

LA SEQUIA EN COLOMBIA, Y LOS MUSGOS COMO POSIBLE SOLUCIÓN EN  
PRODUCTOS DE DISEÑO.

DAVID ERAZO OPSINA

MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
DISEÑADOR INDUSTRIAL

DIANA A. URDINOLA, EVER PATIÑO, CATALINA REY & ANRES VALENCIA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ARQUITECTURA Y DISEÑO  
DISEÑO INDUSTRIAL  
MEDELLÍN  
2016

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

Firma  
Nombre

Presidente del jurado

Medellín fecha

16/05/2016

## CONTENIDO

<b>PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO .....</b>	<b>5</b>
Tema general del proyecto .....	5
<b>Características generales del proyecto de investigación.....</b>	<b>5</b>
<b>Problema identificado.....</b>	<b>6</b>
Elementos del problema.....	6
Hipótesis o pregunta que se formula frente al tema como planteamiento de la investigación ..	6
<b>JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>6</b>
<b>Validez del proyecto en el contexto de la investigación en diseño industrial:.....</b>	<b>7</b>
<b>Oportunidades que representa para el desarrollo de nuevos productos o estrategias:..</b>	<b>7</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>7</b>
Objetivo general.....	7
Objetivos específicos .....	7
<b>ALCANCE .....</b>	<b>8</b>
<b>Límites y metas temáticas para el proyecto.....</b>	<b>8</b>
<b>Límites y metas metodológicas para el proyecto.....</b>	<b>8</b>
<b>MARCO DE REFERENCIA.....</b>	<b>8</b>
<b>Briofitas.....</b>	<b>8</b>
Etimología.....	8
Descripción .....	8
Taxonomía.....	8
Reproducción.....	9
<b>Mecánica de fluidos.....</b>	<b>10</b>
Introducción a la mecánica de fluidos .....	10
Agua .....	10
Tensión superficial.....	10
Capilaridad.....	10
Cohesión.....	10
<b>Antecedentes.....</b>	<b>11</b>
<b>Aplicación en el área de la problemática .....</b>	<b>12</b>
shade balls.....	12
“Warka”(agua para todos).....	12
“Solid Rain” (lluvia solida).....	13
<b>Especies tratadas .....</b>	<b>13</b>
Campylopus jamesonii.....	13
Thuidium peruvianum.....	14
<b>ETAPA DE EXPERIMENTACIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>Protocolos de recolección .....</b>	<b>15</b>
Recomendaciones para la recolección y almacenamiento .....	15
Implementos.....	15
<b>Recolección.....</b>	<b>16</b>
Características del contexto .....	16
Ubicación de especies .....	16
<b>Caracterización de las especies .....</b>	<b>16</b>
Morfología .....	16

<b>Consideraciones</b> .....	<b>17</b>
<b>Experimento #1: Microscopía</b> .....	<b>18</b>
Introducción.....	18
Objetivo.....	18
Protocolos.....	18
<b>Diseño</b> .....	<b>18</b>
<b>Ejecución</b> .....	<b>19</b>
<b>Resultados</b> .....	<b>20</b>
Conclusiones parciales.....	21
Análisis.....	22
<b>Experimento #2: Time lapse del desplazamiento vertical de fluidos</b> .....	<b>22</b>
Introducción.....	22
Objetivo.....	22
Protocolo.....	22
Diseño.....	22
Ejecución.....	23
Resultados parciales.....	24
Análisis.....	24
<b>Experimento #3 Micro gotas de agua</b> .....	<b>24</b>
Introducción.....	24
Objetivo.....	24
Protocolo.....	24
Diseño.....	25
Ejecución.....	25
Resultados.....	26
Conclusiones parciales.....	26
Análisis.....	26
<b>Experimento #4 relación de peso</b> .....	<b>27</b>
Introducción.....	27
Objetivo.....	27
Protocolo.....	27
Diseño.....	27
Ejecución.....	28
Resultado #1.....	29
Resultado #2.....	30
Análisis.....	32
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>32</b>
Ideas Prospectivas.....	33
<b>POSIBLE APLICACIÓN EN PRODUCTOS DE DISEÑO</b> .....	<b>33</b>
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	<b>33</b>
<b>GLOSARIO</b> .....	<b>34</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>34</b>

## 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.

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.

Las Briofitas (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 antocerotes. (Ver 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, ya que éstas son plantas que 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).

## PALABRAS CLAVES

Mecánica de fluidos, Briofitos, Morfología, Diseño.

## PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

Tema general del proyecto

Aplicar los principios mecánicos y/o químicos de almacenamiento, recolección y distribución de recursos que utilizan algunas especies de plantas para la subsistencia.

