

La sequía en Colombia, y los musgos como posible solución en productos de diseño.

David Erazo Ospina

Diseño Industrial, Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia

erazo.rock@gmail.com

Resumen

En Colombia el fenómeno meteorológico llamado “El Niño” genera desabastecimiento de agua para 11'530.580 habitantes afectando poblaciones enteras de animales, plantas y humanos; los briofitos (comúnmente llamados musgo), son reconocidos por su capacidad de retener fluidos, por este motivo se ha estudiado y comparado el nivel de eficiencia en administración de fluidos de dos especies de briofitos tomados de una localidad situada en Santa Elena (Medellín, Colombia). Con el fin de identificar cuál de las dos es más eficiente en administración de fluidos y plantear sus posibles alcances en productos de diseño enfocados en la problemática de la sequía.

Tras realizar los experimentos en microscopía, time lapse (técnica fotográfica para mostrar diferentes sucesos imperceptibles al ojo humano), y recolección de fluidos, se observa una conducta en los filoides (hojas de briofitos), vinculada a la captación, retención y distribución de los recursos de una manera distinta y comparable en ambas especies; se analizó que la tensión superficial y la composición morfológica son los entes reguladores en los resultados. Así se pudo determinar que la especie *Thuidium Peruvianum* es más eficiente en la retención de flúos ya que obtuvo una relación de absorción peso de 1066.69%.

Finalmente, se realizó una búsqueda de productos y aplicaciones objetuales basados en briofitos; y soluciones de diseño a la problemática de sequias y/o recolección de fluidos, así, se plantea una posible aplicación de los resultados de la investigación con la integración de soluciones actuales.

Abstract

In Colombia the meteorological phenomenon called “El Niño” creates shortages of water for a number of 11'530.580 citizens, impacting whole communities of animals, plants and humans beings, the bryophytes (commonly called moss) are recognized for their ability to retain fluids, for that reason has been studied and compared the level of efficiency in fluids administering for two species of bryophytes taken from a town in Santa Elena (Medellin, Colombia). In order to identify which one is more efficient in fluids administering, and define the probabilities of using design products to deal with the drought.

After made the experiments with the following techniques: microscopy; time lapse (photographic technique to show different events imperceptible to the human eye); and collection of fluids; it is noted a reaction in the phyllodes (bryophytes leaves), linked to the recruitment, retention and distribution of resources in a different way and comparable in both species. It is analyzed that the superficial tension and the morphological composition are the categories which define the results.

As a consequence it is determined that the specie *Thuidium Peruvianum* is more efficient in retaining fluids, since it was obtained a relation between absorption and weight of 1066.69%. Finally, the research was made it with products and applications based in bryophytes, and design solutions to the drought problem or fluids collecting. Therefore is developed a possible application of research results with the integration of existing solutions.

Palabras claves

Mecánica de fluidos, Briofitos, Morfología, Diseño.

