

Relaciones entre la morfología y las propiedades hidráulicas de los briofitos.

David Hoyos López

Facultad de Diseño Industrial, Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Antioquia, Colombia

david.hoyos@upb.edu.co

Resumen

El proyecto que se presentará a continuación, se desarrolló con el fin de identificar fenómenos y principios en los briofitos, específicamente musgos, en cuanto a la captación, almacenamiento y distribución del agua, que sean aplicables en el ámbito del diseño industrial, y así favorecer a poblaciones, que, debido a su remota ubicación, no tienen acceso a agua potable. Todo esto a través de la comparación entre dos especies que abundan en la región: *Thuidium peruvianum* y *Campylopus jamesonii*. Se dejarán en claro algunos conceptos que sirvieron como soporte durante el proceso investigativo; se explicará la metodología empleada en el desarrollo de la etapa experimental, se expondrán los resultados de dichos experimentos, y por último se presentarán los resultados a través de una discusión, que relaciona lo estudiado en el marco teórico y los resultados de los experimentos.

Abstract

The project presented below, was developed with the objective of identify phenomena in the bryophytes, specifically moss, respecting to catchment, storage and distribution of water, that could be applicable in industrial design, and with this, many neighborhoods, that due to its location, have not access to drinking water, could be helped. All this across a comparison between two moss species that are easy to find in the region: *Thuidium peruvianum* y *Campylopus jamesonii*. Some concepts, that have been used as support on the research project process, are going to be cleared; the methodology of the experimental process is going to be explained; the results of those experiments are going to be revealed; and by last a discussion will be proposed using the results. This discussion will relate the theoretical framework and the results of the experiments.

Palabras clave: musgo, briofitos, *Thuidium peruvianum*, *Campylopus jamesonii*

1 INTRODUCCIÓN

Los musgos han tenido infinidad de usos desde la antigüedad; desde relleno en botas para campesinos durante la primera guerra mundial, hasta la fabricación de materiales usados en pañales o toallas higiénicas, que, gracias a sus capacidades de absorción y retención de líquidos, tienen cierta importancia en el bienestar de los humanos. Y es que los briofitos, siendo el segundo grupo de plantas más numeroso, seguido de las plantas con flores (Glime, 2006); siendo catalogados como una especie ancestral, y los responsables de la transición a tierra de la fotosíntesis, aparentemente no han tenido el reconocimiento que deberían tener,

y que su importancia no radique únicamente en que son elementos decorativos para los pesebres en temporadas navideñas. Por este motivo, y por el problema de las sequías que se dan actualmente en el mundo, a través de la identificación del nivel de eficiencia en la captación, almacenamiento y distribución del agua en dos especies de briofitos en una brioflora, respecto a la morfología, la materialidad y la relación entre ambas, se decidió iniciar esta investigación con la intención final de proponer una solución, desde el diseño y desde la adaptación de principios y patrones encontrados en los musgos, a las precarias circunstancias en las que viven muchas familias en Colombia y el mundo.

La palabra briofito proviene del latín *Bryophyta*, compuesta por las palabras en griego *Bryon* que traduce musgo y *phyton* que traduce planta. Los musgos son el grupo más grande y conocido de briofitos, donde las hepáticas y los antocerotes completan el gran conjunto de los briofitos, del cual, alrededor del mundo hay cerca de 17.000 especies distribuidas en su mayoría en bosques húmedos y tropicales entre 2000 y 3000 msnm, y en Colombia hay 1779 especies de briofitos registradas, de las cuales 939 son musgos y constituyen cerca del 45% de la brioflora de América tropical (Churchill, 1991).

Como expresado anteriormente, los briofitos son un grupo ancestral de plantas, que, debido a su tamaño y a su particular ciclo de vida, no son particularmente tomados en cuenta por la población habitual; incluso cuando estos habitan y se establecen en espacios urbanos que son frecuentados por transeúntes y peatones como se muestra en la Figura 1; se pueden ver en diferentes superficies, tales como muros, andenes, paredes, piedras y desagües, haciendo. Tal es su importancia en el medio ambiente, que la turbera¹, está compuesta en su mayoría por musgo.



