativos de posibles rasgos morfológicos para *Polytrichum juniperinum*.....45

**Tabla 2.** Matriz de datos cuantitativos de posibles rasgos morfológicos para *Pogonatum campylocarpon*.....46

**Tabla 3.** Matriz de datos cuantitativos de posibles rasgos morfológicos para *Polytrichadelphus longisetus*.....46

**Tabla 4.** Matriz de datos cuantitativos de posibles rasgos morfológicos para *Polytrichadelphus ciliatus*.....46

**Tabla 5.** Matriz de datos cuantitativos de posibles rasgos morfológicos para *Atrichum androgynum*.....47

**Tabla 6.** Matriz de datos cualitativos de posibles rasgos morfológicos para *Polytrichum juniperinum*.  
.....47

**Tabla 7.** Matriz de datos cualitativos de posibles rasgos morfológicos para *Pogonatum campylocarpon*  
.....47

**Tabla 8.** Matriz de datos cualitativos de posibles rasgos morfológicos para *Polytrichadelphus longisetus* .....48

**Tabla 9.** Matriz de datos cualitativos de posibles rasgos morfológicos para *Polytrichadelphus ciliatus*.....48

**Tabla 10.** Matriz de datos cualitativos de posibles rasgos morfológicos para *Atrichum androgynum*.....48

**Tabla 11.** Revisión del estado taxonómico de las especies a evaluar.....49

# CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ALGUNAS ESPECIES DE LA FAMILIA POLYTRICHACEAE (BRYOPHYTA)

Jenny M. Bohorquez- Mendieta<sup>1</sup>

1. Estudiante pregrado Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia; jenny.bohorquez@javeriana.edu.co

## Resumen

Las características morfológicas han servido como rasgos claves para la clasificación e identificación taxonómica de los organismos. Para los musgos ha sido un largo camino en la caracterización de estos rasgos, por la exigencia que tiene manejar y realizar todos los cortes para cada uno de los grupos de musgos. Por esta razón, esta tesis se basa en identificar y caracterizar los diferentes rasgos morfológicos de algunas especies de la familia Polytrichaceae utilizando ejemplares de la colección biológica del herbario, permitiendo enriquecer la información de todos los ejemplares evaluados y depositados en esta colección. Adicionalmente, se realizó una comparación entre algunos caracteres para observar las diferencias entre las especies y se buscó principalmente en teoría información sobre las funciones que cumplen estos rasgos en la planta, para crear contenido más claro al público de toda esta información. Los resultados mostraron una gran diferencia de *A. androgynum* con todas las especies, ya que esta especie presenta diferencias morfológicas a las otras especies. Sin embargo, estas diferencias se basan en la ausencia o modificación de varias estructuras morfológicas en comparación con las otras especies. Sin embargo, se encontró que cada especie ha evolucionado y se ha adaptado a las condiciones ambientales, especialmente a sus condiciones de microambiente.

**Palabras clave:** Polytrichaceae, traits, adaptations, lamellae, morphology

Total de palabras: 205

## Introducción

El herbario de la Pontificia Universidad Javeriana posee una de las colecciones biológicas más completas de la flora Colombiana, la cual tiene como función principal ser una colección científica de referencia y también ser un centro de docencia e investigación. Esta presenta en su mayoría especímenes de plantas vasculares y aproximadamente 8000 ejemplares de briofitos, dentro de la cual hay 58 familias, 80 géneros y 70 especies de musgos (Malagón, H. B., et al., 2007).

Las colecciones biológicas son suministro constante de un sinfín de información valiosa que se preserva a lo largo del tiempo, para conservar así especímenes que representan en todo su esplendor la historia de la biodiversidad e incluso de nuestra propia historia. Además, preservar especímenes permite tener siempre material con el cual se van a nutrir un sinfín de investigaciones que aportarán muchísimo al conocimiento tanto científico, cultural e incluso político a la hora de la toma de múltiples decisiones. Por dicha razón, es de suma importancia poseer una colección biológica muy completa que suministre la mayor cantidad de información posible que facilite su manejo.

Aprovechando dicha información allí depositada se busca generar aún más conocimiento de estos ejemplares, por esta razón se busca aprovechar este material al realizar diferentes identificaciones y caracterizaciones puesto que se han realizado varios esfuerzos a nivel de organización e identificación de los musgos por parte principalmente del docente Miguel León Gómez y de los estudiantes, dando como resultado que bajo la estimación del mismo docente la colección tiene un 60% de los especímenes determinados hasta familia, 30% hasta género y un 10% se encuentra indeterminado y se encuentra en revisión. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la mayoría de estas identificaciones son erróneas y los especímenes no se encuentran en las mejores condiciones de preservación.

Adicionalmente, la mayoría de estudios se enfoca en plantas vasculares, dejando un poco de lado estas colecciones menores. Además, para el caso de los musgos en Colombia existen varios géneros representativos, dentro de los cuales sobresale de forma notoria la familia Polytrichaceae, por ser una de las más representativas, importantes a nivel ecológico y una de las cuales mantiene la mayoría de sus caracteres diagnósticos sin importar que se encuentre conservada.

Dicha familia representa una gran importancia ecológica al ser pioneras en la colonización del suelo perturbado, se ha demostrado en varios estudios como por ejemplo el realizado por (Churchill, S. P., 2009) que esta familia desempeña un papel fundamental en la colonización de diferentes tipos de suelo luego de una perturbación, como laderas montañosas, deslizamientos de tierra o bancos de carretera recién cortados y adicional a esto muchas de estas especies toleran alta incidencia de la luz y tienen características que le otorgan una característica xerofíticas (Hyvönen, J., 2012).

En consecuencia, este trabajo tiene como objetivo principal aprovechar los ejemplares depositados en el herbario para caracterizar diferentes caracteres diagnósticos para diferentes especies de esta familia, aportando un conocimiento adicional a esta colección, aportando diferente material fotográfico para cada una de las especies.

## **Metodología**

### **1.1 Selección de material vegetal**

Los ejemplares que se evaluaron fueron tomados de diferentes colecciones biológicas identificados hasta especie, todos pertenecientes a la familia Polytrichaceae. La primera colección revisada fue la colección de briofitos de la Pontificia Universidad Javeriana (HPUJ), posteriormente se revisó la colección de musgos de la Universidad Nacional (COL). Adicionalmente, como método para limitar el número de ejemplares a evaluar se establecieron diferentes criterios de inclusión como: 1. Todos los ejemplares a evaluar debe tener atributos tanto vegetativos (gametofito) como reproductivos (esporofito), 2. Tomar ejemplares de diferentes localidades y altitudes, 3. Evaluar como mínimo 10 ejemplares por especie.

En total se evaluaron 54 ejemplares de las dos colecciones biológicas, con representación de 5 especies de Polytrichaceae reportadas para Colombia, *Atrichum androgynum* (10 ejemplares), *Pogonatum campylocarpum* (11 ejemplares), *Polytrichadelphus ciliatus* (10 ejemplares), *Polytrichadelphus longisetus* (10 ejemplares) y *Polytrichum juniperinum* (13 ejemplares).

### **1.2 Procedimiento para disecciones y cortes**

Para una óptima ejecución al momento de realizar las disecciones y cortes se sumergió el ejemplar en agua tibia dentro de una caja de Petri. Luego al tener la muestra humedecida se procedieron hacer las disecciones de algunos filidios con ayuda de unas pinzas de disección de punta fina, de la parte apical del gametofito, evitando así la presencia de hongos u otras impurezas que pudieran generar una dificultad al observar o al realizar un corte limpio. Posteriormente, se realizó cortes a mano alzada de los filidios, para luego realizar el registro fotográfico de cada uno de los caracteres a evaluar en cada ejemplar con ayuda de microscopio (Nikon ECLIPSE E100) y estereoscopio (Carl Zeiss Suzhou. Modern Industrial Square 3-B, No,333). Los cortes trasversales de cada filidio fueron realizados en la parte media, para evitar variación en los resultados debido a la propia morfología de la hoja.

### **1.3 Medición de caracteres morfológicos**

Para la selección de estos caracteres se tuvo en cuenta caracteres que no se perdieran durante el proceso de deshidratación al momento de ingresar a los herbarios. Por esta razón, luego de hacer una revisión teórica sobre la morfología de las especies de Polytrichaceae se seleccionan 11 posibles rasgos representativos tanto vegetativos y reproductivos, (1) Longitud del Gametofito, (2) Longitud del esporofito, (3) Tipo de inserción de filidios, (4) Longitud capsula, (5) Forma de la cápsula, (6) Presencia de apófisis, (7) Forma de filidios, (8) Cobertura de lamelas sobre el ancho del filidio, (9)

Margen filidio, (10) Longitud de lamelas, se tomó desde la más pequeña hasta la más alta y (11) Célula apical de la lamela.

Posteriormente, con las imágenes capturadas tanto en estereoscopio y microscopio se procede hacer una medición de los caracteres cuantitativos por medio de las fotografías digitalizadas en el programa Imagej, el cual que permite realizar mediciones precisas en todo tipo de imágenes, donde exista una medida de referencia con la cual comparar. Por esta razón, para este caso se utilizaron imágenes de papel milimetrado en los diferentes aumentos del estereoscopio y microscopio para posteriormente utilizarlas para tomar las medidas respectivas. Con este programa se realizó la matriz de datos que se listan desde la tabla 1 a la 5., la cual permite recolectar todos los datos de cada uno de los ejemplares.

#### **1.4 Análisis estadístico**

Para el análisis se implementó únicamente el uso del programa Rstudio, en su última versión, para realizar todas las gráficas y las pruebas estadísticas de Kruskal wallis en primera instancia, posteriormente se realizó una prueba de wilcoxon pareado para saber las diferencias entre cada una de las variables a evaluar. Se aplicaron estas pruebas estadísticas porque se creyó lo más conveniente debido al número de datos (No paramétricos) y a las posibles relaciones entre los componentes.

## **2. Resultados**

### **Caracteres morfológicos en relación con la altura en los ejemplares**

En la figura 14 se muestra la longitud del gametofito de cada uno de los ejemplares a las diferentes alturas a las que fueron colectados, la gráfica muestra que no hay una relación directa con la altura y el tamaño del gametofito para todas las especies, todas tienen a tener un tamaño homogéneo. Sin embargo, se observa que *P. ciliatus* presenta los gametofitos más grandes y se encuentra en un rango altitudinal entre los 2500 a los 3500.

En la figura 15 se muestra la longitud de la seta de todos los ejemplares, se evidencia que las setas de mayor tamaño son de *P. longisetus*. Sin embargo, no se evidencia para estos ejemplares existe una relación directa entre la altura con los caracteres.

En la figura 16 se muestra la longitud de la cápsula, donde se puede observar que *A. androgynum* posee la capsula más larga en relación con las otras especies.

En la figura 17 se muestra el porcentaje de lamelas que cubren el filidio y se muestra claramente que el porcentaje de lamelas en la especie *A. androgynum* es mucho menor en comparación con las otras, sin embargo, no se muestra una diferenciación clara entre el carácter y la altura.

En la figura 18 se muestra la altura mínima de las lamelas, para este caso no se evidencia una relación de la altura de las lamelas en relación con su altura ni con las diferentes especies.

En la figura 19 se muestra la relación de la altura máxima de las lamelas, y en este caso *P. ciliatus* muestra las lamelas más largas y *A. androgynum* posee las más pequeñas

### **Relación entre las especies para cada uno de los rasgos morfológicos cuantitativos**

En las figuras de la 6 a la 13 se muestra la relación de cada uno de los caracteres a evaluar con las diferentes especies, implementado el estadístico de Kruskal- Wallis. En la figura 6 que compara la longitud del gametofito en las especies se muestra un p valor para la prueba de Kruskal-Wallis de  $1,226e^{-06}$  lo que demuestra que hay diferencias significativas en los datos. Luego al hacer la prueba paramétrica de Wilcoxon se compara el rasgo entre especies para conocer las diferencias entre cuales especies se encuentra. Para este caso se observa una diferencia fuertemente marcada entre *P. ciliatus* y los demás.

En la figura 7 que compara los valores de la longitud de la seta en relación con las especies se muestra un p valor para la prueba de Kruskal-Wallis de  $2,483e^{-06}$  lo que demuestra que hay diferencias significativas en los datos. Luego al hacer la prueba paramétrica de Wilcoxon se compara el rasgo entre especies para conocer las diferencias entre cuales especies se encuentra. Para este caso se observa pequeñas diferencias entre *P. campylocarpon* con *P. ciliatus*, *P. juniperinum* y *P. longisetus*.

En la figura 8 que compara los valores de la longitud de la cápsula en relación con las especies se muestra un p valor para la prueba de Kruskal-Wallis de  $2,483e^{-06}$  lo que demuestra que hay diferencias significativas en los datos. Luego al hacer la prueba paramétrica de Wilcoxon se compara el rasgo entre especies para conocer las diferencias entre cuales especies se encuentra. Para este caso se observa pequeñas diferencias entre *P. campylocarpon* con *P. ciliatus*, *P. juniperinum* y *P. longisetus*.

En la figura 9 que compara los valores de la longitud de la cápsula en relación con las especies se muestra un p valor para la prueba de Kruskal-Wallis de  $1,046e^{-05}$  lo que demuestra que hay diferencias significativas en los datos. Luego al hacer la prueba paramétrica de Wilcoxon se compara el rasgo entre especies para conocer las diferencias entre cuales especies se encuentra. Para este caso se observa una diferencia muy marcada entre *A. androgynum* con las demás especies.

En la figura 10 que compara el ancho del filidio en relación con las especies se muestra un p valor para la prueba de Kruskal-Wallis de  $8,701e^{-06}$  lo que demuestra que hay diferencias significativas en los datos. Luego al hacer la prueba paramétrica de Wilcoxon se compara el rasgo entre especies para conocer las diferencias entre cuales especies se encuentra. Para este caso se observa una diferencia muy marcada entre *A. androgynum* con las demás especies.

En la figura 11 que compara el ancho de las lamelas en relación con las especies se muestra un p valor para la prueba de Kruskal-Wallis de  $4,935e^{-06}$  lo que demuestra que hay diferencias significativas en los datos. Luego al hacer la prueba paramétrica de Wilcoxon se compara el rasgo entre especies para conocer las diferencias entre cuales especies se encuentra. Para este caso se observa una diferencia muy marcada entre *A. androgynum* con las demás especies.

En la figura 12 que compara la altura mínima de las lamelas en relación con las especies se muestra un p valor para la prueba de Kruskal-Wallis de 0,018 lo que indica una diferencia, pero no muy significativa en comparación con las anteriores en los datos. Luego al hacer la prueba paramétrica de Wilcoxon se compara el rasgo entre especies para conocer las diferencias entre cuales especies se encuentra. Para este caso se observa una diferencia entre *P. longisetus* con las demás especies.

En la figura 13 que compara la altura máxima de las lamelas en relación con las especies se muestra un p valor para la prueba de Kruskal-Wallis de  $1,811e^{-07}$  lo que indica una diferencia significativa en los datos. Luego al hacer la prueba paramétrica de Wilcoxon se compara el rasgo entre especies para conocer las diferencias entre cuales especies se encuentra. Para este caso se observa una diferencia no muy marcada entre *A. androgynum* con las demás especies.

### **3. Discusión**

No se observó diferencias significativas entre las diferentes especies en relación con su distribución altitudinal, esto puede deducir que con esta variable geográfica no se reflejan las diferentes respuestas morfológicas de las especies. Esto sugiere que probablemente estos cambios posiblemente sean más detectables evaluando cambios en los microambientes y no se puede descartar de estos cambios tengan su diferenciación en base a la estructura genética de las poblaciones (Yumol, L., 2016). Adicionalmente, es importante tener en cuenta que el desarrollo de rasgos esta directamente relacionado con la expresión genética y con los grados de variabilidad ambiental, los cuales serán el resultado de la selección natural para la especie (Terry A. & Longton R., 2008)

Al no encontrar una relación entre los diferentes caracteres con su distribución altitudinal, se buscó asociar los datos basados en teoría para encontrar una relación entre los caracteres morfológicos y su función y las posibles adaptaciones que puede conferirle a una especie en especial, para que esta tenga un mejor fitness y sea más eficiente que las otras especies.

Adicionalmente, al evaluar la longitud del gametofito se observa que *ciliatus* posee los tamaños más grandes, esto puede relacionarse con su propia estructura morfológica, ya que estos poseen cilios en el margen, estas estructuras refuerzan la red capilar y la conducción de agua externa (Guerra, J., et al.,

1992), y también poseen un número mayor de fila de lamelas, junto con una capa gruesa de cera en la parte apical de las células de las lamelas. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que al poseer un gametofito tan largo un reto mayor, puesto que el tamaño en relación con el área de superficie de la hoja es importante, puesto que afectan la velocidad a la que se pierde agua extracelularmente (Ah-Peng, C., et al., 2014).