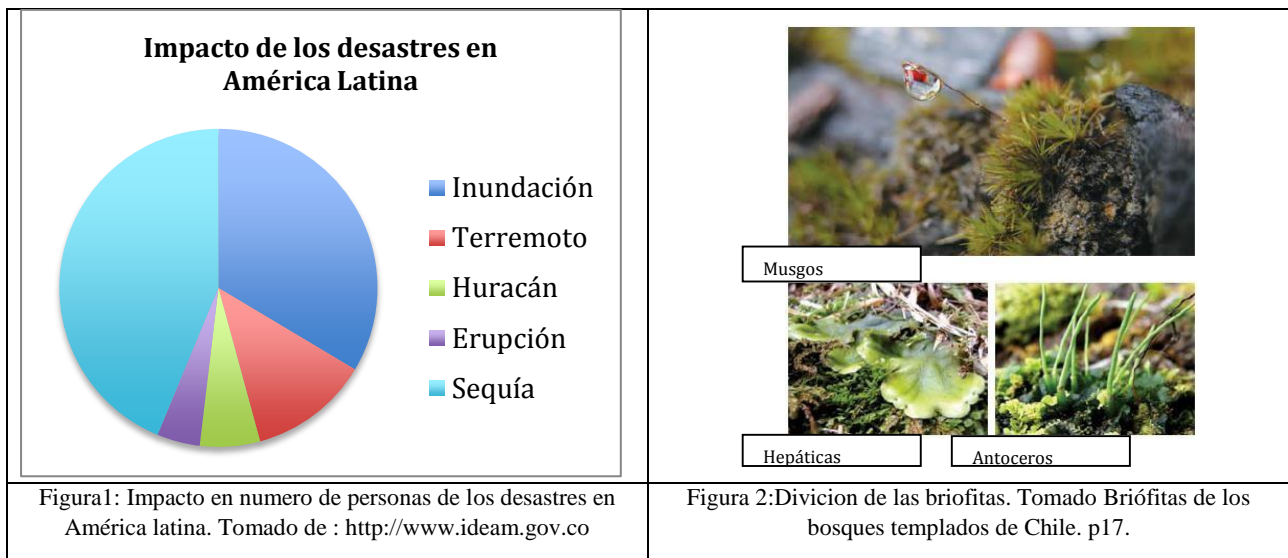
INTRODUCCIÓN

En Colombia y América Latina se ha vivido una sequía a causa del fenómeno del niño, que ha disminuido la captación, almacenamiento y distribución de agua, afectando poblaciones enteras de humanos, animales y vegetales. (Ver figura 1).

De esta manera se pretende identificar, caracterizar y evaluar el desempeño de las especies de briofitos *Campylopus Jamesonii*, y *Thuidium Peruvianum*, desde el análisis morfológico y su relación con la materialidad para así realizar una comparación entre las variables resultantes y validar con posibles aplicaciones en productos de diseño.

Los briofitos (del latín “*Bryiophyta*”, derivado del grigo “*Phyta*”, planta, con el prefijo “*brio*” del grigo “*Bpúm*”, musgo); corresponden a la denominación de tres clases de plantas componentes de la división de BRIOFITAS del reino vegetal que agrupa a musgos, hepáticas y antoceros (figura 2), son el segundo grupo más numeroso de plantas, luego de las plantas con flores (Shaw & Renzaglia 2004).

Se tomó como elemento de investigación a los briofitos, por sus propiedades físicas, pues estas plantas tienen excelentes capacidades para administrar fluidos; la estructura celular que poseen las hojas cuentan con compartimentos particulares para la recepción y el almacenamiento de agua, además tiene la cualidad de sobrevivir en condiciones de extrema sequía, volver a recuperar su forma y su función al entrar en contacto con el agua (Shaw & Renzaglia 2004).



Para el proceso de recolección y almacenamiento de los especímenes, se tuvieron 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. (Víctor A. & Jorge C. 2008 p22) Esto permite que estén en buen estado para ser sometidas al proceso experimental requerido.

Antes de entrar en una etapa de experimentación se tienen en consideración variables tales como humedad relativa y temperatura del área de trabajo, el tipo y cantidad de sustrato, condiciones y tamaño de las especies recolectadas.

Los experimentos son llevados a una escala de trabajo del tamaño de los filoides (hojas de los briofitos), los cuales tienen la estructura celular de captación de fluidos. En el proceso se lograron fotografías y videos del comportamiento del fluido dentro de los filoides para determinar factores de absorción, a su vez comparar y relacionar la captación por capilaridad en contra de la gravedad al interior del espécimen.

A lo largo de la historia se han dado distintas aplicaciones de las briofitas en productos como lo muestra el artículo “*Economic and Ethnic Uses of Bryophytes*” de la brióloga Janice M. Glime, en el cual se encuentra una descripción muy detallada de los usos que se le dan a los musgos alrededor del mundo.