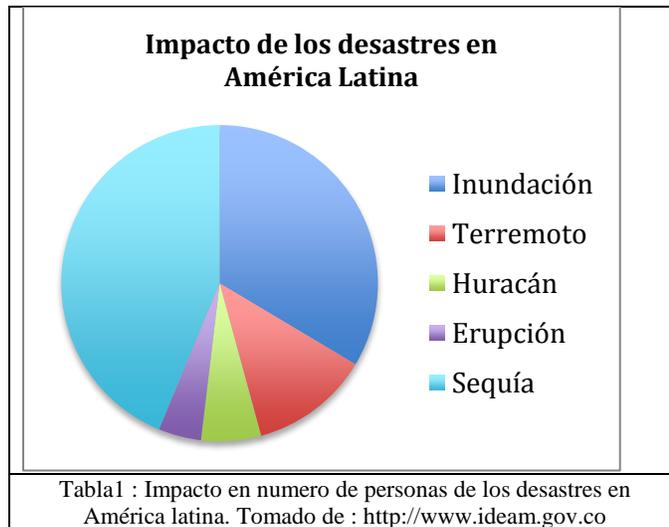
### Características generales del proyecto de investigación

- Temporalidad
- Singularidad
- Dependencia
- Flexibilidad
- Fragilidad
- Integralidad
- Creatividad

## PROBLEMA IDENTIFICADO

En algunas regiones del país se ha vivido una temporada de sequía en las tierras a causa de factores climáticos como lo es el fenómeno del niño, afectando la administración (captación, almacenamiento y distribución) de recursos vitales, como es el agua, afectando poblaciones enteras de humano, animales y vegetales; en Colombia afecta a más de 11 millones de habitantes en 120 municipios del país.

Para esto se van a estudiar **unas** especies de musgos debido a que se observó que éstos son plantas que tienen excelentes capacidades para retener fluidos,



### Elementos del problema

- Musgos (briofitas)
- Recursos
- Distribución
- Almacenamiento
- Captación
- Mecánica de fluidos
- Agua

Hipótesis o pregunta que se formula frente al tema como planteamiento de la investigación

¿En una brioflora cuál de estas dos especies es más eficiente en cuanto a la administración de agua: *Campylopus Jamesonii*, y *thuidium peruvianum*)?

## JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La selección de las briofitas como elemento de estudio se dio por sus excelentes propiedades físicas, su capacidad de sobrevivir en condiciones de extrema sequía y volver a recuperar su forma y su función cuando entra de nuevo en contacto con agua, lo cual se presta para el desarrollo de un proyecto interesante con amplias aplicaciones al diseño, otro factor importante en la selección del tema es la gran disponibilidad de especies diferentes que se pueden encontrar en los ecosistemas a los cuales se tiene fácil acceso urbano y rural.

#### **Validez del proyecto en el contexto de la investigación en diseño industrial:**

Al tener un primer acercamiento con las especies a tratar, se observaron diferentes variables que validaban la elección del ser viviente elegido. La primera fue que su disposición estructural es muy eficiente en cuanto a las cargas que recibe una hoja de musgo al recibir el impacto de una gota de agua que viaja a altas velocidades, como segundo punto fue la estructura celular que tienen dichas hojas ya que cuentan con compartimentos particulares para la recepción y el almacenamiento de recursos. Estos dos puntos, con su debido proceso de estudio y análisis pueden replicarse en un producto de diseño con el cual la administración del agua en ciertas regiones de sequía extrema puede mejorarse y así ayudar a estas comunidades.

#### **Oportunidades que representa para el desarrollo de nuevos productos o estrategias:**

Las briofitas en general no sufren cambios en su estructura interna entre una especie y otra, por lo cual se busca estudiar los principios físicos en estructuras manufacturadas por el hombre, con el fin de beneficiar a ciertas poblaciones vulnerables bajo las condiciones climáticas extremas de calor intenso. Esta sería la oportunidad que se encontró en el estudio de los beneficios de las briofitas.

### **OBJETIVOS**

#### **Objetivo general**

Identificar el nivel de eficiencia en la distribución del agua en dos especies de briofitas en una brioflora, respecto a la morfología, la materialidad y la relación entre ambas.