También, se observaron varios rasgos en común en todas las especies, como un sistema de conducción similar a las plantas vasculares (hidroides y leptoides), que además de proporcionar soporte son los encargados de trasportar el agua y nutrientes por el musgo, estas estructuras compensan la pérdida de agua por traspiración (Thomas, R. J., et al., 1996). Lo que podría representar una adaptación importante en toda la familia al ser musgos endhídricos, esta característica les confiere la adaptación de poseer una compensación entre la retención de agua y la fotosíntesis para no afectar su fitness (Wang, Z., & Bader, M. Y. 2018). También, al tener una hoja bi-estratificada proporciona un soporte mecánico a la desecación en las hojas (Guerra, J., et al., 1992). Adicionalmente, poseen una disposición en espiral de las hojas, lo que le permite minimizar la sombra para maximizar la intercepción de la luz, favoreciendo la fotosíntesis. (Goffinet, B., et al., 2009).

Asimismo, todas las especies evaluadas excepto *A. adrogynum*, presentaron filidios deltoides con bases específicas amplexante sujetas al caulidio, esta inserción en el tallo proporciona una robustez adicional al gametofito. Adicionalmente, presentan células basales rectangulares, hialina y alargadas que según un estudio pueden ser esenciales para retrasar la deshidratación del filidio (Goffinet, B., et al., 2009). Finalmente, estas hojas presentan un tejido flexible hinchado hacia un poco más debajo de la mitad del filidio, este tejido sirve para darle flexibilidad al filidio y evitar que se rompa cuando se humedece y se seca durante los cambios ambientales, retrasando la pérdida de agua y protegiendo la clorofila en los periodos secos (Zanten, B. V., 1974).

Las otras especies estudiadas presentan más similitudes entre sí, pero aun así es evidente al finalizar el estudio que el musgos más eficiente entre estas especies es *P. juniperinum* la cual reúne más características morfológicas específicas, que le confieren varias características y ventajas sobre las demás, como por ejemplo margen involuto, el cual forma una estructura sacciforme que protege la cara adaxial de la hoja y reduce la evaporación y protege la lámina de la radiación UV (Guerra, J., et al., 1992), rizoides capaces de penetrar suelo mineral los cuales amortiguan las diferentes presiones superficiales (Lappalainen, N., 2010), lamelas en todo el filidio aumentando la superficie fotosintética al tiempo que conforman cámaras de aire que contribuyen al intercambio gaseoso (Lappalainen, N. M., et al., 2010). y evitando al máximo la pérdida de agua (Yumol, L., 2016), apófisis en la parte basal de

la cápsula, esta estructura contiene los estomas encargados del intercambio de gases, otorgándole fuerza transpiratoria que mueve los nutrientes más eficientemente desde el gametofito hasta la capsula para la formación de esporas (Haig, D. 2012), células del ápice cerosas las cuales repele el agua, facilitando el movimiento de agua y facilitando la absorción de CO<sub>2</sub> (Proctor, M. C. F., 2005). Adicional a esto, la presencia de esta cera ayuda a proteger al musgo de la radiación UV a través de la absorbancia y la reflexión de los rayos. (Lappalainen, N., 2010).

Todas estas características permiten que este musgo sea pionero y Cosmopolitan debido a que puede establecerse en hábitats hostiles, como suelos minerales quemados, que se desecan por tiempo prolongado, sitios rocosos, colonizando ambiente de etapas sucesionales tempranas, ayudando en el crecimiento de las plántulas de árboles y otras plantas (Lappalainen, N., 2010), y además posee una reproducción sexual más frecuente que otras especies (Van der Velde, M., & Bijlsma, R., 2000).

Adicionalmente, a estos caracteres morfológicos, este grupo en específico presenta una composición lipídica diferente de las membranas internas y externas del cloroplasto, lo que los protege bajo condiciones de temperatura extremas (Ljubešić, N., et al., 2005). También, estudios han encontrado compuestos fenólicos en la pared celular de este musgo lo que le confiere resistencia a la compresión, ayudar en la formación de biomasa y la prevención del ataque de microorganismos (Graham, L. E., et al., 2004). Además, si no fuera poco este musgo tiene la capacidad de generar isopreno, lo que puede proteger el aparato fotosintético bajo condiciones extremas de temperatura y alta irradiación (Graham, L. E., et al., 2004). Un último estudio ha confirmado que este musgo contiene el doble de concentración en compuestos absorbentes de UV, lo que evidencia que este musgo posee muchas características que le permiten establecerse a casi todos los hábitats, pues estos compuestos les confieren protección a los rayos UV (Lappalainen, N., 2010).

#### **4. Conclusión**

En conclusión, los resultados de esta investigación mostraron que esta familia posee muchos caracteres morfológicos específicos que le confieren muchas características adaptativas que controlan la dinámica del agua en relación con la retención de agua y la fotosíntesis.

Adicionalmente, un posible rasgo funcional al que se le podría conferir a esta familia es la presencia de lamelas y esto en relación con la cera superficial de las células apicales, puesto que existe una gran variedad dentro de la familia, todos los ejemplares evaluados las presentación y además estructuras

confieren una importancia biológica significativa al favorecer su fotosíntesis y por ende afecta su fitness, haciéndolas muy resistentes a diferentes microambientes que pueden ser demasiado agresivos para otras especies.

La especie con mejores adaptaciones morfológicas, químicas y ecológicas es la especie de *P. juniperinum*, la cual ha sido ampliamente estudiada desde hace muchos años, utilizándola como modelo entre la familia. La cual presenta diferentes caracteres morfológicos que le confiere mucha mejor adaptabilidad, a diferentes ambientes ecológicamente hostiles. Como lo son, la presencia de cera en las lamelas, el margen involuto, la forma y estructura del filidio y la presencia de apófisis.

Adicionalmente, se concluye que para futuros proyectos es necesaria la implementación de muchos más ejemplares, buscando evaluar una sola especie, para así lograr evaluar y comparar muchas más características. Teniendo en cuenta la importancia de evaluar los microambientes para cada una de las muestras.

### **Agradecimientos**

Especialmente a mi profesor Miguel León el cual ha estado conmigo desde el primer semestre, guiándome, ayudándome en todo lo que necesite, escuchándome y siendo un profesor excepcional, “Sean felices, Miguel les dice” Miguel León. También, al profesor Nestor García, gracias por siempre estar dispuesto ayudarme en lo que requerí a lo largo de todos estos años, por ayudar en la solicitud de los ejemplares a la Universidad Nacional para este trabajo, con los dos en el Herbario es un honor trabajar ahí con ustedes. Al profesor Jorge Jacome, por siempre ser tan considerado y atento con todos los estudiantes y por siempre tener tiempo para todos. Al profesor Jaime Uribe, por ayudarme y guiarme en la búsqueda de los ejemplares y por el préstamo de los mismos, gracias por su atención y por su cordialidad. A Angélica Aponte por compartirme un poco de todo su conocimiento, por guiarme en la elaboración del mismo. A mi familia, a mis Papitos que siempre han estado ahí para mí, acompañándome en todo lo que necesite, gracias por hacer el esfuerzo enorme de ayudarme con la carrera, este logro también es de ustedes, los amo con mi vida. A mi hermana que aunque no entiende nada de lo que le hablo siempre a estado a mi lado. A mi esposo y a mi hijo los amo más que nada en el mundo y más que nada este logro es de ustedes que siempre están a mi lado. Por último, pero no menos importante quiero agradecer infinitamente a mis amigos, con los que he estado durante toda mi carrera, Carlitos, Dani y Deivid, sin ustedes no hubiera sido lo mismo, representaron un apoyo incondicional durante todo este largo camino.

## 5. Referencias

- Ah-Peng, C., Flores, O., Wilding, N., Bardat, J., Marline, L., Hedderson, T. A., & Strasberg, D. (2014). Functional diversity of subalpine bryophyte communities in an oceanic island (La Réunion). *Arctic, antarctic, and alpine research*, 46(4), 841-851.
- Churchill, S. P. (2009). Moss diversity and endemism of the tropical Andes. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 434-449.
- Graham, L. E., Kodner, R. B., Fisher, M. M., Graham, J. M., Wilcox, L. W., Hackney, J. M., ... & Cook, M. E. (2004). Early land plant adaptations to terrestrial stress: a focus on phenolics. In *The evolution of plant physiology* (pp. 155-169). Academic Press.
- Goffinet, B., Buck, W. R., & Shaw, A. J. (2009). Morphology, anatomy, and classification of the Bryophyta. *Bryophyte biology*, 2, 55-138.
- Guerra, J., Martínez-Sánchez, J. J., & Ros, R. M. (1992). On the degree of adaptation of the moss flora and vegetation in gypsiferous zones of the south-east Iberian Peninsula. *Journal of bryology*, 17(1), 133-142.
- Haig, D. (2012). Filial mistletoes: the functional morphology of moss sporophytes. *Annals of Botany*, 111(3), 337-345.
- Hyvönen, J. (2012). Australian Mosses Online. 48. Polytrichaceae. [http://www.anbg.gov.au/abrs/Mosses\\_online/Polytrichaceae.pdf](http://www.anbg.gov.au/abrs/Mosses_online/Polytrichaceae.pdf)
- Lappalainen, N. (2010). *The responses of ectohydric and endohydric mosses under ambient and enhanced ultraviolet radiation*. Oulu, Finland: University of Oulu.
- Lappalainen, N. M., Huttunen, S., Suokanerva, H., & Lakkala, K. (2010). Seasonal acclimation of the moss *Polytrichum juniperinum* Hedw. to natural and enhanced ultraviolet radiation. *Environmental pollution*, 158(3), 891-900.

Ljubešić, N., Wrisher,., Prebeg, T., & Devidé, Z (2005). Structural changes of lamellar cells in leaves of the moss *Polytrichum formosum* Hedw. during winter freezing and thawing processes. *Acta Botanica Croatica*, 64(2), 219-226.

Malagón, H. B., Pacheco, M. A., Gómez, M. L., & Cadelo, M. D. (2007). Reseña histórica, desarrollo y actualidad del herbario de la Pontificia Universidad Javeriana (HPUJ). *Universitas Scientiarum*, 12, 117-129.

Proctor, M. C. F. (2005). Why do Polytrichaceae have lamellae?. *Journal of bryology*, 27(3), 221-229.

Terry A. Hedderson & Longton R. E. (2008) Local adaptation in moss life histories: population-level variation and a reciprocal transplant experiment, *Journal of Bryology*, 30:1, 1-11, DOI: 10.1179/174328208X282175

Thomas, R. J., Ryder, S. H., Gardner, M. I., Sheetz, J. P., & Nichipor, S. D. (1996). Photosynthetic function of leaf lamellae in *Polytrichum commune*. *Bryologist*, 6-11.

Van der Velde, M., & Bijlsma, R. (2000). Amount and structure of intra-and interspecific genetic variation in the moss genus *Polytrichum*. *Heredity*, 85(4), 328.

Wang, Z., & Bader, M. Y. (2018). Associations between shoot-level water relations and photosynthetic responses to water and light in 12 moss species. *AoB Plants*, 10(3), ply034.

Yumol, L. (2016). Response of *Polytrichum strictum* Plants to Regional Warming of the Antarctic Peninsula Using Geochemistry of Peat and Modern and Fossil Plants.

Zanten, B. V. (1974). The hygroscopic movement of the leaves of *Dawsonia* and some other Polytrichaceae. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 121(sup2), 63-66.

## **Anexos**

### **Anexo 1.**

#### **Mapa de referentes conceptuales:**

#### **1. Musgos**

##### **1.1 Descripción general**

La división Bryophyta (musgos) representa el grupo más grande y complejo de las plantas terrestres no vasculares denominadas briofitas. Dentro de sus principales características encontramos que son plantas de pocos centímetros de altura, aunque algunos pueden llegar a medir los 50 cm, además, poseen coloraciones muy variadas desde, verdes, amarillos, rojo, hasta negro (Morales, et al., 2017). También, presentan un ciclo de vida en dos generaciones, la primera es el gametofito el cual es de tipo folioso conformada por un caulidio y unas pequeñas hojas denominadas filidios, este es el encargado de sostener y darle soporte al esporofito. Y en la segunda fase se encuentra el esporofito, que es la fase más característica en musgos, compuestos por una seta que sostiene la capsula que contiene las esporas, las cuales posteriormente darán origen a la formación de un organismo nuevo organismo (Ferriol, & López, 2017). Adicionalmente, otra característica en los musgos es que pueden ser dioicos o monoicos, es decir, hay unos que forman órganos masculinos (anteridios) y femeninos (arquegonios) en plantas separadas y otros que forman ambos tipos de órganos en la misma planta (Campos, et al., 2008).

##### **1.1.1 Reproducción**

Los musgos se reproducen por medio de esporas, donde primero los órganos masculinos (anteridios) liberan los anterozoides, que deben llegar hasta el órgano femenino (arquegonio) y fecundar la ovocélula; luego de la fecundación se comienza a formar el esporofito (Schaefer, & Zrýd, 2001). El cual es lo más característico y visible de los musgos; consta de una seta larga y gruesa, que soporta una cápsula que contiene y forma las esporas, por medio de divisiones meióticas (Ferriol, & López, 2017). Cuando las esporas llegan a la madurez, la caliptra se cae junto con el opérculo y quedan expuestas las esporas para ser dispersadas. Si la espora cae en un sitio propicio, germina en un protonema, que dará origen a un nuevo gametofito (Campos, et al., 2008).

##### **1.1.2 Morfología**

El estudio de los musgos y la determinación taxonómica hace énfasis primero en las características morfológicas del gametofito y segundo, a las características esporofíticas, y por ultimo al hábitat o distribución (Churchill, & Linares, 1995). Para el gametofito se tiene en cuenta la forma, presencia o ausencia de la costa y distribución de los filidios respecto al caulidio. De igual forma, para el esporofito

se tiene en cuenta la seta, la forma de cápsula, el número de los dientes del peristoma y la forma de la caliptra. Otra característica importante para la identificación de estos es el tipo crecimiento del esporofito con respecto al gametofito, que puede ser de forma acrocárpica, cuando las plantas son erectas, sin ramificaciones, donde el esporofito nace en el ápice y pleurocárpico cuando son rastreras, con muchas ramificaciones y el esporofito nace en la parte lateral, nunca en el ápice (Morales, et al., 2017).

### **1.1.3 Hábitat y sustratos**

Las diferentes formas de crecimiento son características de las familias y los géneros, donde se han clasificado en dos grupos que difieren en su forma de crecimiento. Primero, los que crecen en manojos erectos, con tallos suaves hasta más o menos compactos, ramificados o no, en forma de colchones o cojines de diferente espesor, planos o redondeados (acrocárpicos) y segundo, los que crecen en tapices o céspedes, más o menos postrados o ascendentes, en general reptando sobre el sustrato o los que crecen péndulos, frondosos o dendroides, en masas entrelazadas laxas hasta densas, delgadas hasta gruesas (pleurocárpicos) (Churchill, & Linares, 1995). De igual forma, crecen sobre una gran variedad de sustratos como lo son rocas, tierra, barrancos, troncos y ramas de árboles, etc (Merchán, et al., 2011).

### **1.1.4 Diversidad y distribución**

En Colombia la documentación sobre el inventario de los musgos inició con el trabajo de Florschütz-de waard (1979), le siguieron Churchill (1989), Linares (1995) y por último Aguirre (2008), dando como resultado un claro aumento en la documentación de la riqueza de musgos a medida que aparecían nuevos registros. Logrando estimar que en Colombia existen alrededor de 934 especies de musgos registrados, pertenecientes a 264 géneros y 72 familias (Guzmán, & Esquivel, 2016), donde la mayoría de ellas (931 spp.) pertenecen a la franja Andina y con muy pocas en tierras bajas y cálidas; por debajo de los 500 m de altitud hay solamente 33 especies que pueden considerarse exclusivas de esta área (Ramírez, et al., 2018). Dando como resultado un estimado final de que en el mundo existen cerca de 12800 especies de musgos, organizadas en 900 géneros (Bernal, et al., 2019).

### **1.1.5 Importancia biológica y ecológica**

Los musgos juegan un papel fundamental dentro de las coberturas vegetales, puesto que son fundamentales para los procesos de fabricación y almacenamiento de agua, debido a que absorben y retienen el agua de las precipitaciones y de la nubosidad, además se encargan de prevenir los procesos

erosivos (Guzmán, & Esquivel, 2016). Además, son fundamentales para la sustentabilidad del ecosistema y de los organismos que allí se encuentran, en su relación con la producción de fitomasa, la herbivoría, la descomposición y retienen nutrientes y minerales presentes en el suelo (Morales, et al., 2017).