La principal aplicación que se encontró de los briofitos en la actualidad, es el uso del principio físico de la estructura de las briofitas en las toallas higiénicas y pañales, la empresa Johnson & Johnson, después de estudiar a una comunidad indígena, utilizan sustratos de *Sphagnum* para la fabricación de pañales y papel higiénico (L. M. Johnson Gottesfeld and D. H. Vitt 1996) que gracias a su gran capacidad de absorción se diseñó una estructura de celdas para el aprovechamiento del volumen de la “esponja” para que pueda retener fluidos de manera más eficiente, En Alemania, la especie *Sphagnum* fue utilizada para forrar las botas de montañismo, gracias a que absorbe el sudor y el mal olor (L. Haedans, 1991), en México algunas veces se utilizó un musgo rupestre para teñir la lana con la que posteriormente se confeccionan diferentes prendas de vestir (C. Delgadillo).

La aplicabilidad en productos está directamente relacionada con la solución de problemáticas, de esta manera se demuestran los alcances del uso del musgo en diversos ámbitos. Actualmente respecto a la problemática de la sequía hay soluciones objetuales como las “Shade Balls” que consiste en esferas de caucho negro que se incorporan en los embalses para evitar la sequía por evaporación de agua, el “Warka” una malla porosa que se dispone en forma de vela contra el viento para captar el rocío y condensar el agua en un recipiente, y el “Solid Rain”, polvo que se mezcla con la tierra y es capaz de absorber cantidades de agua y soltarlo lentamente cuando se requiera (ver figura3).



Figura 3: Soluciones a la sequía. De izquierda a derecha: Warka. Solid rain. Shade Balls.
Fuentes: <http://livreinatural.uno> - <http://www.bbc.com/mundo> - <http://www.bbc.com/mundo>

METODOLOGÍA

Ámbitos geográficos del estudio.

La recolección de las especies se llevó a cabo en la comuna 90, en el corregimiento de Santa Elena en el municipio de Medellín del departamento de Antioquia con una temperatura promedio de 14.5 °C, humedad relativa de 89% y altura de 2.600 msnm.

Recolección y clasificación.

La recolección se inició con un primer acercamiento al lugar exacto donde prolifera cada una de las especies previamente identificadas, se siguen los pasos según las técnicas especiales de recolección y preparación de ejemplares de grupos de briófitas (Delgadillo, C. 1986.).

Las especies se encontraron en sustratos similares, a bordo de senderos en una flora de bosque de pino nativo.

Se realizó una clasificación de las especies por taxonomía, las muestras se llevaron a microscopía para aprobar su familia, clase y especie, con la ayuda de un briólogo especialista y apoyados en el libro (Glosario Ilustrado para Musgos Neotropicales de Eliana Calzadilla & Steven p. Churchill), se confirmó los especímenes y se procedió con los experimentos.

Si se piensa trabajar sobre las muestras unos días después de recolectadas, se recomienda quitar todo material ajeno a la muestra y almacenarlas en un recipiente hermético, manteniéndose refrigeradas y húmedas (no inundadas), y en este caso es mejor conservarlas con una porción del sustrato (Víctor A. & Jorge C. 2008 p24).

Si se va a trabajar con las muestras dentro de las 72 horas siguientes se pueden guardar en un recipiente plástico, de lo contrario es mejor almacenarlas en bolsas o recipientes de papel, además de conservarlas a 10°C con una humedad constante.

Morfología.