#### **Objetivos específicos**

- Identificar y caracterizar la morfología de las especies de briofitas 3
- Identificar y caracterizar la materialidad de los tejidos de las especies de briofitas *Campylopus jamesonii*, y *thuidium peruvianum*.
- Evaluar el desempeño y eficiencia de la captación y almacenamiento de agua en las especies de briofitas *Campylopus jamesonii*, y *thuidium peruvianum*.
- Realizar una comparación entre las variables resultantes de la investigación
- Validar los resultados en aplicaciones de productos de diseño

## ALCANCE

### Límites y metas temáticas para el proyecto

Este proyecto llegara a explorar las maneras de acumulación y contención de líquidos presentados en los musgos, comparando variables y analizando los resultados de los fenómenos encontrados; además de plantear una posible manera implementar los principios de almacenar, retener y distribución líquidos en aplicaciones de productos para casos en la temática de la sequia, tomando como referente las estructuras que presentan los individuos tratados.

### Límites y metas metodológicas para el proyecto

El proyecto se limita a encontrar respuestas en las estructuras de los musgos, mediante la observación directa además Dada la rigurosidad en cuestión de el cuidado de las especies a tratar se pretende trabajar en perdidos de tiempo no mayor de 3 semanas con las muestras; además de usar los recursos locales (Medellín), y de uso institucional para el desarrollo de los experimentos

## MARCO DE REFERENCIA

### Briofitas

#### *Etimología*

Las Briofitas (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 antocerotes. (*Foto 1*), son el segundo grupo más numeroso de plantas, luego de las plantas con flores (Shaw & Renzaglia 2004).

#### *Descripción*

Son plantas fotoautótrofas, sus células producen almidón y las paredes de éstas están constituidas por celulosa, presentado una cutícula fina impermeable que controla la evaporación, pero impide el intercambio gaseoso, los estomas o poros suelen estar en los gametofitos talosos de algunas Hepáticas, pero sobre todo se encuentran en los esporofitos.

Las briófitas carecen de tejidos conductores verdaderos (Lignificados, formados por xilema y floema), por lo tanto son plantas “no vasculares” por lo que no son capaces de transportar líquidos de una parte a otra, ni de almacenarlos, solo algunos briofitos complejos (por ejemplo la familia de los (*Polytrichum*), presentan células especializadas que cumplen un primitivo papel de conducción (hidroides y leptoides).

#### *Taxonomía*

Las briofitas son un grupo de organismos que se separaron tempranamente del resto de plantas terrestres, dando lugar a tres grandes linajes diferenciados: Musgos y Esfagno

(Div. Bryophyta), hepáticas (Div. Hepatophyta), y antoceros (Div. Anthocerophyta), (Foto 1.).

A pesar de no parecer un grupo mono filetico, presentan características de reproducción y estructuras comunes, y exclusivos de ellos, por lo que de manera informal se denominan “Briofitos”.

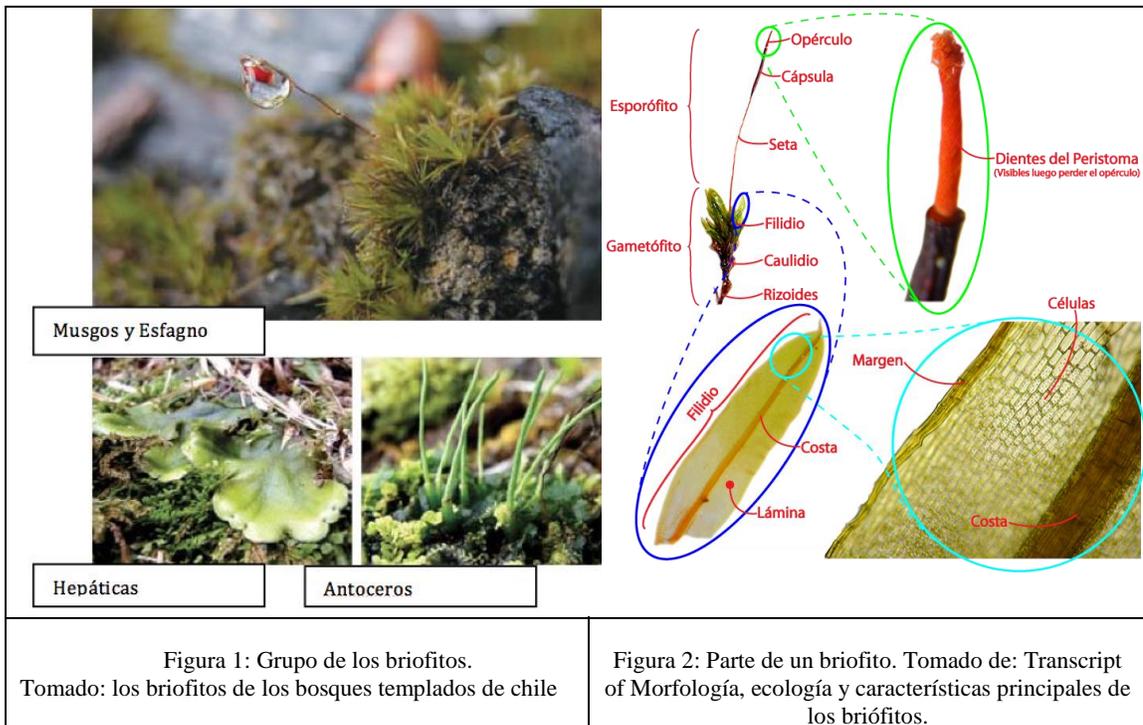


Figura 1: Grupo de los briofitos. Tomado: los briofitos de los bosques templados de Chile