Figura 1. Musgos creciendo en zonas urbanas ²

Los musgos son organismos que carecen de una cutícula impermeable, lo que le permite a la planta hidratarse o deshidratarse fácilmente y le da la posibilidad de proliferar en casi cualquier clima; este sistema se denomina poiquilohidria (Alberdi, 2002). La poiquilohidria es un término que significa ausencia de la capacidad de regulación del contenido hídrico

¹ Humedales que ocupan el 1% de la superficie terrestre total

² Imagen tomada de (Huerta, Santoni, & Zuñiga, 2008)

celular, lo que le atribuye una estrecha dependencia de las plantas al agua para sobrevivir; sin embargo, le brinda también la capacidad de recuperar sus procesos vitales después de permanecer incluso por años en un estado deshidratado, con el simple hecho de volver a humedecerse.

La capilaridad juega un papel fundamental en la conducción del agua en los briofitos, pues es un fenómeno en el que un líquido se desplaza al entrar en contacto con un sólido (Mott, 2006), tal como ocurre en los papeles absorbentes -servilletas o papel higiénico- y le brinda la posibilidad al agua de depositarse, gracias a la tensión superficial, en los espacios que se generan entre los caulidios y los filidios³, dando gracias también a otro fenómeno físico llamado tensión superficial, el cual hace que la interfaz o capa entre dos fluidos se comporte como una película elástica (Mott, 2006); por ejemplo, como se ve en la Figura 2, este fenómeno es lo que evita que un mosquito naufrague cuando se para sobre el agua o lo que permite que se formen las gotas de agua. Aunque algunas especies de musgos tienen un sistema de conducción celular bastante especializado, la importancia de la capilaridad y la tensión superficial en la conducción externa del agua juega un papel muy importante que cabe resaltar.



Figura 2. Ejemplos de tensión superficial ⁴

2 METODOLOGÍA

2.1 Contexto

La recolección de las especies se llevó a cabo en el punto ilustrado en la Figura 3, el cual está ubicado en la comuna 90, correspondiente al corregimiento de Santa Elena en el municipio de Medellín del departamento de Antioquia, en Colombia. La búsqueda se inició con un primer acercamiento al lugar y de esta forma se identificó el punto exacto donde prolifera cada una de las especies. La topografía del lugar de recolección fue moderadamente

³ Nombre que reciben los tallos y las hojas de los musgos, respectivamente.

⁴ Imágenes tomadas de Flickr.com.

pendiente y con muy buen drenaje; a una altura de 2600 msnm; con una temperatura promedio de 14°C y una humedad relativa del 89%.



Figura 3. Ubicación del punto de recolección.

2.2 Recolección y almacenamiento

En el proceso de recolección y almacenamiento de muestras, se tuvo en cuenta ciertas variables que deben ser reguladas y controladas para que las muestras de las especies recolectadas no sufran un deterioro en su integridad física. Esto, con el fin de que las muestras estén en buen estado para ser sometidas al proceso experimental requerido.

Una vez hallada la especie, se retiró todo aquel material que ajeno a la planta, tales como lodo, fragmentos de madera, hojas, insectos, entre otros elementos que puedan afectar negativamente al proceso de experimentación, además, para evitar posibles cultivos de microorganismos que contaminen y dañen las muestras.

El almacenamiento fue cuidadoso; se guardaron las muestras en recipientes herméticos, y, si los procedimientos se fueran a realizar 72 horas después de la recolección, se deben refrigerar y humedecer frecuentemente, sin llegar a inundar las muestras. Para una mejor conservación de éstas, las plantas fueron extraídas con un fragmento del sustrato natural en el que se encontró. Si los procedimientos se fueran a ejecutar dentro de las siguientes 72 horas después de la recolección, las muestras se debieron almacenar envueltas en papel absorbente, sin ser aplastar, y así, favorecer su deshidratación y evitar cambios drásticos de humedad. La temperatura recomendada para el almacenamiento de musgos es de 10°C.

2.3 Etapa de experimentación

2.3.1 Experimento #1: microscopia

En este experimento se utilizaron hojas individuales completas de las especies *Campylopus jamesonii* y *Thuidium peruvianum*. Se seleccionaron los especímenes y se extrajeron algunas muestras de filidios⁵, las cuales fueron sometidas a una microscopia de 40 aumentos, con el objetivo de obtener fotografías y así poder determinar el tipo de estructura de la que están compuestos los tejidos celulares de cada especie e identificar el coeficiente de dilatación en la sección transversal de cada una de las muestras estudiadas.