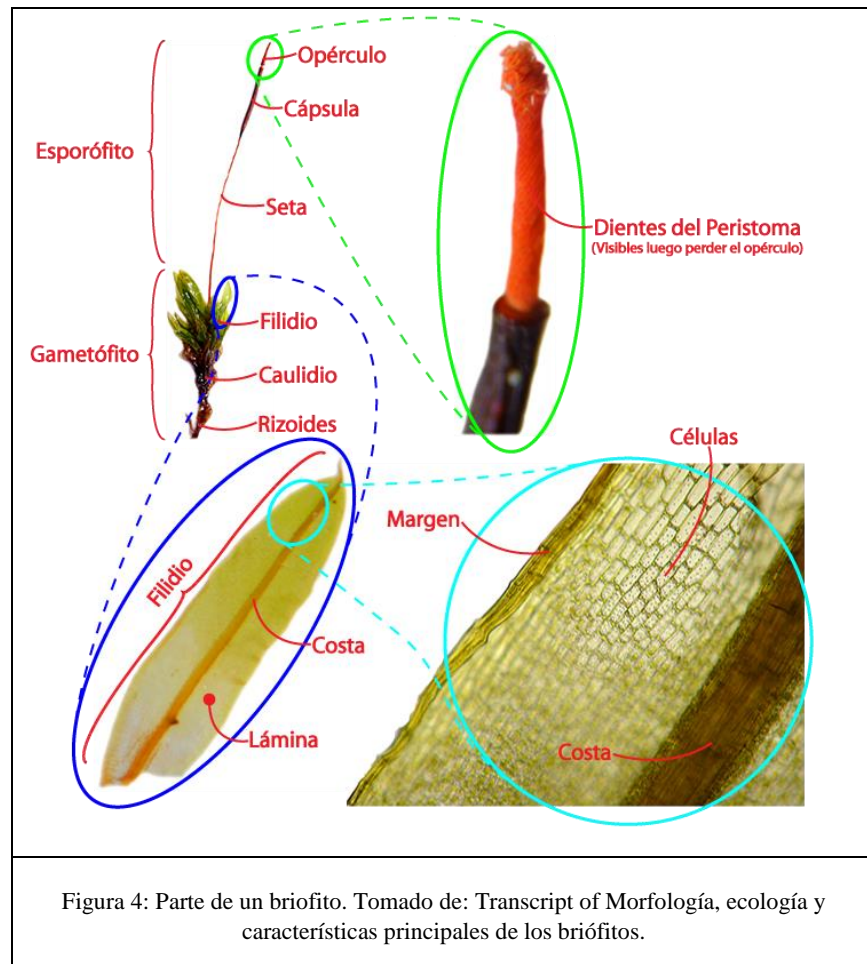


Figura 4: Parte de un briofito. Tomado de: Transcript of Morfología, ecología y características principales de los briófitos.

Campylopus Jamesonii.

Crece desde bosques tropicales húmedos hasta bosques alto-andinos, paramos, sabanas y bosques semi-secos; se encuentra sobre el suelo, humus, madera en descomposición, rocas y epifitos. Sus hojas son lanceoladas hasta tubuladas, con el ápice agudo y largo, sus células de la lámina son lisas y distales, generalmente en paredes gruesas y de forma variable, ramificación en pares ascendentes por todo el ápice, tienen color verde clara hasta oscuras, amarillas a doradas, raramente pardo oscuro.

Habito:	Césped; Forma de crecimiento con tallos erectos, cortos, paralelos y agregados, a menudo cubriendo áreas externas
Sustrato y hábitat:	Mesofico; adaptado a climas relativamente húmedos.
Tallo y rama:	Tallo primario simple
Orientación de las hojas:	Extendido; Formando un Angulo de 45° o más. Adaxial entre una hoja y el tallo.
Forma de la hoja:	Oblongo; Rectangular con los ángulos o terminaciones redondas.
Textura de la hoja:	Plegado; Con dobleces longitudinales o pliegues.
Ápice de la hoja:	Acuminado; Terminado en una punta.
Costa:	Subpercurrente; Costa extendida justo debajo del ápice.
Base de la hoja:	Normal.
Células de las hojas:	Lineal. Muy estrecho, alargado con los bordes casi paralelos.

Figura 5: Cuadro Morfológico *Campylopus Jamesonii*
Fuente Glosario ilustrado para musgos neotropicales (Eliana C. & P. Churchill)

Thuidium Peruvianum.

Es común en los pisos montañosos abiertos y forestales, en particular a alturas de 2500-3500 msnm. Tiene hojas plegadas fuertemente con el ápice hialino (punta de la hoja casi translúcida), son robustas de color pardoverdosas con longitudes de 10 a 15cm. se caracteriza por ser un briofito casi recto, aplanado, y laxamente ramificadas, con las hojas del tallo terminadas en un pelo hialino, flexuosos, formado por una o varias células grandes de paredes rígidas, rodeada por 2-3 filas de estereidas (célula en los briófitos que proporcionan resistencia mecánica), y con células medias subcuadradas a rectangulares, lisas en la base, las hojas del tallo son ovaltriangulares.