## **1.2 Familia Polytrichaceae**

### **1.2.1 Descripción general**

Dichos musgos son exclusivamente terrestres, suelen crecer sobre humus o turba, rara vez se encuentran sobre roca y presentan crecimiento acrocárpico, son plantas de tamaño pequeño (3mm) a grande (30 cm), crecen de forma de mechones, de forma dispersa o de forma agregada (Churchill, & Linares, 1995). Presentan coloraciones rojizas, con filidios verdes grisáceos con un esporodito erguido y de tono carmesí (Campos, et al., 2008). En su mayoría son dioicos y raramente monoicos (Hyvönen, J. 2012).

### **1.2.2 Morfología**

Las características principales para la identificación de la familia Polytrichaceae son la presencia de tallos erectos simples, con hojas lanceoladas, liguladas o deltoides, con margen del limbo plano o incurvado, también el margen puede ser entero o serrado (Churchill, & Linares, 1995). Adicionalmente, la característica que es más relevante al momento de la identificación de este grupo es la presencia de lamelas, en la superficie adaxial sobre el nervio o en todo el limbo dispuestas o no en filas (Aponte, A., & Uribe, J.,2017).

### **1.2.3 Diversidad y distribución**

Esta familia posee una amplia distribución debido a sus rasgos fisiológicos, que les ha permitido conquistar múltiples ecosistemas, contando con 23 géneros en el sudeste de Asia y Sudamérica (Aponte, A., & Uribe, J.,2017). Para el caso de los andes tropicales se han registrado 10 géneros, junto con de 23 a 45 especies (Churchill, & Linares, 1995). Para el caso de Colombia en la última revisión se registraron 22 especies que se agrupan en 8 géneros, de los cuales *Pogonatum* y *Polytrichadelphus*, con 6 y 8 especies respectivamente (Bernal, R., et al., 2019).

### **1.2.4 Importancia biológica y ecológica**

Las especies de dicha familia representan una gran importancia ecológica al ser pioneras en la colonización del suelo perturbado, se ha demostrado en varios estudios como por ejemplo el realizado

por (Churchill, S. P., 2009) que esta familia desempeña un papel fundamental en la colonización de diferentes tipos de suelo luego de una perturbación, como laderas montañosas, deslizamientos de tierra o bancos de carretera recién cortados y adicional a esto muchas de estas especies toleran alta incidencia de la luz y tienen características que le otorgan una característica xerofíticas (Hyvönen, J., 2012).

## **2. Importancia del uso de ejemplares de colecciones biológicas**

Las colecciones biológicas poseen información muy valiosa, pues como lo indica Simmons & Muñoz (2005) una colección biológica es un banco de datos, como centros de documentación que se han considerado patrimonio nacional y de interés para la humanidad con un alto grado de importancia, por ser fuente primaria del conocimiento e información sobre nuestra biodiversidad. Dicha información ha sido pieza clave para el desarrollo de múltiples proyectos científicos, políticos, sociales, económicos e incluso culturales (Delgadillo, & Góngora, 2009). De igual manera, el valor de dicha información es incalculable frente al potencial que se puede desarrollar en un futuro conjuntamente con nuevos desarrollos tecnológicos, que permitan optimizar de la mejor forma toda esta información. De igual forma, constituyen un registro de material permanente que puede ser reanalizado y del cual se puede obtener material biológico cuantas veces se requiera (Plascencia, et al., 2013).

Adicional a esto, para el caso de los musgos al ser organismos poikilohídricos pueden soportar la desecación sin presentar daños o mayores cambios en sus caracteres morfológicos y anatómicos poco después de ser humedecidos, lo que permite evaluar sus rasgos con una mayor precisión de los ejemplares preservados (Giordani, P., 2014), esto otorga un beneficio aún mayor al trabajar caracterizando rasgos morfológicos y anatómicos con los musgos depositados en colecciones biológicas.

### **4.1. Bases de datos**

Las bases de datos biológicas funcionan como reservorios apoyados por la bioinformática que le permite digitalizar y organizar toda la información de cada uno de los especímenes depositados en las colecciones biológicas. Poseer las bases de datos es de gran importancia porque permite dar a conocer públicamente información, facilita el manejo de la información, agiliza diferentes tipos de búsquedas, permite intercambiar la información entre investigadores o diferentes colecciones biológicas (Trujillo, et al., 2014). Este manejo de datos permite y facilita la gestión de préstamos y solicitudes entre instituciones que utilicen la misma plataforma, como también un sistema de menús para importar y exportar datos con otras bases de datos del mismo nodo. (Pando et al., 2006).

## Referencias

- Aponte, A., & Uribe, J. (2017). Revisión de la familia Polytrichaceae (Bryophyta) para Colombia. *Boletín de la Sociedad argentina de Botánica*, 52(2), 209-250.
- Bernal, R., Gradstein, S.R., & Celis, M., (2019). Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Recuperado de <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>
- Campos, L.V., Uribe, M. & Aguirre J. (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. Recuperado de [http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/user\\_16/file/publicaciones/campos2008.pdf](http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/user_16/file/publicaciones/campos2008.pdf)
- Churchill, S. P. (1989). Bryologia Novo Granatensis. Studies on the moss flora of Colombia II. Further additions to Colombia and the Department of Antioquia. *Bryologist*, 130-133
- Churchill, S. P., & Linares, C. (1995). Prodrumus bryologiae novo-granatensis: introducción a la flora de musgos de Colombia CO-BAC, Santafé de Bogotá.
- Delgadillo, I., & Góngora, F, (2009). Colecciones biológicas: estrategias didácticas en la enseñanza-aprendizaje de la biología. *Biografía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 2(3), 131-140. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/317048724\\_Colecciones\\_Biologicas\\_Estrategias\\_didacticas\\_en\\_la\\_ensenanza-aprendizaje\\_de\\_la\\_Biologia\\_pag\\_131-140](https://www.researchgate.net/publication/317048724_Colecciones_Biologicas_Estrategias_didacticas_en_la_ensenanza-aprendizaje_de_la_Biologia_pag_131-140)
- Ferriol, M., & López, C, (2017). Ciclo de vida de los musgos. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/81343/Ferriol%3BL%C3%B3pez%20-%20Ciclo%20de%20vida%20de%20los%20musgos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Florschütz-de Waard, J., & Florschütz, P. A. (1979). Estudios sobre criptógamas Colombianas III. *Lista comentada de los musgos de Colombia. Bryologist*,(82), 669-678.

Giordani, P., Incerti, G., Rizzi, G., Rellini, I., Nimis, P. L., & Modenesi, P. (2014). Functional traits of cryptogams in Mediterranean ecosystems are driven by water, light and substrate interactions. *Journal of Vegetation Science*, 25(3), 778-792.

Guzmán, C. L., & Esquivel, H. E. (2016). Diversidad y claves de los musgos del páramo de Anaime, Cajamarca (Tolima-Colombia). *Magazine of the Colombian Association of Biological Sciences*, 1(28), 35-45. Recuperado de <http://www.asociacioncolombianadecienciasbiologicas.org/ojs/index.php/accb/article/view/123>

Hyvönen, J. (2012). Australian Mosses Online. 48. Polytrichaceae. [http://www.anbg.gov.au/abrs/Mosses\\_online/Polytrichaceae.pdf](http://www.anbg.gov.au/abrs/Mosses_online/Polytrichaceae.pdf)

Morales C., Ospino J., Jiménez Vásquez J., Berbén Henríquez A. & Negritto A. (2017). BRIÓFITOS: UN MUNDO EN MINIATURA. INFOFLORA. Boletín de botánica V1. Universidad del Magdalena. Recuperado de [https://www.unimagdalena.edu.co/Content/Public/Docs/Entrada\\_Facultad3/adjunto\\_1029-20181004104040\\_495.pdf](https://www.unimagdalena.edu.co/Content/Public/Docs/Entrada_Facultad3/adjunto_1029-20181004104040_495.pdf)

Pando, F., Fernández, J., Ortega, M., Lujano, M., Balmori, F., Encinas, M., (2006). ZOOBAR (2.1): Una aplicación de bases de datos para gestión de Colecciones Naturales. Recuperado de <http://www.gbif.es/zoobar/zoobar.php>

Plascencia, R. L., Barrientos, A. C., & Guzmán, A., (2013). La biodiversidad en México, su conservación y las colecciones biológicas. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. Recuperado de <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

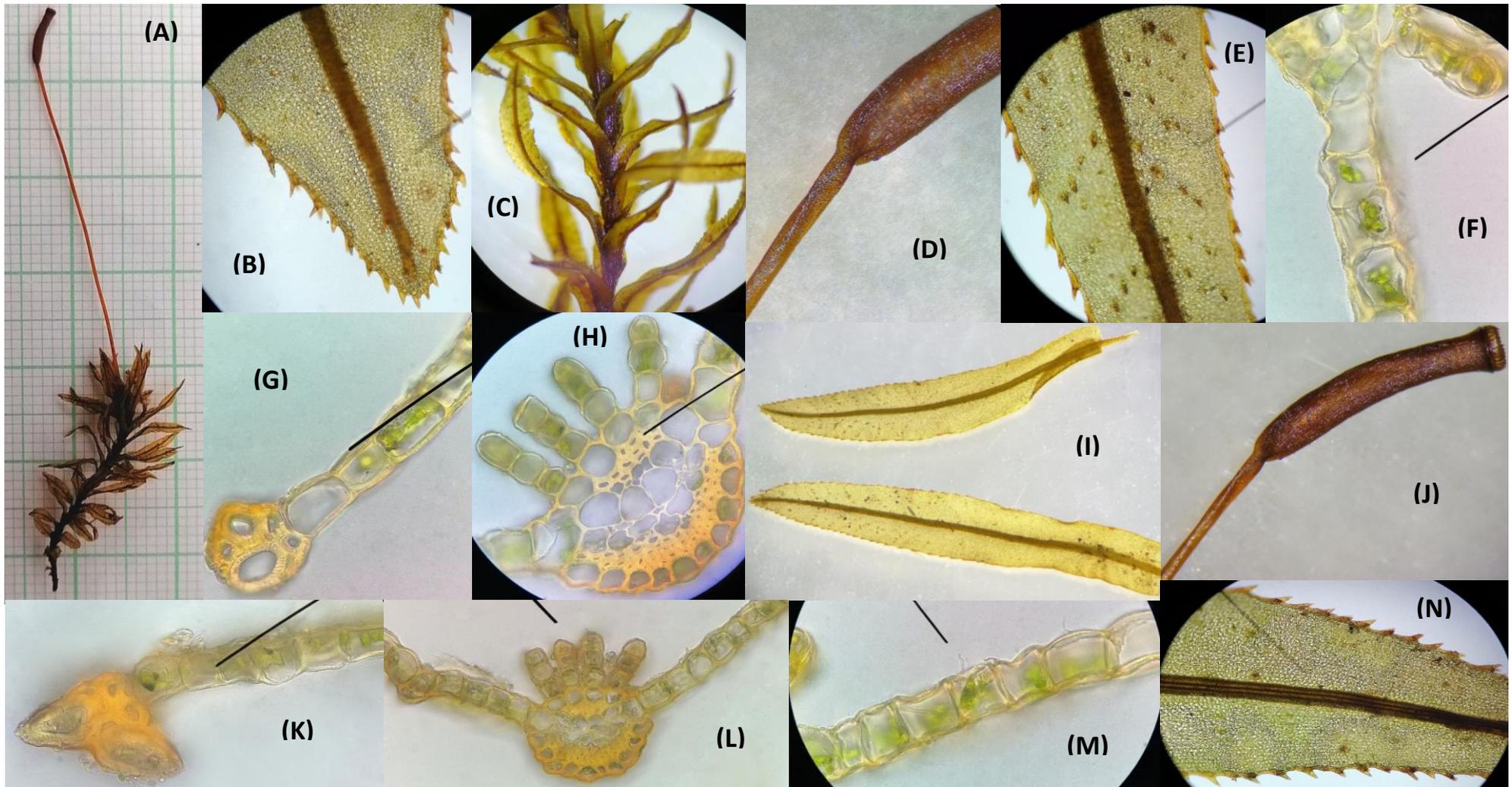
Schaefer, D. G., & Zryd, J. P. (2001). The moss *Physcomitrella patens*, now and then. *Plant physiology*, 127(4), 1430-1438. Recuperado de <http://www.plantphysiol.org/content/127/4/1430>

Simmons, J.E., & Muñoz Y., (2005). Cuidado, Manejo y Conservación de las Colecciones Biológicas. Serie Manuales de Campo de Conservación Internacional Colombia, No. 1, Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Fondo para la Acción Ambiental, Panamericana formas e Impresos S.A.,

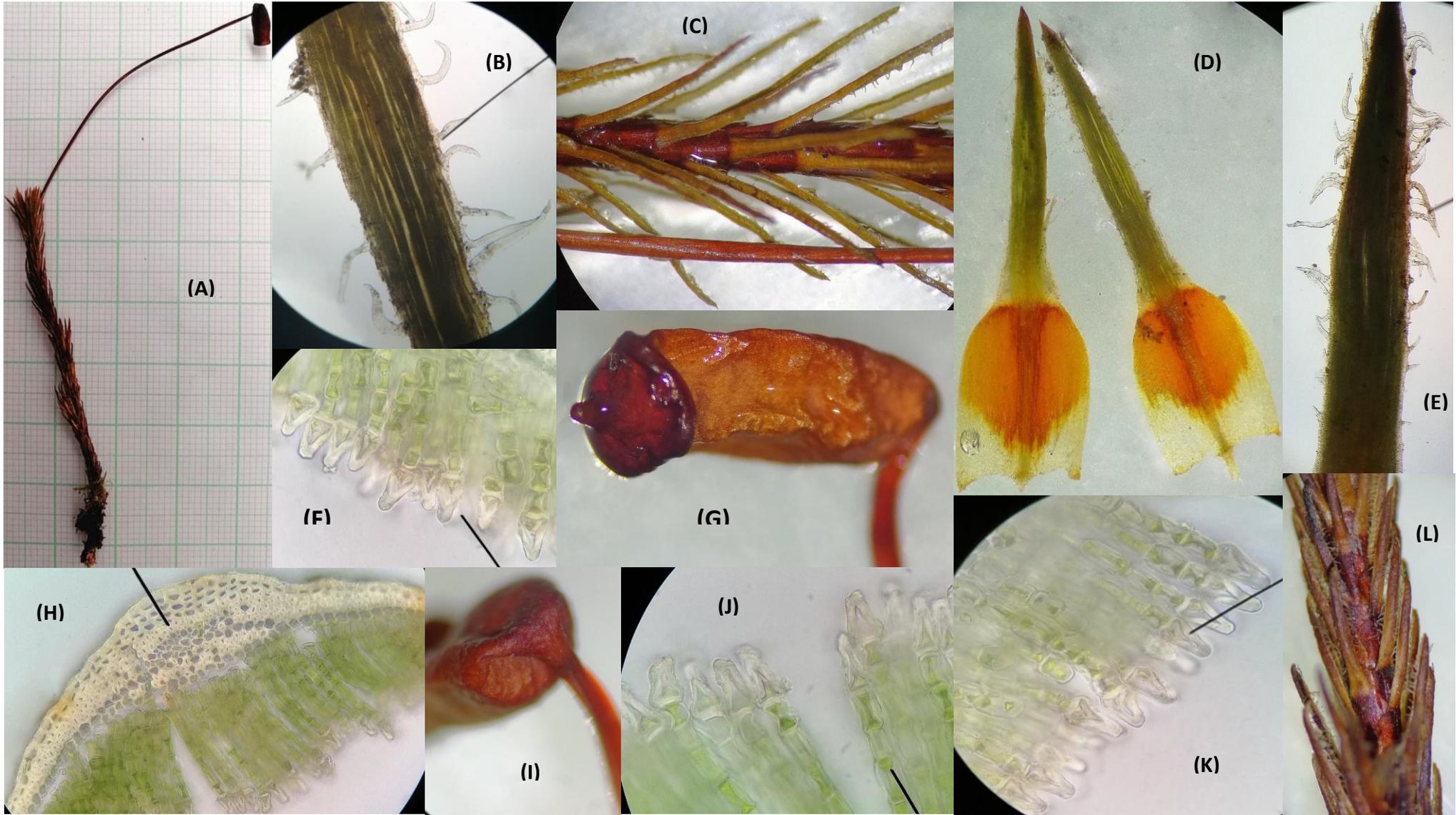
Bogotá D.C., Colombia, 288p. Recuperado de [http://www.ibiologia.unam.mx/pdf/directorio/c/cervantes/clases/sistem/Cuidado\\_Manejo\\_y\\_Conservacion\\_de\\_las\\_Colecciones\\_Biologicas.pdf](http://www.ibiologia.unam.mx/pdf/directorio/c/cervantes/clases/sistem/Cuidado_Manejo_y_Conservacion_de_las_Colecciones_Biologicas.pdf)