⁵ Equivalente a hojas.

2.3.2 Experimento #2: time lapse

Para el desarrollo de este experimento se utilizaron muestras de cada una de las especies de briofitos, *Campylopus jamesonii* y *Thuidium peruvianum*; con medidas similares, un estado físico en óptimas condiciones en sus rizoides⁶, caulidios y filidios, y fueron dispuestas verticalmente haciendo contacto con agua pigmentada con azul de metileno en la parte inferior, como se puede observar en las Figuras 4 y 5, simulando el sustrato en el que se encuentra en su ambiente natural; el objetivo fue hallar, en términos de velocidad, el tiempo que el fluido tarda en desplazarse por toda la muestra en sentido contrario a la dirección de la gravedad. Esto se realizó por medio de una serie de fotografías con intervalos y rangos iguales de tiempo para ambos casos que posteriormente fueron recopiladas y representadas en un video o *time lapse* donde se evidencia el comportamiento del fluido en la muestra.

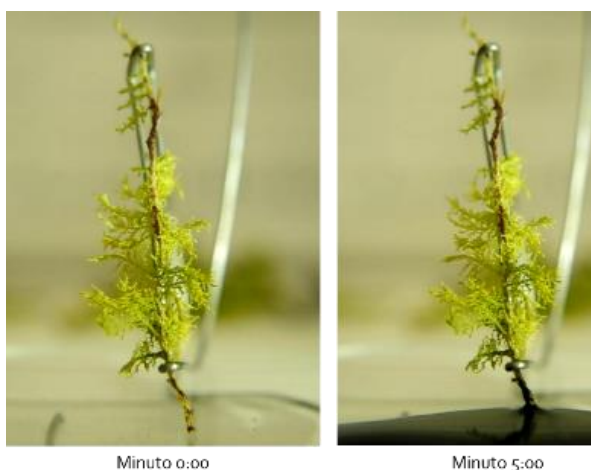


Figura 4. Primer y último fotograma del experimento #2 con la especie *Thuidium peruvianum*.

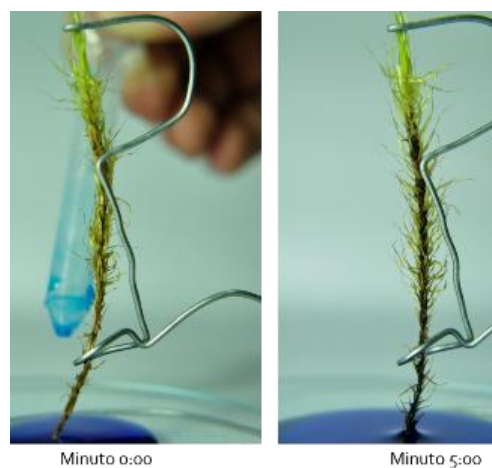


Figura 5. Primer y último fotograma del experimento #2 con la especie *Campylopus jamesonii*.

2.3.3 Experimento #3: relación absorción/peso

El experimento se realizó en dos sesiones con un intervalo de siete días entre la primera y la segunda. Se sometieron individuos recolectados en distintas condiciones, con el fin de eliminar variables de temperatura, humedad y secado de las especies, y reducir la variación estándar en el cálculo de los promedios. El objetivo de este experimento fue encontrar la relación existente entre el peso de cada muestra deshidratada, y posteriormente el peso de la muestra inundada en agua. Para encontrar dicha relación, se seleccionaron y limpiaron 20 muestras de cada especie de musgo; se sometieron a un proceso de deshidratación bajo las mismas condiciones, con una balanza de precisión se pesó cada muestra deshidratada e inundada; se registraron los datos en una tabla y finalmente se hicieron los cálculos respectivos que arrojaron las cifras requeridas.

Con el objetivo de disminuir la desviación estándar y obtener resultados más precisos, las muestras se sometieron tres veces al mismo procedimiento de secado, pesado, inundado y

⁶ Equivalente a raíces.

nuevamente pesado. El proceso de eliminación de exceso de agua en la muestra inundada se realizó por efecto gravedad, dejando que el agua escurra como lo haría en su estado natural por 60 segundos.