Hábito:	Trama; Forma de crecimiento a menudo ascendente y flojamente entretejida
Sustrato y habitad:	Mesófico; adaptado a climas relativamente húmedos.
Tallo y rama:	Ramificación bipinado.
Orientación de las hojas:	Juláceo; Cilíndrico-liso, como un aumento, referido a los tallos o a las ramas con las hojas fuerte mete embricadas.
Forma de la hoja:	Elíptico rectangular; con los ángulos o terminaciones redondos y con lados extremos curvos.
Textura de la hoja:	Ondulado; ondeado
Ápice de la hoja:	Mucronado; Terminado un una punta abrupta y corta.
Costa:	Corta; Se limita a la base.
Base de la hoja:	Cordado; Acorazando, forma de hojas con los extremos basales grandes y redondeados.
Células de las hojas:	Rómbico; En forma de rombo diamante.

Figura 6: Cuadro Morfológico *Thuidium Peruvianum*
Fuente Glosario ilustrado para musgos neotropicales (Eliana C. & P. Churchill)

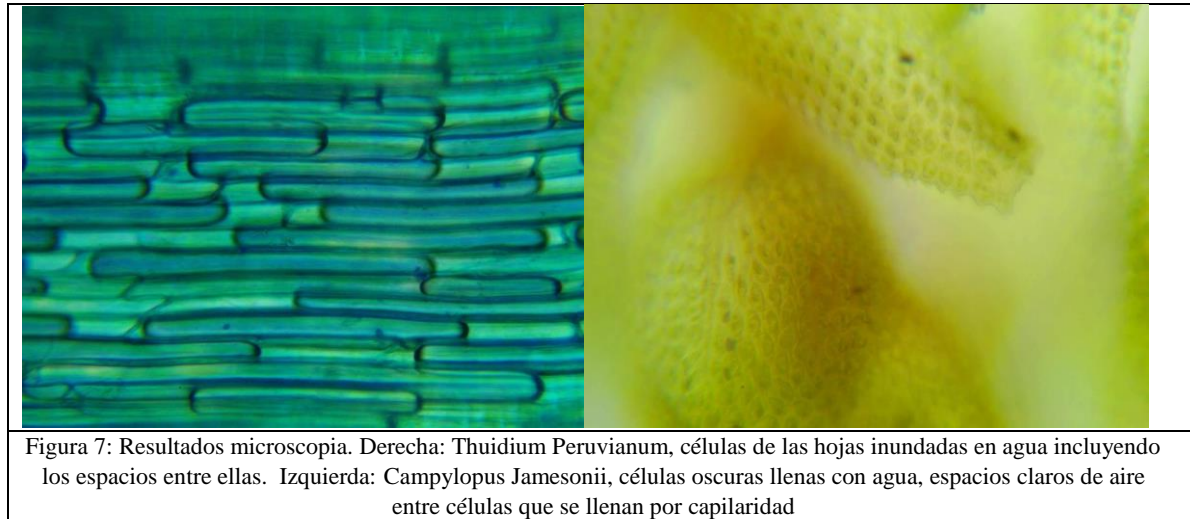
Experimentos.

Los experimentos se realizaron con el objetivo de Identificar el nivel de eficiencia en la distribución del agua en dos especies de briofitos de un ecosistema, respecto a la morfología, la materialidad y la relación entre ambas. En la etapa experimental de la investigación es necesario reducir al máximo las variables para tener una relación verificable y cuantificable en los resultados.

Microscopía.