Trujillo, E. T., Triviño, P. A. V., & Fajardo, L. V. S. (2014). Clasificación, manejo y conservación de colecciones biológicas: una mirada a su importancia para la biodiversidad. *Momentos de Ciencia*, 11(2). Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/305682393\\_Clasificacion\\_manejo\\_y\\_conservacion\\_de\\_colecciones\\_biologicas\\_una\\_mirada\\_a\\_su\\_importancia\\_para\\_la\\_biodiversidad](https://www.researchgate.net/publication/305682393_Clasificacion_manejo_y_conservacion_de_colecciones_biologicas_una_mirada_a_su_importancia_para_la_biodiversidad)

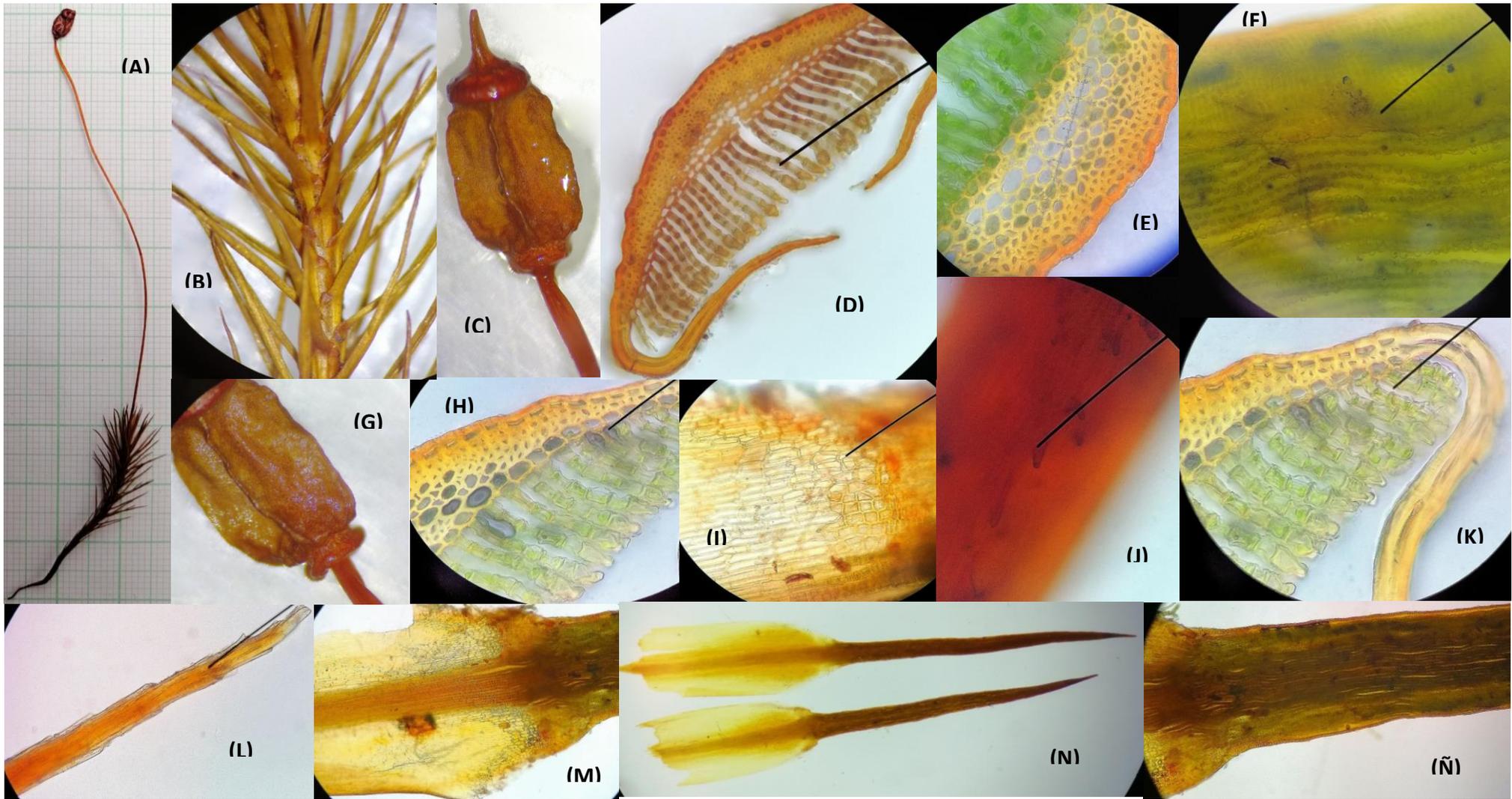
## Figuras



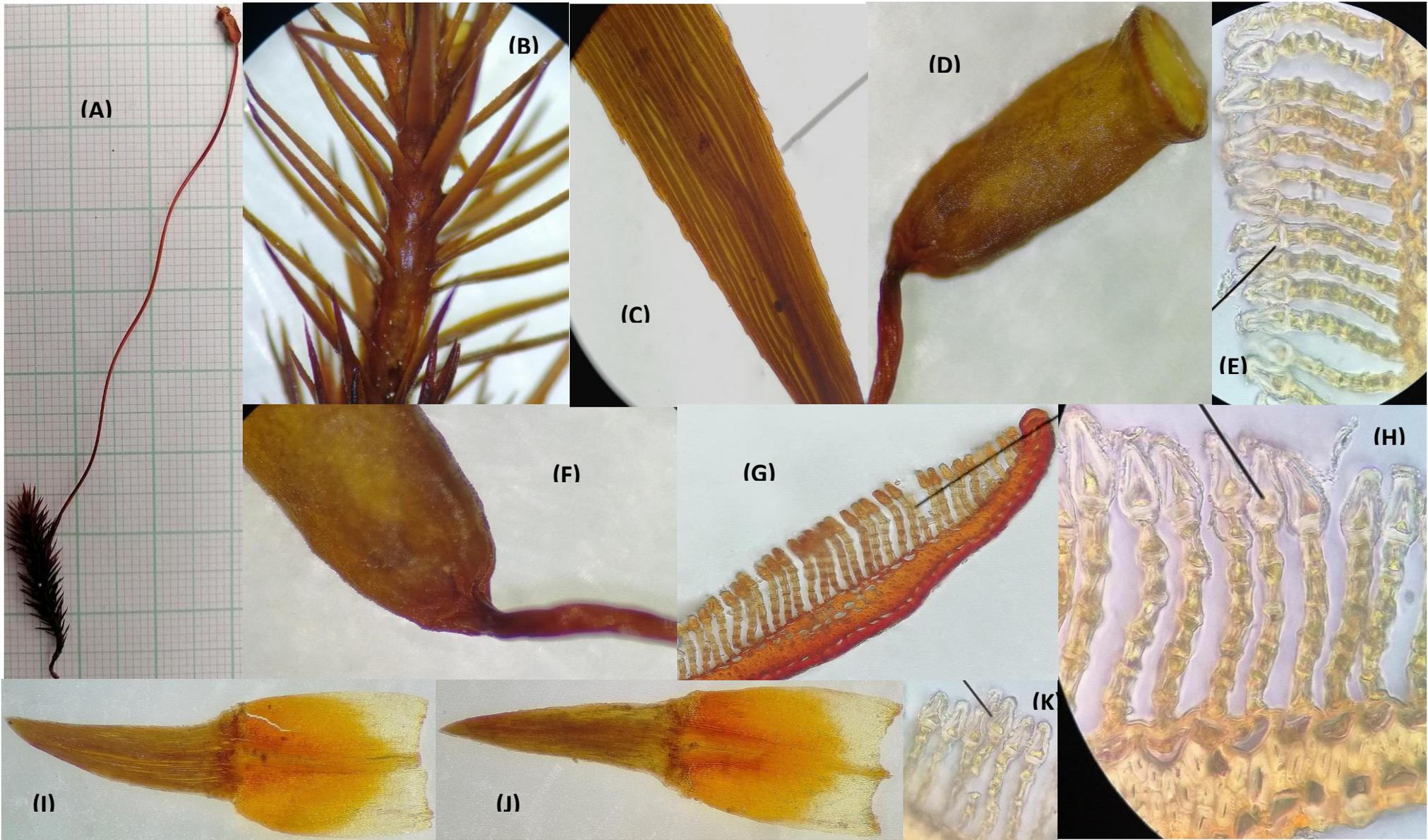
**Fig 1.** *Atrichum androgynum* (Müll. Hal) Jaeger. (A) Vista general, (B) Detalle del ápice del filidio, (C) Detalle inserción de filidios, (D) Detalle parte basal de la capsula, (E) Detalle parte dorsal del filidio, (F & M) Detalle células del filidio en corte trasversal, (G & K) detalle de los extremos en corte trasversal, (H) Detalle parte central del filidio, (I) Vista general de los filidios, (J) Detalle de la capsula, (L) Detalle de corte trasversal, (N) Detalle parte ventral del filidio



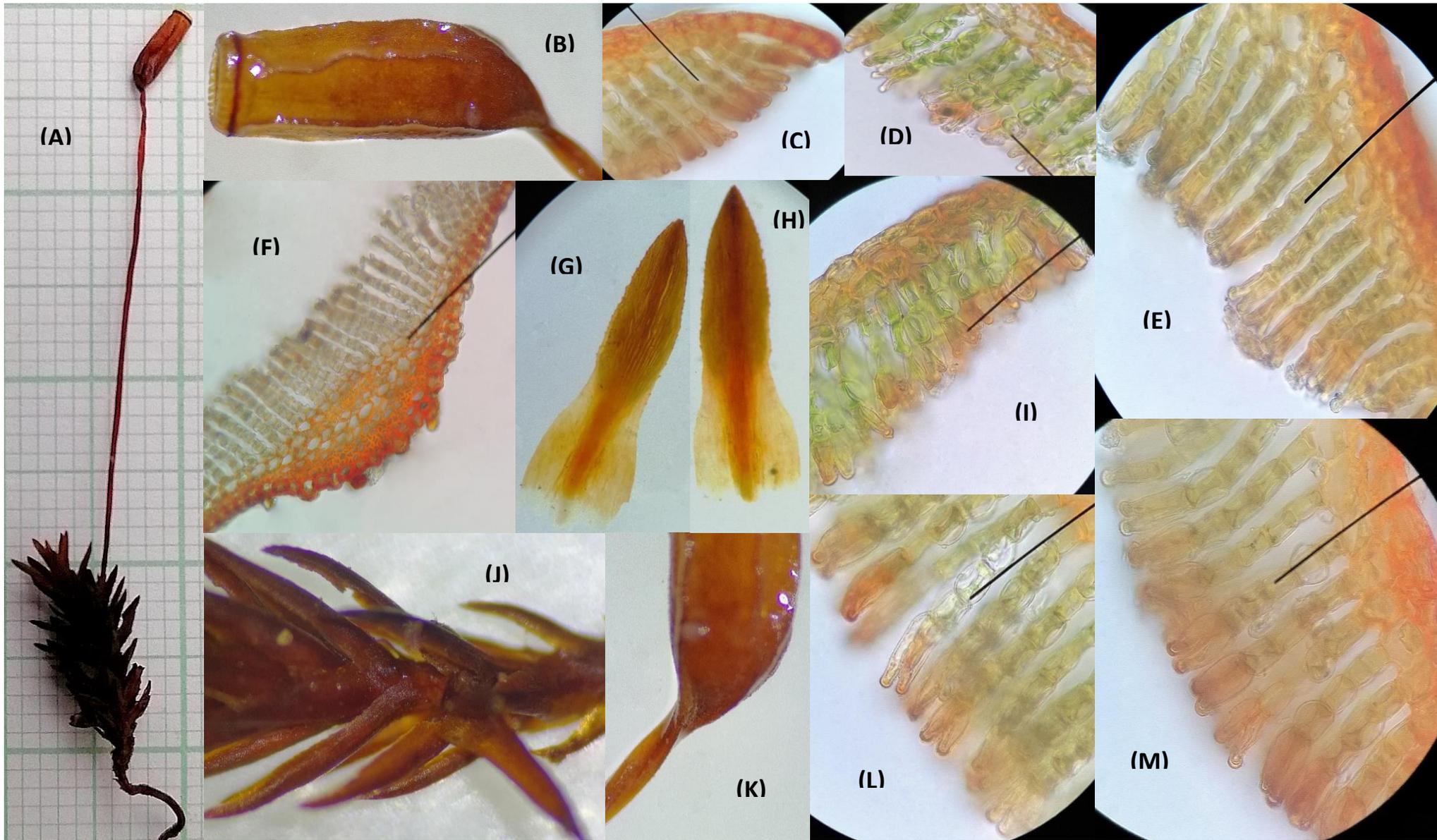
**Fig 2.** *Polytrichadelphus ciliatus* (Hook. & Wilson) Mitt. (A) Vista general, (B) Detalle del margen del filidio, (C & L) Detalle inserción de filidios, (D) Vista general de los filidios, (E) Detalle parte ventral del filidio, (F, J & K) Detalle célula apical, (G) Detalle de la capsula, (H) Detalle parte central del filidio, (I) Detalle parte basal de la cápsula.



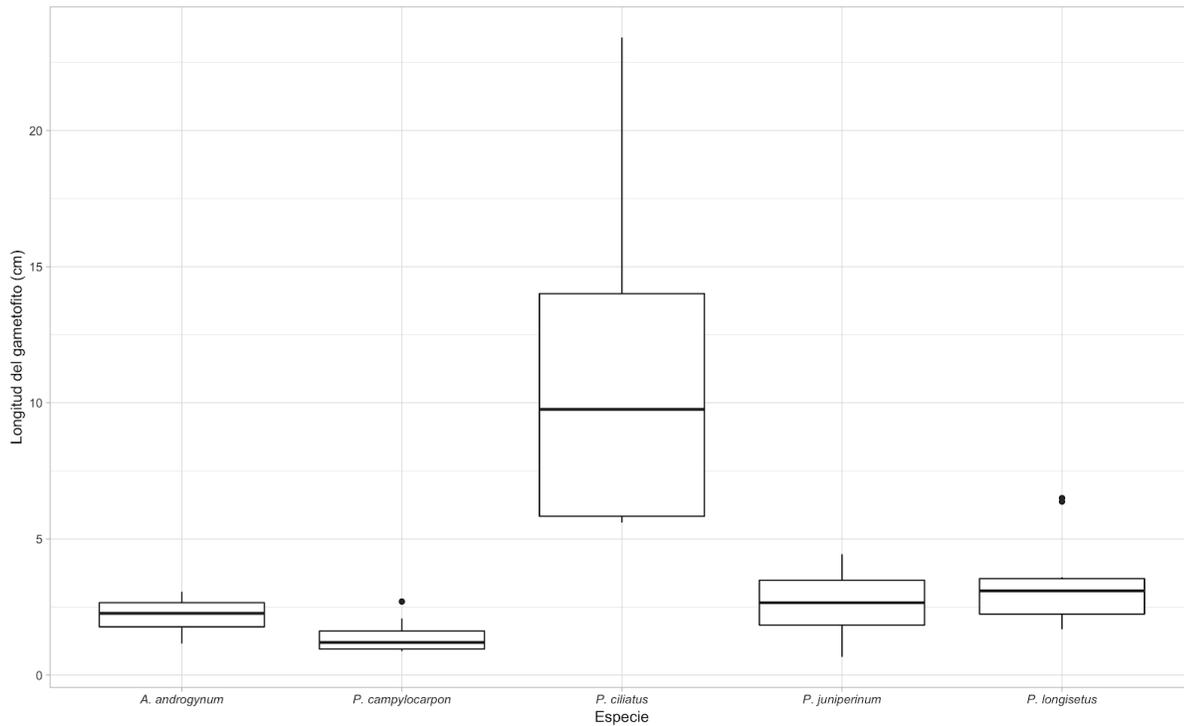
**Fig 3.** *Polytrichum juniperinum* Hedw. (A) Vista general, (B) Detalle inserción de filidios, (C) Detalle de la capsula, (D) Detalle corte transversal del filio, (E) Detalle parte ventral del filidio, (F & Ñ) Detalle de la parte ventral del filidio, (G) Detalle parte basal de la capsula, (H & K) Detalle celula apical, (I) Detalle células basales del filidio, (J) Detalle parte dorsal del filidio, (L). Detalle del apice del filidio, (M) Detalle de la parte basal del filidio (N) Vista general de los filidios



**Fig 4.** *Polytrichadelphus longisetus* (Brid.) Mitt. (A) Vista general, (B) Detalle inserción de filidios, (C) Detalle parte ventral del filidio, (D) Detalle de la capsula, (E, H & K) Detalle célula apical, (F) Detalle parte basal de la capsula, (G) Detalle corte trasversal del filidio, (I) Vista ventral general del filidio, (J) Vista dorsal general del filidio.