2.4 Caracterización

Con el objetivo de identificar la morfología de los musgos, se hizo una caracterización formal de cada una de las especies, tal y como se muestra en las figuras 6 y 7. Particularmente, se caracterizaron de manera general 3 componentes de las muestras: el hábito, lo cual es el aspecto o el porte de una planta, y la orientación y forma de las hojas, lo cual permitió tener claridad a la hora de registrar la información, analizarla y posteriormente hacer las conclusiones pertinentes para el proyecto.



Figura 6. Caracterización morfológica de la especie de musgo *Thuidium peruvianum*.⁷



Figura 7. Caracterización morfológica de la especie de musgo *Campylopus jamesonii*.⁷

⁷ (Calzadilla & Churhill, 2014)

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron resultados de tipo cuantitativo; los cuales arrojaron resultados bajo tres naturalezas o unidades de medida diferentes: longitud, velocidad y peso. En el primer experimento, se pudo observar que la especie *Thuidium peruvianum* tiene una estructura rómbica, es decir, que sus células tienen forma de rombo o diamante, sin ángulos de 90° como se puede observar en la Figura 8; y las células de la especie *Campylopus jamesonii* poseen una forma lineal, es decir, muy estrecha, alargada y con los bordes casi paralelos, como se expresa en la Figura 9.

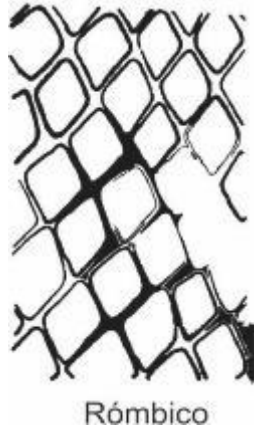


Figura 8. Caracterización de la estructura celular de la especie de musgo *Thuidium peruvianum*.

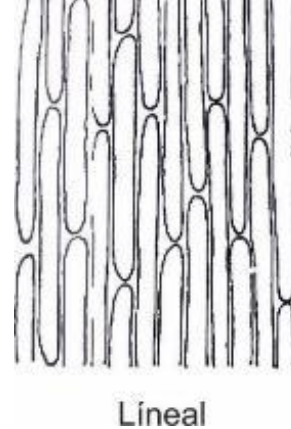


Figura 9. Caracterización de la estructura de la especie de musgo *Campylopus jamesonii*.

De este experimento, también se pudo concluir que la especie *Thuidium peruvianum* tiene una mayor capacidad de dilatación cuando sus filidios se llenan de agua, como se puede observar en la Figura 10, pues se encontró que el porcentaje de dilatación de la sección transversal es mayor que el de la especie *Campylopus jamesonii*, tal y como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Porcentaje de dilatación de la sección transversal

<i>Thuidium peruvianum</i> (Figura 5)	<i>Campylopus jamesonii</i> (Figura 6)
65%	26%



Figura 10. Dilatación transversal, microscopía a 10 aumentos.

La segunda etapa de experimentación arrojó resultados que revelaron la velocidad con la que el agua se desplaza verticalmente, en dirección contraria a la gravedad, a través la rama completa de cada especie; siendo más veloz la especie *Campylopus jamesonii* en un 53%, con los valores registrados en la Tabla 2.

Tabla 2: Velocidad del agua al desplazarse por la rama

<i>Thuidium peruvianum</i> (Figura 7)	<i>Campylopus jamesonii</i> (Figura 8)
0.18 mm/s	0.34 mm/s

Entonces, a partir de lo observado, se puede decir que, gracias a la dirección de la disposición de las hojas respecto al tallo, el fluido tiene una menor cantidad de obstáculos que impidan su desplazamiento, y por efectos de capilaridad, el fluido llega con mayor eficiencia a la parte alta de la rama.

Los resultados de la tercera etapa de experimentación, fueron dados en términos de peso, los cuales llevaron a establecer una relación entre éste y la capacidad de absorción de las ramas completas de cada especie; los resultados arrojaron que la especie *Thuidium peruvianum* - Tabla 3 - es capaz de absorber más veces su peso en agua en comparación con la especie *Campylopus jamesonii* - Tabla 4 -.