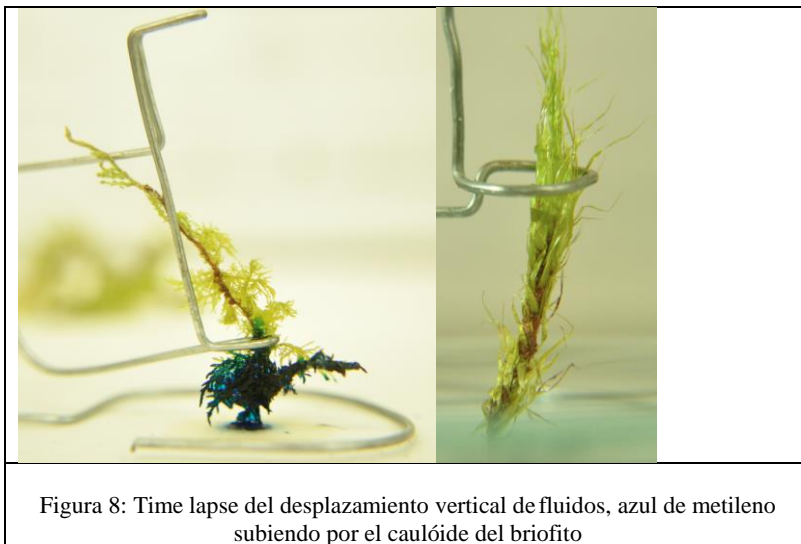
En este experimento se utilizaron filoides individuales completos de las especies *Campylopus Jamesonii* y *Thuidium Peruvianum*. Se seleccionaron los especímenes y se procedió a someterlos a microscopia, con el objetivo de obtener fotografías y videos del comportamiento del fluido dentro de los filoides para determinar factores de absorción.

El experimento consistió en el montaje de la muestra en un porta objetos y sobrepuesto con un cubreobjetos para que la muestra estuviera en óptimas condiciones para ser observada en el microscopio. Se deposita una gota de agua entre las plaquetas de vidrio y se registra con video y fotos entre 10x y 40x. Como resultado se obtiene imágenes de las células y su comportamiento en la absorción de fluidos (ver imagen 7).



Time lapse del desplazamiento vertical de fluidos.

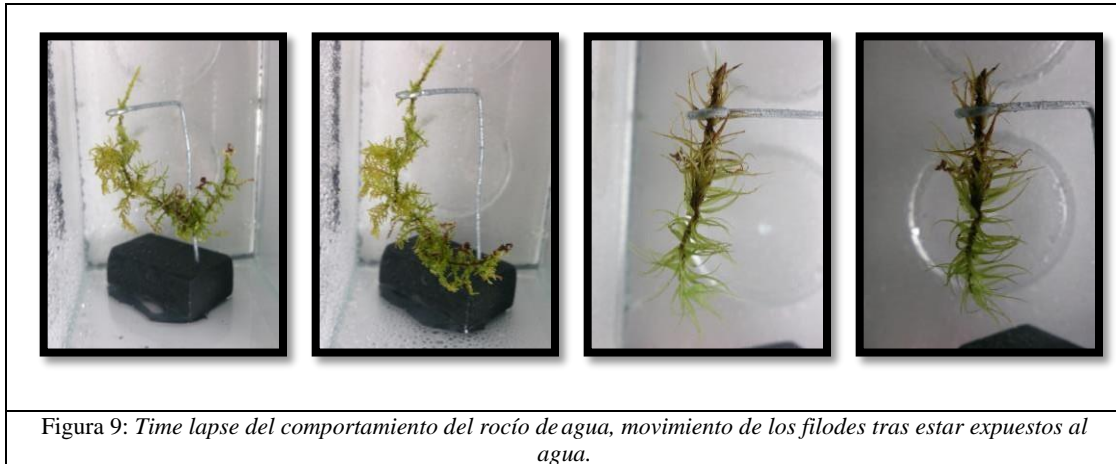
El objetivo de este experimento fue observar y analizar el comportamiento del fluido del agua al interior de los filidios de las especies trabajadas. Como resultado se obtuvo una serie de videos en los cuales se observa el desplazamiento vertical del fluido a través del espécimen. Para el desarrollo de éste experimento se diseñó un contenedor no permeable, el espécimen se dispuso en un soporte de alambre para que la muestra permaneciera en posición vertical, como lo está naturalmente. Se dispuso la muestra de musgo en el soporte de tal forma que quedara en posición vertical y en la base del vidrio reloj se puso azul de metileno con el fin de observar el comportamiento del fluido al contacto con el briofito (ver figura 8).