**Fig 5.** *Pogonatum campylocarpon* (Müll.Hal.) Mitt. (A) Vista general, (B) Detalle de la cápsula, (C, D, E, I, L & M) Detalle célula apical, (F) Detalle corte trasversal del filidio, (G) Vista ventral general del filidio, (H) Vista dorsal general del filidio. (J) Detalle inserción de filidios, (K) Detalle parte basal de la cápsula



```
> kruskal.test(rasgos$`Long. Gametofito` ~ rasgos$Especie_resumido, data = rasgos)
```

Kruskal-Wallis rank sum test

data: rasgos\$`Long. Gametofito` by rasgos\$Especie\_resumido  
Kruskal-Wallis chi-squared = 32.944, df = 4, p-value = 1.226e-06

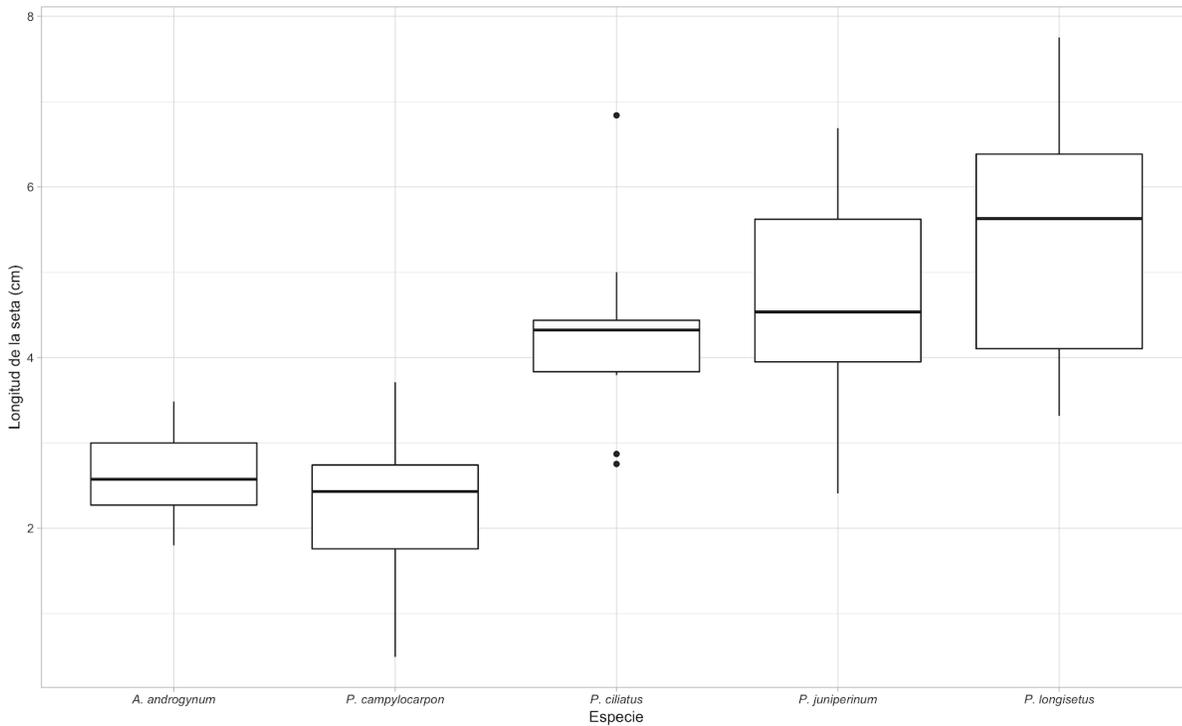
```
> pairwise.wilcox.test(x = rasgos$`Long. Gametofito`, g = rasgos$Especie_resumido, p.adjust.method = "holm")
```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test

data: rasgos\$`Long. Gametofito` and rasgos\$Especie\_resumido

	A. androgynum	P. campylocarpon	P. ciliatus	P. juniperinum
P. campylocarpon	0.03975	-	-	-
P. ciliatus	8.7e-05	5.1e-05	-	-
P. juniperinum	0.70423	0.03975	1.7e-05	-
P. longisetus	0.26763	0.00075	0.00435	0.70423

**Fig 6.** Relación del carácter Longitud del gametofito en relación con cada una de las especies evaluadas, bajo la aplicación el método estadístico de Kruskal-Wallis y wilcox, con sus respectivos valores de resultados.



```
> kruskal.test(rasgos$`Long. Seta` ~ rasgos$Especie_resumido, data = rasgos)
```

Kruskal-Wallis rank sum test

```
data: rasgos$`Long. Seta` by rasgos$Especie_resumido
Kruskal-Wallis chi-squared = 31.446, df = 4, p-value = 2.483e-06
```

```
> pairwise.wilcox.test(x = rasgos$`Long. Seta`, g = rasgos$Especie_resumido, p.adjust.method = "holm")
```

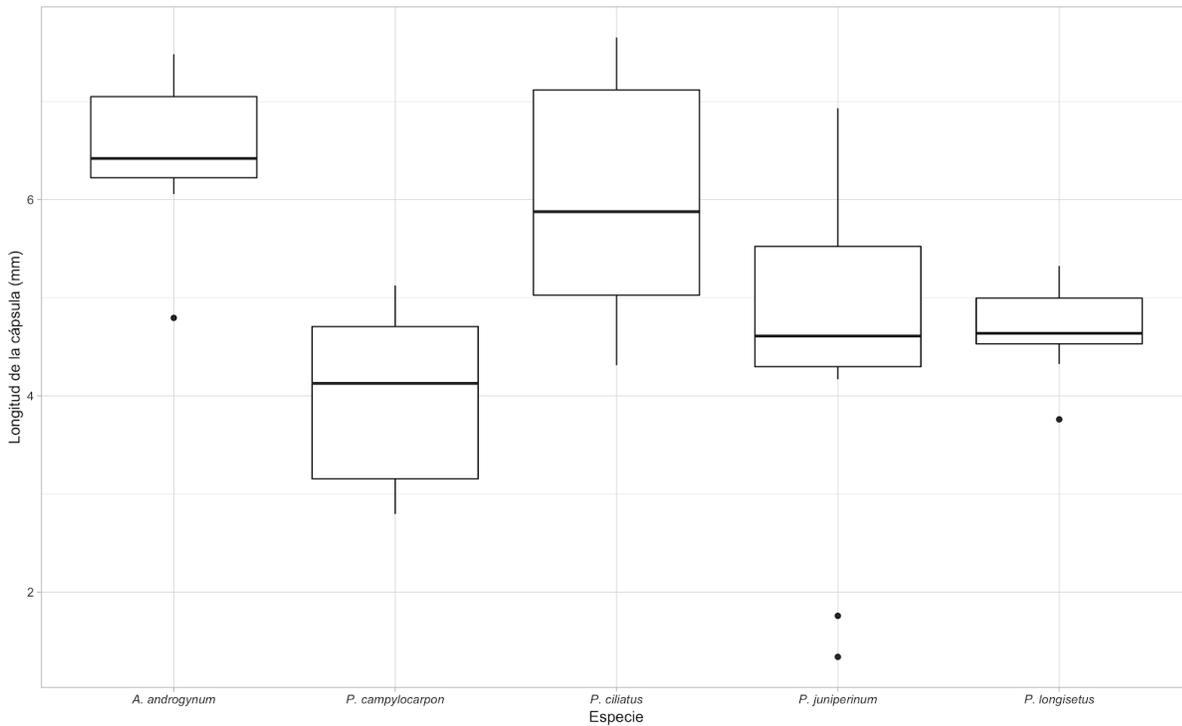
Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test

```
data: rasgos$`Long. Seta` and rasgos$Especie_resumido
```

	<i>A. androgynum</i>	<i>P. campylocarpon</i>	<i>P. ciliatus</i>	<i>P. juniperinum</i>
<i>P. campylocarpon</i>	0.79251	-	-	-
<i>P. ciliatus</i>	0.00363	0.00086	-	-
<i>P. juniperinum</i>	0.00319	0.00319	0.79251	-
<i>P. longisetus</i>	0.00039	0.00023	0.42049	0.79251

P value adjustment method: holm

**Fig 7.** Relación del carácter Longitud de la seta en relación con cada una de las especies evaluadas, bajo la aplicación el método estadístico de Kruskal-Wallis y wilcox, con sus respectivos valores de resultados.



```
> kruskal.test(rasgos$`Long. Capsula (mm)` ~ rasgos$Especie_resumido, data = rasgos)

Kruskal-Wallis rank sum test

data:  rasgos$`Long. Capsula (mm)` by rasgos$Especie_resumido
Kruskal-Wallis chi-squared = 25.925, df = 4, p-value = 3.277e-05

> pairwise.wilcox.test(x = rasgos$`Long. Capsula (mm)` , g = rasgos$Especie_resumido, p.adjust.method = "holm")

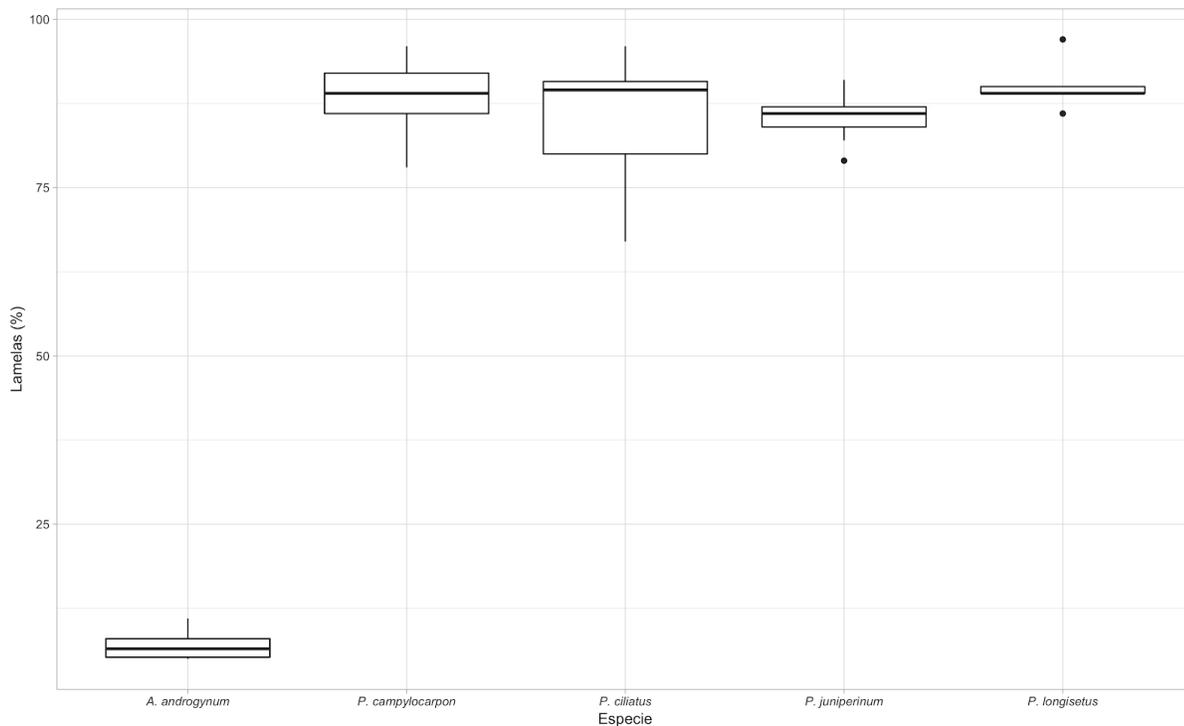
Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test

data:  rasgos$`Long. Capsula (mm)` and rasgos$Especie_resumido

          A. androgynum P. campylocarpon P. ciliatus P. juniperinum
P. campylocarpon 0.00023      -              -              -
P. ciliatus      1.00000      0.00304      -              -
P. juniperinum   0.00329      0.83000      0.08888      -
P. longisetus    0.00068      0.45786      0.06082      1.00000

P value adjustment method: holm
```

**Fig 8.** Relación del carácter Longitud de la cápsula en relación con cada una de las especies evaluadas, bajo la aplicación el método estadístico de Kruskal-Wallis y wilcox, con sus respectivos valores de resultados.



```
> kruskal.test(rasgos$`% lamelas` ~ rasgos$Especie_resumido, data = rasgos)
```

Kruskal-Wallis rank sum test

```
data: rasgos$`% lamelas` by rasgos$Especie_resumido
Kruskal-Wallis chi-squared = 28.378, df = 4, p-value = 1.046e-05
```

```
> pairwise.wilcox.test(x = rasgos$`% lamelas`, g = rasgos$Especie_resumido, p.adjust.method = "holm")
```

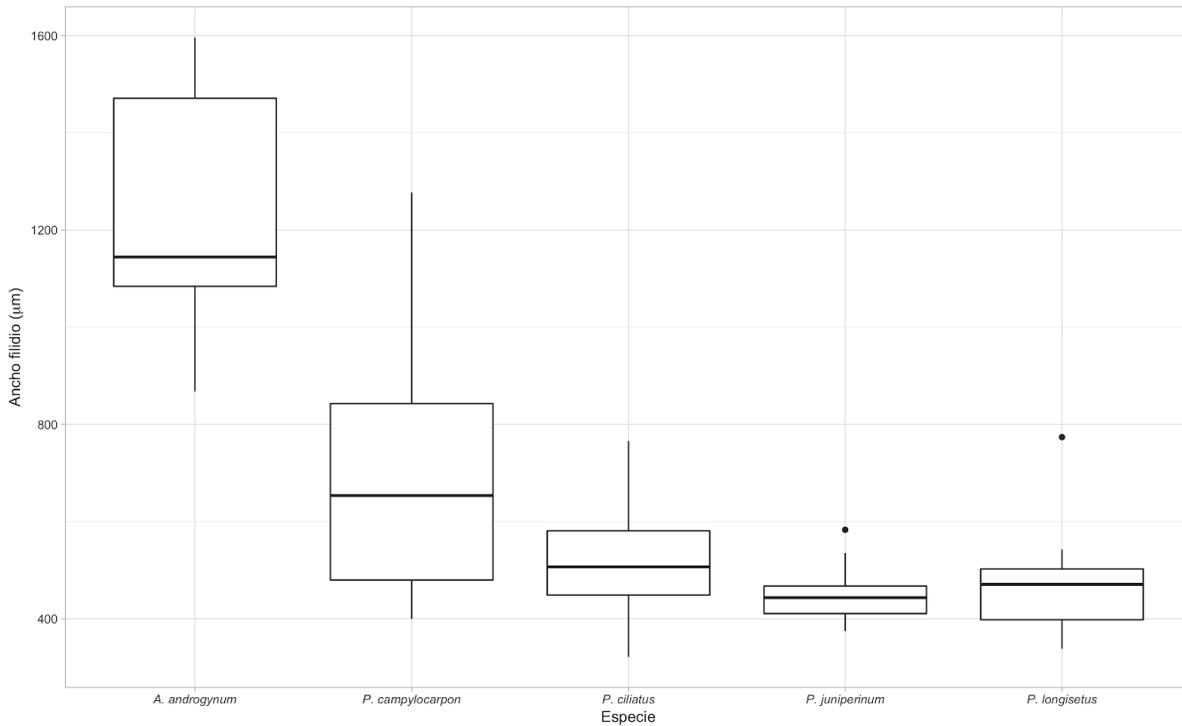
Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test

```
data: rasgos$`% lamelas` and rasgos$Especie_resumido
```

	A. androgynum	P. campylocarpon	P. ciliatus	P. juniperinum
P. campylocarpon	0.00107	-	-	-
P. ciliatus	0.00123	1.00000	-	-
P. juniperinum	0.00061	0.61450	1.00000	-
P. longisetus	0.00123	1.00000	1.00000	0.01561

P value adjustment method: holm

**Fig 9.** Relación del carácter porcentaje de lamelas cubriendo el filidio en relación con cada una de las especies evaluadas, bajo la aplicación el método estadístico de Kruskal-Wallis y wilcox, con sus respectivos valores de resultados.



```
> kruskal.test(rasgos$`Log T- um` ~ rasgos$Especie_resumido, data = rasgos)
```