<i>Thuidium peruvianum</i>							
# de muestra	Peso seco (g)	Promedio	Peso con agua (g)	Promedio	Absorción (g)	Promedio	
1	1	0,0238	1	0,1935	1	0,1697	
	2	0,0234		0,2551		2	0,2317
	3	0,0240		0,2597		3	0,2357
Promedios	0,03		0,29		0,27		
Relacion absorcion/peso			10,67		1066,69%		

Tabla 3. Ejemplo del registro de datos del experimento #3 para la especie *Thuidium peruvianum*

<i>Campylopus jamesonii</i>							
# de muestra	Peso seco (g)	Promedio	Peso con agua (g)	Promedio	Absorción (g)	Promedio	
1	1	0,0161	1	0,1289	1	0,1128	
	2	0,0157		0,1615		2	0,1458
	3	0,0157		0,1344		3	0,1187
Promedios	0,02		0,19		0,17		
Relacion absorcion/peso			7,64		763,66%		

Tabla 4. Ejemplo del registro de datos del experimento #3 para la especie *Campylopus jamesonii*

De acuerdo a la tercera etapa de experimentación, se puede decir que el papel de la tensión superficial es fundamental para que la especie *Thuidium peruvianum* tenga una mejor capacidad de absorción, dicho en otras palabras, retención de fluidos, que la especie *Campylopus jamesonii*, ya que, al haber una mayor cantidad de superficies y espacios entre las ramificaciones y el tallo, el agua puede depositarse y almacenarse allí.

CONCLUSIONES

Después de la etapa de experimentación y el análisis de los resultados, se pudo identificar que la especie de musgo *Thuidium peruvianum* tiene una mayor eficiencia en el almacenamiento y retención del agua, pues gracias a su estructura celular rómbica, permite una mayor dilatación en la sección transversal de cada célula, reduciendo el espacio entre cada una de ellas, y permitiendo así que una mayor cantidad de agua se deposite en ellas, que en comparación con la estructura celular de la especie *Campylopus jamesonii*, la cual, debido a su configuración celular no permite que sus células engorden en el momento que el agua hace el intento de depositarse. Y también, según el tercer experimento realizado, la especie *Thuidium peruvianum* tiene una mayor capacidad de absorción de agua respecto a su peso, que gracias al fenómeno de tensión superficial y a su morfología en trama, permiten que una cantidad significativa de agua se deposite en los espacios generados entre las partes. Por otro lado, la especie *Campylopus jamesonii* tiene una mayor eficiencia en la distribución del agua, que gracias a que su morfología es más simple, el agua tiene menos obstáculos para desplazarse desde los rizoides hasta el ápice.

Por lo tanto, para buscar una solución a los problemas de sequías vividos actualmente en el mundo, desde lo estudiado en éste artículo, se debe elegir el elemento a desarrollar, ya sea en cuanto al almacenamiento o la distribución del agua, ya que se pueden adoptar elementos de una u otra especie según la intención. Si el tema es el almacenamiento, sería favorable adoptar los principios y características de la especie *Thuidium peruvianum*, y si el aspecto a tener en cuenta es la distribución, se encuentra una mayor aplicabilidad los principios y característicos de la especie *Campylopus jamesonii*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis compañeros investigadores Juan Pablo Gómez, quien colaboró en la elaboración del marco teórico y David Erazo, quien me acompañó durante todo el proceso hasta que la etapa de experimentación culminó. También a Giovanni Pérez, briólogo de la Universidad de Antioquia, por su tiempo para asesorarnos en la etapa de identificación y clasificación de las muestras, y así mismo por facilitarnos el microscopio empleado en el primer experimento. Y por último, al docente investigador y asesor Andrés Hernando Valencia Escobar, quien fue el que me orientó durante todo el proceso de formación en investigación, agradezco su paciencia y claridad en cada una de las sesiones.

REFERENCIAS

- Alberdi, M. (2002). Ecophysiology of Antarctic vascular plants. *Physiol Plant*, 779-486.
- Calzadilla, E., & Churhill, S. (2014). *Glosario ilustrado para musgos neotropicales*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: La Rosa Editorial.
- Glime, J. (2006). *www.bryoecol.mtu.edu*. Obtenido de <http://www.bryoecol.mtu.edu/>
- Huerta, V. A., Santoni, J. C., & Zuñiga, F. O. (2008). *Briófitas de los Bosques Templados de Chile*. Chile: Corporación Chilena de la Madera.
- Mott, R. (2006). *Mecánica de fluidos. Sexta edición*. México: Pearson Educación.