Time lapse del comportamiento del rocío de agua.

Con el protocolo del experimento anterior, se realizaron 10 aspersiones de agua, transcurridos 5 minutos se realizaron otras 10 aspersiones y se repitió el proceso 5 veces más con el mismo

intervalo de tiempo, esta vez en la base no se depositó azul de metileno. Se realizó el registro fotográfico necesario para obtener los resultados a analizar.



Relación de captación de agua

En esta etapa se buscó encontrar la relación entre la capilaridad y la captación de agua para así reconocer la cantidad de veces que un briofito es capaz de retener su propio peso en agua, se procedió a secar naturalmente las muestras y clasificarlas cuantitativamente para repetir periódicamente el experimento, y disminuir la desviación estándar. Se realizó control sobre el peso de la muestra en seco de 40 muestras y de las mismas después de ser sumergidas en agua.

RESULTADOS

La tensión superficial juega un papel fundamental, ya que nos resalta su función en la naturaleza de los briofitos: almacenar la mayor cantidad de agua en un espécimen. De esta manera, la disposición morfológica de los filidios permite que una gota de agua se acumule en un punto, y pueda ser administrada por la planta cuando sea requerida. En el caso de la especie *Campylopus Jamesonii* se ve una notable eficiencia de captación de fluidos respecto a la especie *Thuidium Peruvianum*, en la formación y composición de su estructura celular, ya que las células alargadas y oblicuas, permiten una mayor permeabilidad entre ellas, logrando llevar el agua de “A” a “B” sin comprometer sus lados más anchos, por otra parte la especie *Thuidium Peruvianum* en la cual predomina una estructura celular más revolucionada, le otorga la cualidad de absorber una gran cantidad de fluidos en su totalidad, sin dejar células vacías o con aire.

Se pudo analizar el movimiento de los fluidos dentro de un espécimen cuando están perpendiculares a la fuente de agua, simulando la humedad proveniente del sustrato que drena de la ladera en su ambiente natural, se obtuvo una captación significativa de la cantidad de agua recolectada por capilaridad, a pesar de no ser en su totalidad, se puede determinar su movimiento y dirección respecto a su morfología y estructuración de los filoides. No se pudo determinar una relación captación-tiempo, ya que los comportamientos son muy variables en esta medida debido al diseño del experimento de time laps, ya que en estado natural, el fluido de agua proviene del rocío o de la lluvia. Por este motivo se procede a realizar una segunda versión

de este experimento con un planteamiento distinto. En esta segunda versión se determina que el espécimen logro retener cierta cantidad de fluidos y su distribución está dada por el punto de captación de micro-gotas inundándose primero las hojas más expuestas.

El experimento de relación de captación de agua se repite con el fin de disminuir la desviación estándar y obtener resultados más precisos. De esta manera una misma muestra se pesa en seco y mojado tres veces, comparando los resultados sobre ella misma.

La composición morfológica de la especie *Thuidium Peruvianum* permite una mayor captación de agua debido que sus filoides están distribuidos más uniformemente que en la especie *Campylopus Jamesonii*, otorgándole la cualidad de retener agua incluso fuera de sus células.

Sin embargo, ambas especies son capaces de retener más de cinco veces su propio peso en agua, tanto por su captación celular, como por su estructura morfológica. La especie *Thuidium*

Peruvianum obtuvo la capacidad de retención de agua de 1066.69%, eso significa que la especie es capaz de retener 10.66 veces su peso en agua, en cambio la especie *Campylopus Jamesonii* tuvo la capacidad de retención de agua de 763.66%, eso significa que la especie es capaz de retener 7.63 veces su peso en agua.

DISCUSIÓN

Tras la realización de los experimentos planteados y diseñados, se puede corroborar la información obtenida en la etapa de investigación acerca de la capacidad relativa de retención de los briofitos en general, además de poder comparar dos especies y cuantificar los resultados obtenidos. La morfología observada en cada una de las especies en relación con los resultados del experimento de capilaridad permite un análisis en cuestión del impacto directo en la distribución de los filidios y la capacidad de retención de agua en la tensión superficial.