Kruskal-Wallis rank sum test

```
data: rasgos$`Log T- um` by rasgos$Especie_resumido
Kruskal-Wallis chi-squared = 28.771, df = 4, p-value = 8.701e-06
```

```
> pairwise.wilcox.test(x = rasgos$`Log T- um`, g = rasgos$Especie_resumido, p.adjust.method = "holm")
```

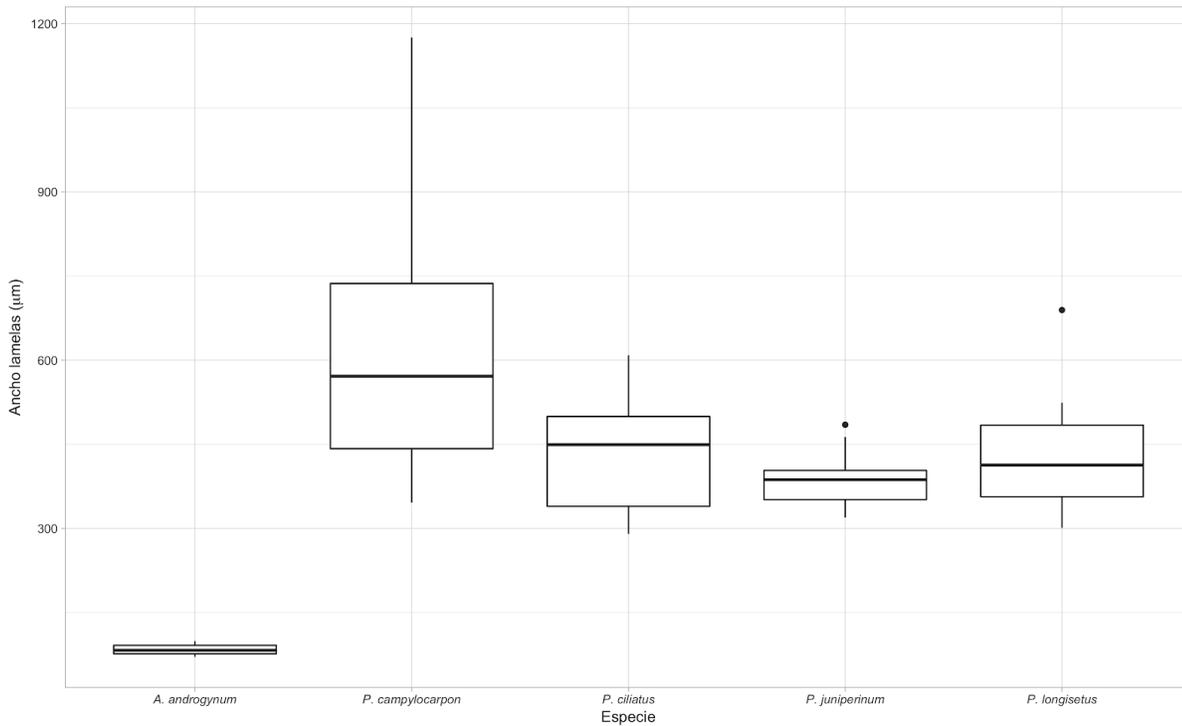
Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test

```
data: rasgos$`Log T- um` and rasgos$Especie_resumido
```

	<i>A. androgynum</i>	<i>P. campylocarpon</i>	<i>P. ciliatus</i>	<i>P. juniperinum</i>
<i>P. campylocarpon</i>	0.0039	-	-	-
<i>P. ciliatus</i>	9.7e-05	0.5285	-	-
<i>P. juniperinum</i>	1.7e-05	0.0290	0.5285	-
<i>P. longisetus</i>	9.7e-05	0.1785	0.9625	0.9625

P value adjustment method: holm

**Fig 10.** Relación del carácter ancho del filidio en relación con cada una de las especies evaluadas, bajo la aplicación el método estadístico de Kruskal-Wallis y wilcox, con sus respectivos valores de resultados.



```
> kruskal.test(rasgos$`Log L- um` ~ rasgos$Especie_resumido, data = rasgos)

Kruskal-Wallis rank sum test

data: rasgos$`Log L- um` by rasgos$Especie_resumido
Kruskal-Wallis chi-squared = 29.982, df = 4, p-value = 4.935e-06

> pairwise.wilcox.test(x = rasgos$`Log L- um`, g = rasgos$Especie_resumido, p.adjust.method = "holm")

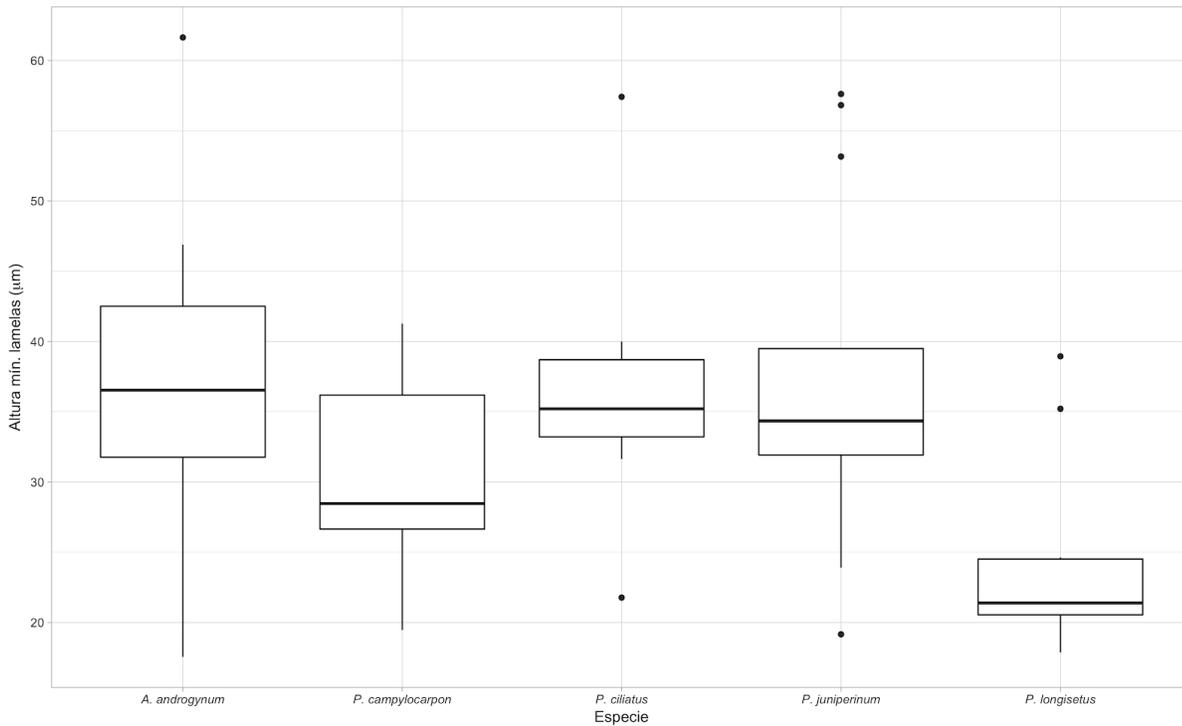
Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test

data: rasgos$`Log L- um` and rasgos$Especie_resumido

          A. androgynum P. campylocarpon P. ciliatus P. juniperinum
P. campylocarpon 5.1e-05 -                -                -
P. ciliatus      8.7e-05 0.338           -                -
P. juniperinum  1.7e-05 0.029           0.852           -
P. longisetus   8.7e-05 0.215           0.971           0.852

P value adjustment method: holm
```

**Fig 11.** Relación del carácter ancho de las lamelas en relación con cada una de las especies evaluadas, bajo la aplicación el método estadístico de Kruskal-Wallis y wilcox, con sus respectivos valores de resultados.



```
> kruskal.test(rasgos$`Alt. Lamelas min.` ~ rasgos$Especie_resumido, data = rasgos)

Kruskal-Wallis rank sum test

data: rasgos$`Alt. Lamelas min.` by rasgos$Especie_resumido
Kruskal-Wallis chi-squared = 11.915, df = 4, p-value = 0.018

> pairwise.wilcox.test(x = rasgos$`Alt. Lamelas min.` , g = rasgos$Especie_resumido, p.adjust.method = "holm")

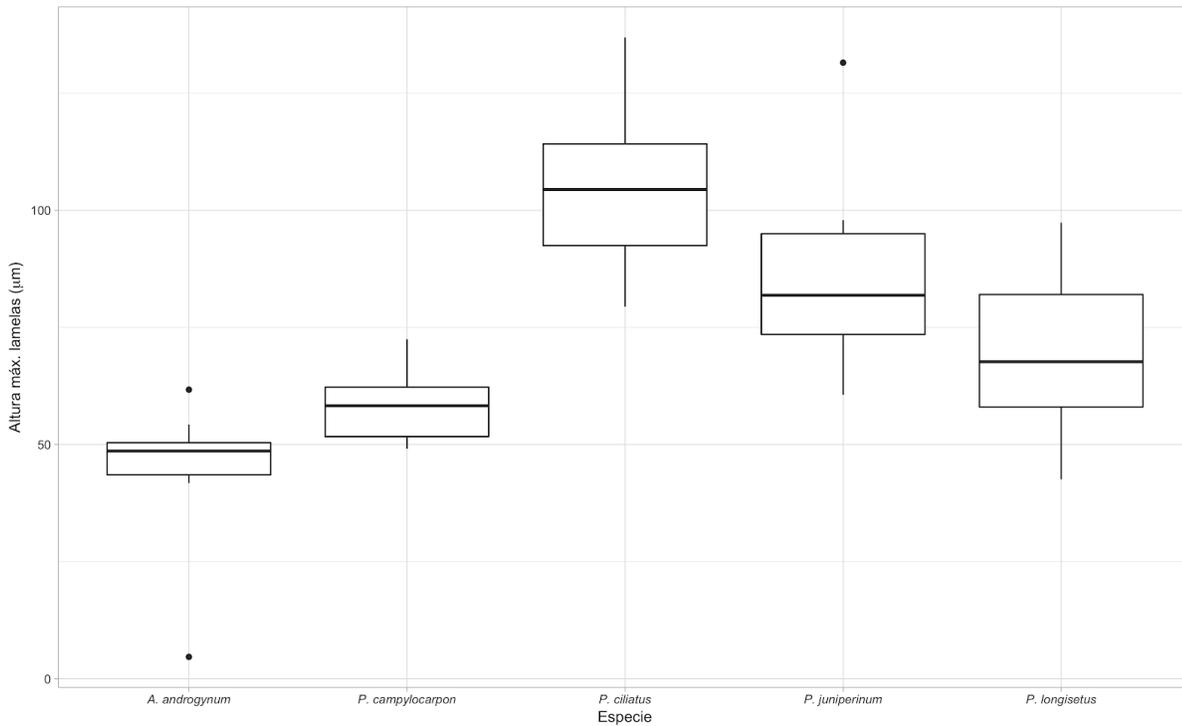
Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test

data: rasgos$`Alt. Lamelas min.` and rasgos$Especie_resumido

      A. androgynum P. campylocarpon P. ciliatus P. juniperinum
P. campylocarpon 0.507             -             -             -
P. ciliatus      1.000             0.661          -             -
P. juniperinum  1.000             1.000          1.000          -
P. longisetus   0.132             0.359          0.052          0.132

P value adjustment method: holm
```

**Fig 12.** Relación del carácter altura mínima de las lamelas en relación con cada una de las especies evaluadas, bajo la aplicación el método estadístico de Kruskal-Wallis y wilcox, con sus respectivos valores de resultados.



```
> kruskal.test(rasgos$`Alt. Lamelas max.` ~ rasgos$Especie_resumido, data = rasgos)

Kruskal-Wallis rank sum test

data: rasgos$`Alt. Lamelas max.` by rasgos$Especie_resumido
Kruskal-Wallis chi-squared = 36.988, df = 4, p-value = 1.811e-07

> pairwise.wilcox.test(x = rasgos$`Alt. Lamelas max.` , g = rasgos$Especie_resumido, p.adjust.method = "holm")

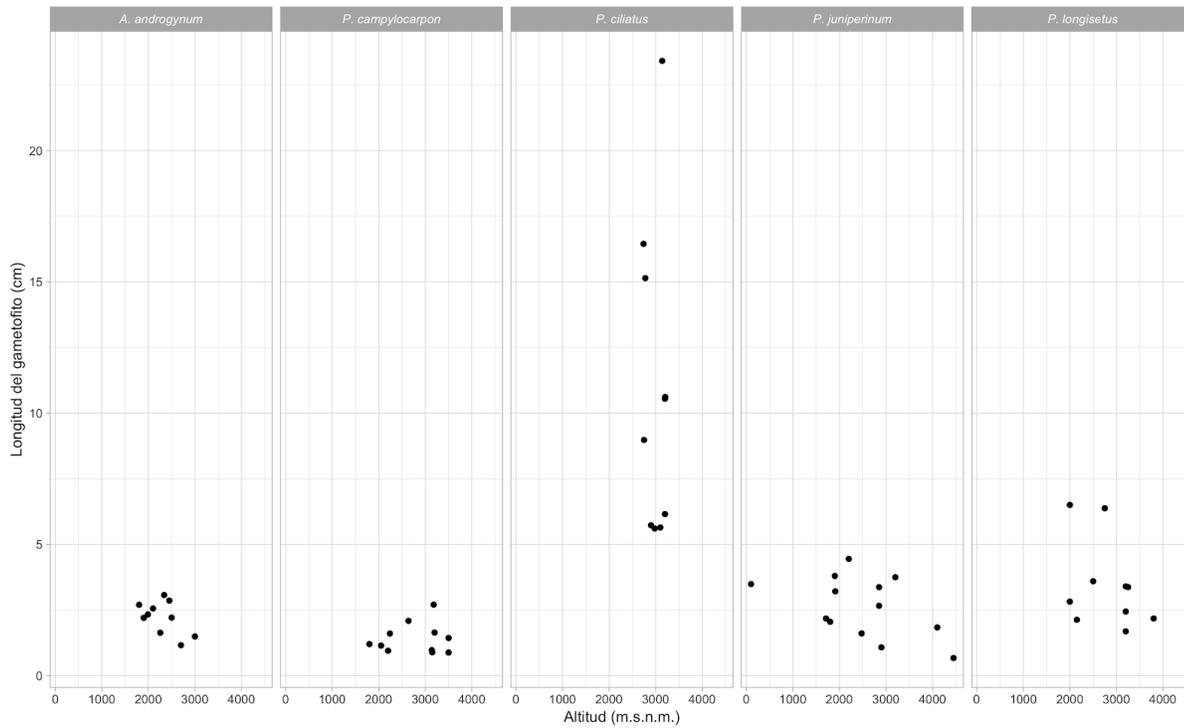
Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test

data: rasgos$`Alt. Lamelas max.` and rasgos$Especie_resumido

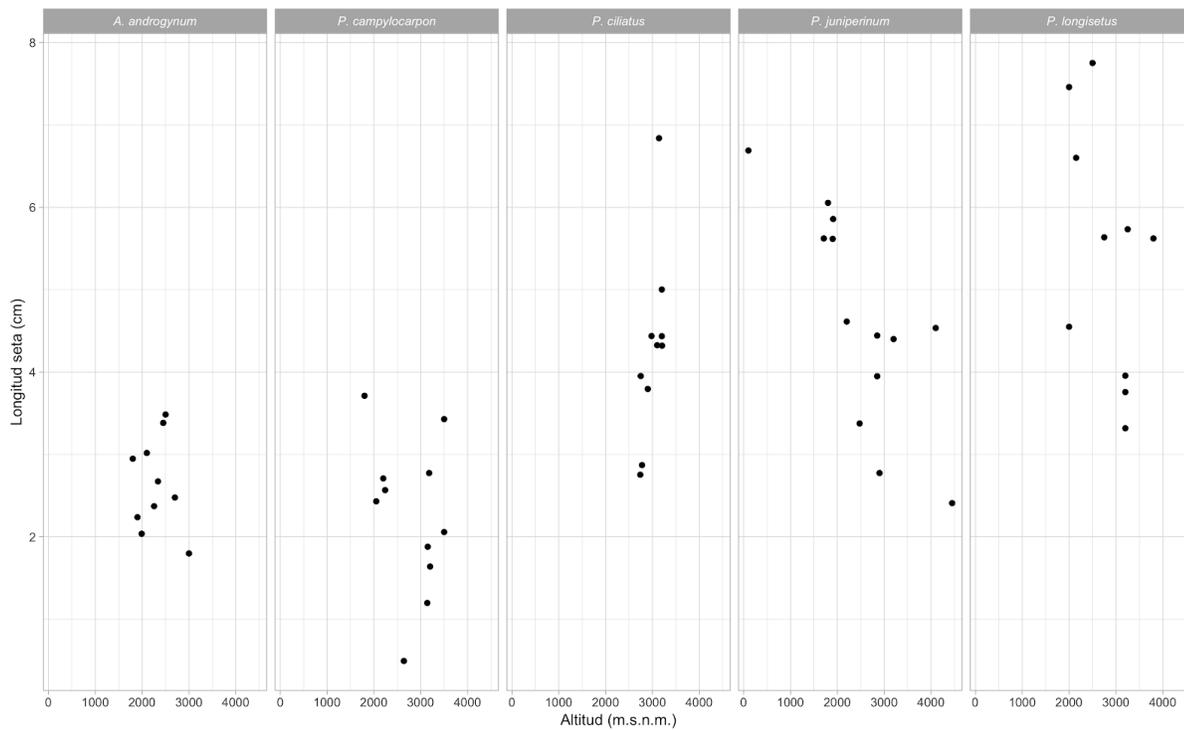
          A. androgynum P. campylocarpon P. ciliatus P. juniperinum
P. campylocarpon 0.01461      -            -            -
P. ciliatus      8.7e-05      5.1e-05      -            -
P. juniperinum   3.5e-05      0.00025     0.04413      -
P. longisetus    0.01440      0.17659     0.00435     0.17659

P value adjustment method: holm
```

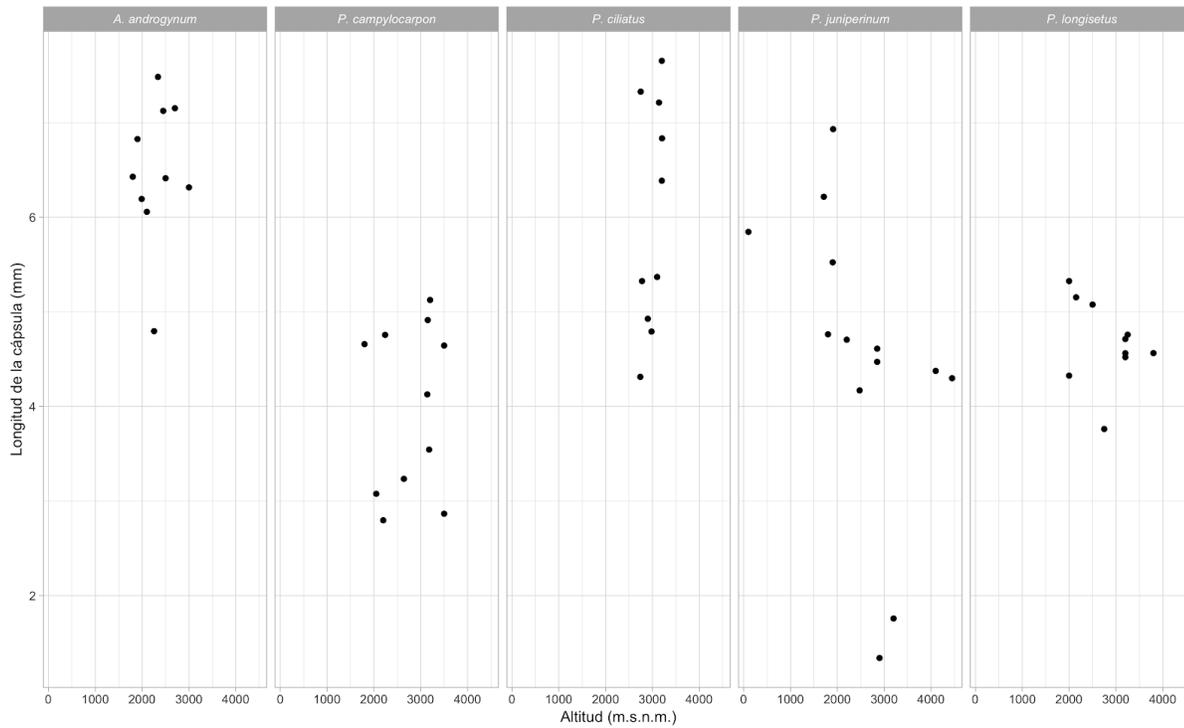
**Fig 13.** Relación del carácter altura máxima de las lamelas en relación con cada una de las especies evaluadas, bajo la aplicación el método estadístico de Kruskal-Wallis y wilcox, con sus respectivos valores de resultados.



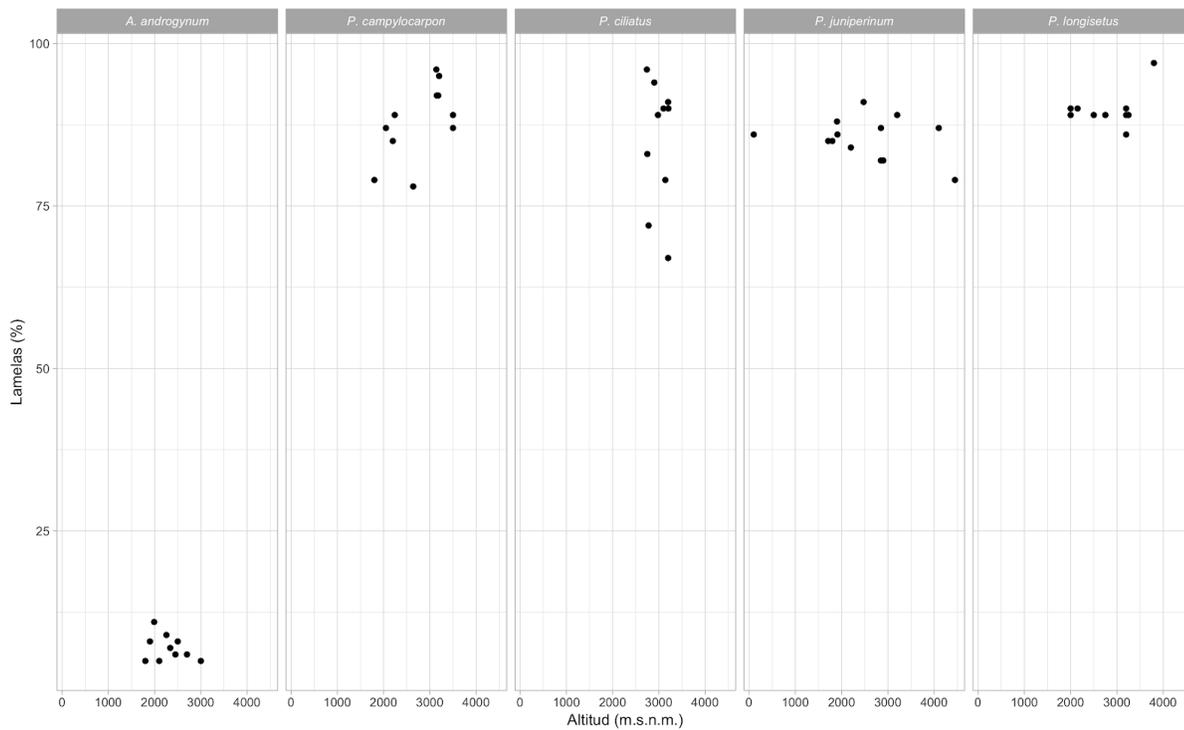
**Fig 14.** Relación del carácter longitud del gametofito en relación con las diferentes alturas para cada una de las especies evaluadas.



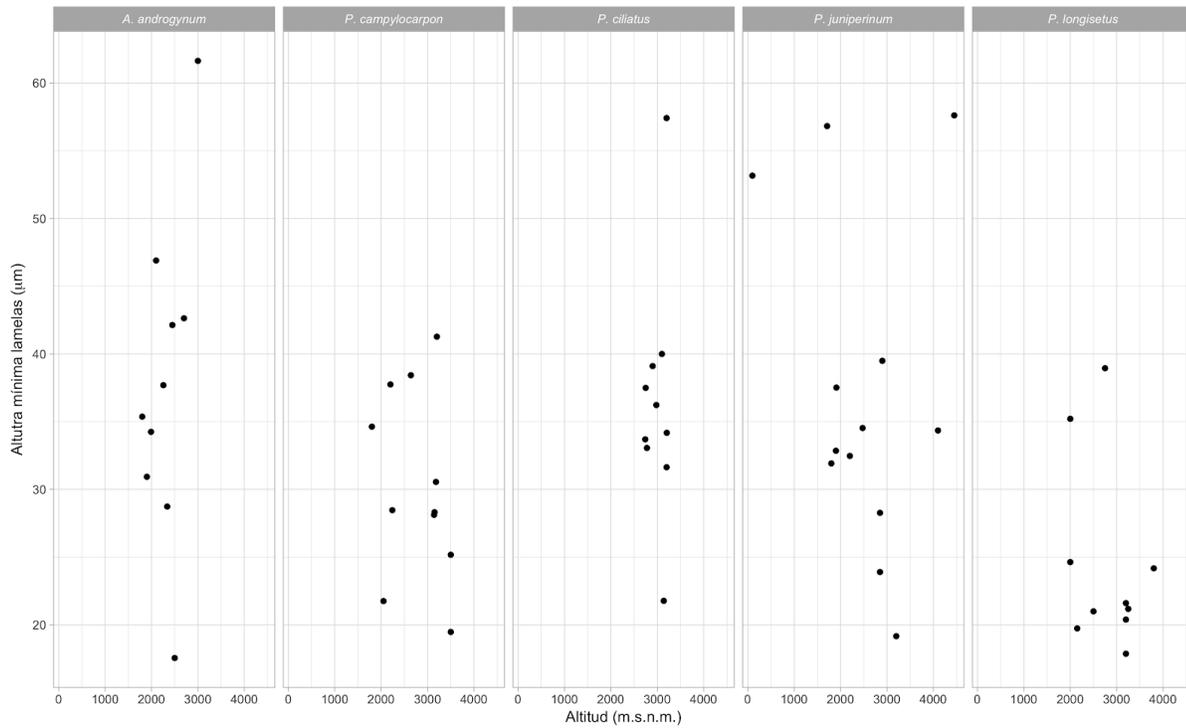
**Fig 15.** Relación del carácter longitud de la seta en relación con las diferentes alturas para cada una de las especies evaluadas.



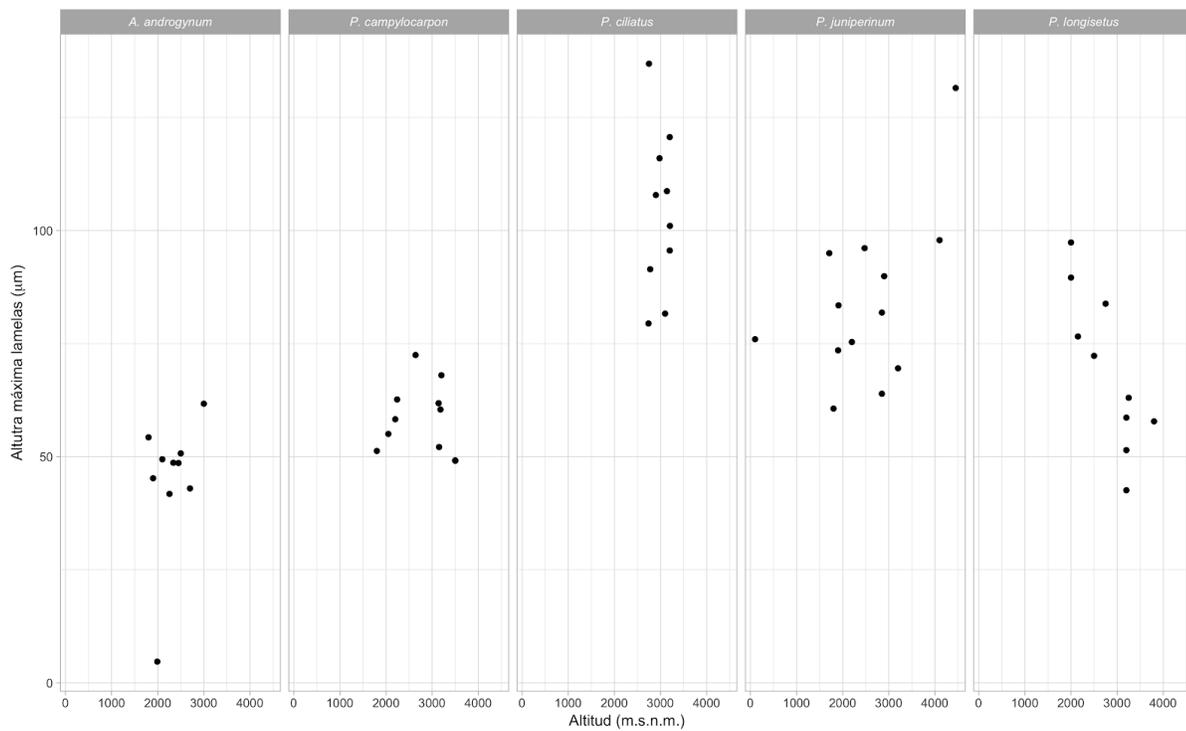
**Fig 16.** Relación del carácter longitud de la cápsula en relación con las diferentes alturas para cada una de las especies evaluadas.



**Fig 17.** Relación del carácter porcentaje de lamelas cubriendo el filidio en relación con las diferentes alturas para cada una de las especies evaluadas.



**Fig 18.** Relación del carácter altura mínima de lamelas en relación con las diferentes alturas para cada una de las especies evaluadas.



**Fig 19.** Relación del carácter altura máxima de lamelas en relación con las diferentes alturas para cada una de las especies evaluadas.

## Tablas

**Tabla 1.** Matriz de datos cuantitativos de posibles rasgos morfológicos para *Polytrichum juniperinum*.

Cod. ejemplar	Especie	Departamento	Altitud	L. Gamet (cm)	L. Seta (cm)	L. Cap (mm)	% lam.	Apofisis
HPUJ014991	P. juniperinum	Risaralda	2475	1,606	3,376	4,169	91	0,738
HPUJ015220	P. juniperinum	Cundinamarca	3200	3,748	4,401	1,758	89	0,447
HPUJ015252	P. juniperinum	Cundinamarca	2900	1,075	2,774	1,34	82	0,422
HPUJ015265	P. juniperinum	Quindio	1800	2,049	6,054	4,762	85	1,117
HPUJ015304	P. juniperinum	Boyacá	2850	3,368	4,443	4,61	82	1,352
HPUJ015314	P. juniperinum	Cundinamarca	2200	4,446	4,613	4,705	84	1,399
HPUJ015323	P. juniperinum	Boyacá	2850	2,659	3,95	4,471	87	0,746
Pino 739	P. juniperinum	Choco	100	3,485	6,69	5,845	86	1,846
Luter 7284	P. juniperinum	Valle del cauca	1910	3,208	5,858	6,931	86	0,931
Reenen 593	P. juniperinum	Risaralda	4450	0,67	2,409	4,298	79	0,546
Madefra 1148	P. juniperinum	Magdalena	4100	1,836	4,535	4,375	87	1,329
Uribe 2132	P. juniperinum	Nariño	1900	3,796	5,617	5,523	88	0,764
Urobe 3340	P. juniperinum	Santander	1710	2,175	5,622	6,216	85	1,337

**Tabla 2.** Matriz de datos cuantitativos de posibles rasgos morfológicos para *Pogonatum campylocarpon*

Cod. ejemplar	Especie	Departamento	Altitud	L. Gamet (cm)	L. Seta (cm)	L. Cap (mm)	Log T- $\mu\text{m}$	Log L- $\mu\text{m}$	% lam.
Churchill 18883	P. campylocarpon	Santander	2050	1,142	2,431	3,076	399,681	345,929	87
Griffin BB42	P. campylocarpon	Tolima	2640	2,084	0,493	3,234	564,231	442,832	78
Flor 3787	P. campylocarpon	Cundinamarca	3500	1,432	3,429	4,643	653,612	571,394	87
Muñoz 4767	P. campylocarpon	Nariño	3200	1,639	1,639	5,125	902,554	854,153	95
Uribe 4402	P. campylocarpon	Cundinamarca	1800	1,2	3,712	4,658	782,834	619,283	79
Churchill 17228	P. campylocarpon	Quindio	3140	0,971	1,197	4,127	933,049	891,329	96
Magdefra 1035	P. campylocarpon	Magdalena	2200	0,947	2,709	2,796	455,349	386,699	85
Cleef 9279	P. campylocarpon	Boyacá	3180	2,702	2,774	3,543	1277,02	1175,22	92
Churchill 13354	P. campylocarpon	Antioquia	3500	0,878	2,058	2,865	665,949	590,117	89
HPUJ015309	P. campylocarpon	Cundinamarca	3150	0,889	1,88	4,913	463,213	450,421	92
Aguirre 627	P. campylocarpon	Magdalena	2240	1,602	2,567	4,756	496,364	441,645	89