Respecto a otras investigaciones en musgos, esta tuvo la cualidad de comparar dos especies con cualidades similares, ponerlas bajo las mismas circunstancias de experimentación, para así, identificar cuál de las dos es más eficiente en administración de fluidos y conocer las razones del por qué es así, respecto a su morfología y estructura celular. De este modo se pueden emplear los principios favorables analizados y plantear su inclusión en productos de diseño que están dirigidos a la problemática de la sequía.

CONCLUSIÓN

Dado que la investigación en briofitos a nivel mundial es reconocida y documentada, asegura una base confiable para la identificación y caracterización de las especies, para así desarrollar cuadros morfológicos concisos y fiables a partir de microscopía y taxonomía.

En el proceso de investigación se indaga sobre la materialidad de los tejidos de los briofitos, siendo un ítem no concluyente dado a la complejidad de los procesos a llevar para identificar y caracterizar los materiales, además los resultados no podrían ser comparables entre ellos respecto a las variables.

En el momento de la ejecución de los experimentos, se encuentra dificultoso encontrar una relación entre las muestras a trabajar con exactitud, debido a los mínimos cambios en las variables de: recolección, guardado, secado, transporte, y forma de la muestra. A pesar de intentar controlarlos al máximo estas inconstancias, afecta los resultados.

La morfología y la estructura celular, están estrechamente ligadas en el comportamiento de administración de fluidos en las especies, entendiendo los componentes del briofito como un todo. La tensión superficial de las gotas de agua en relación a la estructura de las hojas de los

musgos es determinante en la captación de fluidos, dado que entre más revolucionada y frondosa sea su composición más cantidad de fluido podrá retener. Estas características son cuantificables y calificables para realizar una comparación entre las dos especies trabajadas.

AGRADECIMIENTOS

Juan Pablo Gómez, David Hoyos (co-investigadores en el proceso. 2015), Giovanni Pérez B. (Briologo botánico Universidad de Antioquia).

BIBLIOGRAFÍA

- CRUM, H. A. & ANDERSON, L. E. (1981). Mosses of Eastern North America.
- musgos, hepáticas y antoceros). En P. Cubas, Curso de Botánica (pág. 113).
- FADER, D. & ELLENA S. (2014). Briotas. Corrientes, Argentina.
- GLIME, J. M. (2007). Economic and ethnic uses of bryophytes. Committee.
- MARÍA MAGDALENA SCHIAVONE. (2007). Las Thuidiaceae en el Noroeste de Argentina.
- MOTT, R. L. (2006). Mecánica de fluidos. Naucalpán de Juárez: Pearson.
- GONZALO HURTADO M. (2012) Sequia meteorológica y sequia agrícola en Colombia.
- SMITH MERRILL G. (2007). Polytrichum. Florida, North America: Oxford University Press.
- TOXQUI, V. (2012). Agua para la salud. Pasado, presente y futuro. Madrid.
- FRANCISCO LLORET M. (1984). Estructura y dinámica de las comunidades de briofitos (pág. 3-6).
- FRANCISCO LLORET M. (1987). Efecto de la altitud sobre la fenología de briofitos en el pirineo oriental.
- PALOMA CUBAS. (2008). Briofitas musgos, Hepáticas y antoceros. (pág. 1-4).
- GUSTAVO E. ZÚÑIGA, MARISOL PIZARRO & RODRIGO A. CONTRERAS. (2008). Tolerancia de la desecación en briofitas
- ÁNGELES C. AZCONA & MARÍA G. FERNÁNDEZ (2010). Propiedades y unciones biológicas del agua (capitulo 3).
- VICTOR A. HUERTA, JORGE C. SANTONI & FELIPE OSORIO Z. (2008). Briofitas de los bosques templados de Chile.
- ROBERT L. MOTT (2006). Mecánica de fluidos sexta edición.