**Tabla 3.** Matriz de datos cuantitativos de posibles rasgos morfológicos para *Polytrichadelphus longisetus*

Cod. ejemplar	Especie	Departamento	Altitud	L. Gamet (cm)	L. Seta (cm)	L. Cap (mm)	Log T- $\mu\text{m}$	Log L- $\mu\text{m}$	% lam.
HPUJ015253	<i>P. longisetus</i>	Cundinamarca	3200	3,399	3,757	4,520	347,91	309,207	89
HPUJ015310	<i>P. longisetus</i>	Cundinamarca	3200	1,686	3,956	4,712	512,349	502,711	90
HPUJ015339	<i>P. longisetus</i>	Cundinamarca	3200	2,439	3,318	4,562	471,722	407,89	86
Yepes 620	<i>P. longisetus</i>	Cauca	3800	2,175	5,622	4,563	542,718	524,182	97
Magdefra 1105	<i>P. longisetus</i>	Magdalena	2150	2,126	6,601	5,153	383,973	344,984	90
Barbosa 2544	<i>P. longisetus</i>	Huila	2000	2,818	7,46	5,325	474,047	428,338	90
Aguirre 2912	<i>P. longisetus</i>	Boyacá	3250	3,371	5,734	4,758	338,317	301,174	89
Aguirre 3142	<i>P. longisetus</i>	Casanare	2000	6,501	4,55	4,325	441,37	391,131	89
Murillo 3521	<i>P. longisetus</i>	Valle del cauca	2500	3,593	7,752	5,076	469,953	418,01	89
Flor 4378	<i>P. longisetus</i>	Manizales	2750	6,374	5,636	3,761	773,865	689,333	89

**Tabla 4.** Matriz de datos cuantitativos de posibles rasgos morfológicos para *Polytrichadelphus ciliatus*

Cod. ejemplar	Especie	Departamento	Altitud	L. Gamet (cm)	L. Seta (cm)	L. Cap (mm)	Log T- $\mu\text{m}$	Log L- $\mu\text{m}$	% lam.
Churchil 17195	<i>P. ciliatus</i>	Quindio	3140	23,418	6,839	7,212	444,137	351,663	79
Churchil 18001	<i>P. ciliatus</i>	Cauca	2777	15,141	2,871	5,325	765,693	547,575	72
Churchil 15919	<i>P. ciliatus</i>	Nariño	3100	5,642	4,326	5,368	463,207	414,983	90
Churchil 13038	<i>P. ciliatus</i>	Antioquia	2740	16,448	2,754	4,312	522,002	500,977	96
Ramirez 5984	<i>P. ciliatus</i>	Nariño	3205	10,613	4,321	6,834	321,713	290,192	90
Echeverry 1333	<i>P. ciliatus</i>	Tolima	3200	10,545	4,436	6,386	491,761	331,09	67
Uribe 2149	<i>P. ciliatus</i>	Quindio	2980	5,602	4,438	4,791	541,501	483,509	89
Churchil 16841	<i>P. ciliatus</i>	Cauca	2750	8,975	3,952	7,327	594,338	495,385	83
Churchil 29269	<i>P. ciliatus</i>	Nariño	2900	5,728	3,795	4,926	355,594	335,506	94
Churchil 40779	<i>P. ciliatus</i>	Nariño	3200	6,152	5,002	7,653	666,983	608,548	91

**Tabla 5.** Matriz de datos cuantitativos de posibles rasgos morfológicos para *Atrichum androgynum*

Cod. ejemplar	Especie	Departamento	Altitud	L. Gamet (cm)	L. Seta (cm)	L. Cap (mm)	Log T- $\mu\text{m}$	Log L- $\mu\text{m}$	% lam.
Ramirez 2392	<i>A. androgynum</i>	Nariño	2450	2,856	3,383	7,124	1117,5	71,059	6
Churchil 13196	<i>A. androgynum</i>	Antioquia	2338	3,068	2,673	7,483	1073,626	75,766	7
Madefra 1253	<i>A. androgynum</i>	Magdalena	1900	2,199	2,238	6,826	1028,791	83,502	8
Rudas 538	<i>A. androgynum</i>	Risaralda	2500	2,208	3,485	6,412	1171,215	96,706	8
Churchil 15129	<i>A. androgynum</i>	Valle del cauca	1990	2,328	2,037	6,193	867,758	93,79	11
Linares 10540	<i>A. androgynum</i>	Cundinamarca	2100	2,556	3,018	6,057	1546,003	82,155	5
Reenen 1977	<i>A. androgynum</i>	Tolima	2700	1,156	2,477	7,152	1245,928	72,234	6
Castillo 2598	<i>A. androgynum</i>	Huila	1800	2,697	2,948	6,428	1596,051	78,901	5
Bolaños 527	<i>A. androgynum</i>	Cauca	2255	1,631	2,372	4,795	1115,137	99,141	9
Linares 10248	<i>A. androgynum</i>	Boyacá	3000	1,491	1,799	6,315	1547,41	84,99	5

**Tabla 6.** Matriz de datos cualitativos de posibles rasgos morfológicos para *Polytrichum juniperinum*.

Cod. ejemplar	Especie	Departamento	Altitud	Insercion filidios	Forma capsula	Filidios	M. Filidio	Cel. Apical
HPUJ014991	P. juniperinum	Risaralda	2475	Erecto-adpresa	4- agulada	Deltoides V/L	Involuto	Piriformes
HPUJ015220	P. juniperinum	Cundinamarca	3200	Erecto-adpresa	4- agulada	Deltoides V/L	Involuto	Piriformes
HPUJ015252	P. juniperinum	Cundinamarca	2900	Erecto-adpresa	4- agulada	Deltoides V/L	Involuto	Piriformes
HPUJ015265	P. juniperinum	Quindio	1800	Erecto-adpresa	4- agulada	Deltoides V/L	Involuto	Piriformes
HPUJ015304	P. juniperinum	Boyacá	2850	Erecto-adpresa	4- agulada	Deltoides V/L	Involuto	Piriformes
HPUJ015314	P. juniperinum	Cundinamarca	2200	Erecto-adpresa	4- agulada	Deltoides V/L	Involuto	Piriformes
HPUJ015323	P. juniperinum	Boyacá	2850	Erecto-adpresa	4- agulada	Deltoides V/L	Involuto	Piriformes
Pino 739	P. juniperinum	Choco	100	Erecto-adpresa	4- agulada	Deltoides V/L	Involuto	Piriformes
Luter 7284	P. juniperinum	Valle del cauca	1910	Erecto-adpresa	4- agulada	Deltoides V/L	Involuto	Piriformes
Reenen 593	P. juniperinum	Risaralda	4450	Erecto-adpresa	4- agulada	Deltoides V/L	Involuto	Piriformes
Madefra 1148	P. juniperinum	Magdalena	4100	Erecto-adpresa	4- agulada	Deltoides V/L	Involuto	Piriformes
Uribe 2132	P. juniperinum	Nariño	1900	Erecto-adpresa	4- agulada	Deltoides V/L	Involuto	Piriformes
Urobe 3340	P. juniperinum	Santander	1710	Erecto-adpresa	4- agulada	Deltoides V/L	Involuto	Piriformes

**Tabla 7.** Matriz de datos cualitativos de posibles rasgos morfológicos para *Pogonatum campylocarpon*

Cod. ejemplar	Especie	Departamento	Altitud	Insercion filidios	Forma capsula	Filidios	M. Filidio	Cel. Apical
Churchill 18883	P. campylocarpon	Santander	2050	Erecto-patente	Cilindrica	Deltoides V/L	Erecto	Pirif. dobles
Griffin BB42	P. campylocarpon	Tolima	2640	Erecto-patente	Cilindrica	Deltoides V/L	Erecto	Pirif. dobles
Flor 3787	P. campylocarpon	Cundinamarca	3500	Erecto-patente	Cilindrica	Deltoides V/L	Erecto	Pirif. dobles
Muñoz 4767	P. campylocarpon	Nariño	3200	Erecto-patente	Cilindrica	Deltoides V/L	Erecto	Pirif. dobles
Uribe 4402	P. campylocarpon	Cundinamarca	1800	Erecto-patente	Cilindrica	Deltoides V/L	Erecto	Pirif. dobles
Churchill 17228	P. campylocarpon	Quindio	3140	Erecto-patente	Cilindrica	Deltoides V/L	Erecto	Pirif. dobles
Magdefra 1035	P. campylocarpon	Magdalena	2200	Erecto-patente	Cilindrica	Deltoides V/L	Erecto	Pirif. dobles
Cleef 9279	P. campylocarpon	Boyacá	3180	Erecto-patente	Cilindrica	Deltoides V/L	Erecto	Pirif. dobles
Churchill 13354	P. campylocarpon	Antioquia	3500	Erecto-patente	Cilindrica	Deltoides V/L	Erecto	Pirif. dobles
HPUJ015309	P. campylocarpon	Cundinamarca	3150	Erecto-patente	Cilindrica	Deltoides V/L	Erecto	Pirif. dobles
Aguirre 627	P. campylocarpon	Magdalena	2240	Erecto-patente	Cilindrica	Deltoides V/L	Erecto	Pirif. dobles

**Tabla 8.** Matriz de datos cualitativos de posibles rasgos morfológicos para *Polytrichadelphus longisetus*

Cod. ejemplar	Especie	Departamento	Altitud	Insercion filidios	Forma capsula	Filidios	M. Filidio	Cel. Apical
HPUJ015253	P. longisetus	Cundinamarca	3200	Erecto-adpresa	Biangulada	Deltoides V/L	Erecto	Piriformes
HPUJ015310	P. longisetus	Cundinamarca	3200	Erecto-adpresa	Biangulada	Deltoides V/L	Erecto	Piriformes
HPUJ015339	P. longisetus	Cundinamarca	3200	Erecto-adpresa	Biangulada	Deltoides V/L	Erecto	Piriformes
Yepes 620	P. longisetus	Cauca	3800	Erecto-adpresa	Biangulada	Deltoides V/L	Erecto	Piriformes
Magdefra 1105	P. longisetus	Magdalena	2150	Erecto-adpresa	Biangulada	Deltoides V/L	Erecto	Piriformes
Barbosa 2544	P. longisetus	Huila	2000	Erecto-adpresa	Biangulada	Deltoides V/L	Erecto	Piriformes
Aguirre 2912	P. longisetus	Boyacá	3250	Erecto-adpresa	Biangulada	Deltoides V/L	Erecto	Piriformes
Aguirre 3142	P. longisetus	Casanare	2000	Erecto-adpresa	Biangulada	Deltoides V/L	Erecto	Piriformes
Murillo 3521	P. longisetus	Valle del cauca	2500	Erecto-adpresa	Biangulada	Deltoides V/L	Erecto	Piriformes
Flor 4378	P. longisetus	Manizales	2750	Erecto-adpresa	Biangulada	Deltoides V/L	Erecto	Piriformes

**Tabla 9.** Matriz de datos cualitativos de posibles rasgos morfológicos para *Polytrichadelphus ciliatus*

Cod. ejemplar	Especie	Departamento	Altitud	Insercion filidios	Forma capsula	Filidios	M. Filidio	Cel. Apical
Churchil 17195	<i>P. ciliatus</i>	Quindio	3140	Erecto-adpresa	Biangulada	Deltoides V/L	Ciliado	Piriformes
Churchil 18001	<i>P. ciliatus</i>	Cauca	2777	Erecto-patente	Biangulada	Deltoides V/L	Ciliado	Piriformes
Churchil 15919	<i>P. ciliatus</i>	Nariño	3100	Erecto-patente	Biangulada	Deltoides V/L	Ciliado	Piriformes
Churchil 13038	<i>P. ciliatus</i>	Antioquia	2740	Erecto-adpresa	Biangulada	Deltoides V/L	Ciliado	Piriformes
Ramirez 5984	<i>P. ciliatus</i>	Nariño	3205	Erecto-patente	Biangulada	Deltoides V/L	Ciliado	Piriformes
Echeverry 1333	<i>P. ciliatus</i>	Tolima	3200	Erecto-patente	Biangulada	Deltoides V/L	Ciliado	Piriformes
Uribe 2149	<i>P. ciliatus</i>	Quindio	2980	Erecto-patente	Biangulada	Deltoides V/L	Ciliado	Piriformes
Churchil 16841	<i>P. ciliatus</i>	Cauca	2750	Erecto-adpresa	Biangulada	Deltoides V/L	Ciliado	Piriformes
Churchil 29269	<i>P. ciliatus</i>	Nariño	2900	Erecto-adpresa	Biangulada	Deltoides V/L	Ciliado	Piriformes
Churchil 40779	<i>P. ciliatus</i>	Nariño	3200	Erecto-adpresa	Biangulada	Deltoides V/L	Ciliado	Piriformes

**Tabla 10.** Matriz de datos cualitativos de posibles rasgos morfológicos para *Atrichum androgynum*

Cod. ejemplar	Especie	Departamento	Altitud	Inser filidios	Forma capsula	Filidios	M. Filidio	Cel. Apical
Ramirez 2392	<i>A. androgynum</i>	Nariño	2450	Erecto-extendido	Cilindrica	Oblongo lanceolados	Plano	Lisas-uniformes
Churchil 13196	<i>A. androgynum</i>	Antioquia	2338	Erecto-extendido	Cilindrica	Oblongo lanceolados	Plano	Lisas-uniformes
Madefra 1253	<i>A. androgynum</i>	Magdalena	1900	Erecto-extendido	Cilindrica	Oblongo lanceolados	Plano	Lisas-uniformes
Rudas 538	<i>A. androgynum</i>	Risaralda	2500	Erecto-extendido	Cilindrica	Oblongo lanceolados	Plano	Lisas-uniformes
Churchil 15129	<i>A. androgynum</i>	Valle del cauca	1990	Erecto-extendido	Cilindrica	Oblongo lanceolados	Plano	Lisas-uniformes
Linares 10540	<i>A. androgynum</i>	Cundinamarca	2100	Erecto-extendido	Cilindrica	Oblongo lanceolados	Plano	Lisas-uniformes
Reenen 1977	<i>A. androgynum</i>	Tolima	2700	Erecto-extendido	Cilindrica	Oblongo lanceolados	Plano	Lisas-uniformes
Castillo 2598	<i>A. androgynum</i>	Huila	1800	Erecto-extendido	Cilindrica	Oblongo lanceolados	Plano	Lisas-uniformes
Bolaños 527	<i>A. androgynum</i>	Cauca	2255	Erecto-extendido	Cilindrica	Oblongo lanceolados	Plano	Lisas-uniformes
Linares 10248	<i>A. androgynum</i>	Boyacá	3000	Erecto-extendido	Cilindrica	Oblongo lanceolados	Plano	Lisas-uniformes

**Tabla 11.** Revisión del estado taxonómico de las especies a evaluar

Genero	Especies	Altitud	Distribucion	Region geografica	Catalogo	COL	HPUJ
Atrichum	<i>Atrichum androgynum</i> (Müll. Hal) Jaeger	1730, 2300, 2670	Cundinamarca (1), Boyacá (1), Huila (1)		NO	3	0
Pogonatum	<i>Pogonatum campylocarpon</i> (Müll.Hal.) N	1700 - 3320 m	Antioquia, Cauca, Cundinamarca, Magdalena, Nariño, Norte de Santander, Quindío, Valle	Andes, Sierra Nevada de Santa Marta	SI (1700-3320)	21	1
Polytrichadelphus	<i>Polytrichadelphus ciliatus</i> (Hook. & Wils)	2500 - 3500 m	Antioquia, Caldas, Cauca, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Quindío, Risaralda, Tolima, Valle	Andes	SI (2500-3500)	19	1
Polytrichadelphus	<i>Polytrichadelphus longisetus</i> (Brid.) Mitt	1300 - 3590 m	Antioquia, Boyacá, Caldas, Caquetá, Casanare, Cauca, Cundinamarca, Huila, Magdalena, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Quindío, Tolima, Valle	Andes, Sierra Nevada de Santa Marta	SI 1300-3590	17	7
Polytrichum	<i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.	950 - 4680 m	Antioquia, Arauca, Boyacá, Caldas, Caquetá, Cauca, Chocó, Cundinamarca, Magdalena, Meta, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Risaralda, Santander, Tolima, Valle	Andes, Sierra Nevada de Santa Marta	SI 950-4680	275	55