Figura 2: Parte de un briofito. Tomado de: Transcript of Morfología, ecología y características principales de los briófitos.

### Reproducción.

Los briofitos son embriofitos no vasculares, y al igual que todos los embriofitos tiene dos componentes en su ciclo vital (Gametofito y esporofito), presentando gametangios femeninos (arquegonio), y masculino (anteridio), los recubre una capa de células estériles que protegen a las células reproductoras, la fecundación ocurre por oogamia. La generación dominante es el gametofito (condición única de los briofitos dentro de las plantas terrestres). La fase gametofita es la que prolifera y se expande en el proceso de multiplicación asexual y la reproducción sexual.

En la reproducción sexual de los briofitos es fundamental una película de agua para su reproducción, ya que los gametos masculinos móviles, tiene que nadar hasta los gametangios femeninos para poder fecundar el gameto femenino, por esta razón tiene que vivir en sustratos húmedos.

## **Mecánica de fluidos.**

### *Introducción a la mecánica de fluidos*

La mecánica de fluidos es el estudio del comportamiento de los fluidos, ya sea que estén en reposo o en movimiento, entendiendo como fluidos aquellas sustancias líquidas o gaseosas, en este caso en particular: el agua. (Mott, 2006).

### *Agua*

El agua es el componente principal para que la vida sea posible, gracias a su constitución molecular tiene unas características fundamentales para la preservación de la vida: elevados puntos de fusión y ebullición para que pueda permanecer en estado líquido, tiene alto calor específico por lo cual es un excelente amortiguador y regulador de choques térmicos, es un muy buen solvente de sustancias, y, teniendo en cuenta que estamos mayoritariamente compuestos de agua (70%), casi todas las reacciones químicas que se dan en nuestro cuerpo son en medios acuosos, y de igual manera el transporte de nutrientes y la excreción de sustancias de desecho. (Toxqui, 2012)

### *Tensión superficial*

Es la cantidad de energía necesaria para aumentar su superficie por unidad de área. Es la propiedad que tienen los líquidos en su superficie de soportar una fuerza externa (Tamir). En otras palabras, es una interfaz entre la superficie del agua líquida y el aire sobre ella.

Este fenómeno es el que causa que las gotas de agua tengan una forma casi esférica, pues el agua tiene una resistencia en su superficie para aumentar de área, esto solo ocurre en los líquidos, pues son los únicos que tienen una superficie libre.

Microscópicamente, el motivo por el cual la tensión superficial se da es que las fuerzas que afectan a cada molécula son diferentes en el interior del líquido y la superficie. (Pablo, 2012)

### *Capilaridad*

La capilaridad es un fenómeno que deriva de la tensión superficial. Se da debido al efecto de las fuerzas de adherencia que hay entre los líquidos y los sólidos, y las fuerzas de cohesión del propio líquido. Cuando las fuerzas de adherencia son mayores que las fuerzas de cohesión, el líquido tiende a adherirse al sólido propiamente dicho. La capilaridad es lo que hace que los líquidos puedan ascender en tubos delgados (Pablo, 2012).

### *Cohesión*

Acción y efecto de reunirse o adherirse las cosas entre sí o la materia de que están formadas. (RAE, 2001). Es la propiedad que permite que las gotas de agua se formen gracias a que sus moléculas, debido a los puentes de hidrogeno, se atraen.

## Antecedentes

Las siguientes son algunos usos que se le puede dar a los musgos, en muchos casos son usos estéticos, decorativos o en prendas de vestir. Pero también hay diferentes elementos que usan el musgo para la base de soluciones a problemáticas de producción o la vida diaria.

La mayoría de usos que se le ha dado a los musgos han sido en estado natural, sin embargo se encontró un uso de los principios estructurales del musgo.

- En Alemania, la especie *Sphagnum* fue utilizada para forrar las botas de hacer montañismo, gracias a que absorbe el sudor y el mal olor (L. Haedans, 1991).
- Los indios Chippewa de Michigan lo utilizaban para mantener a sus bebés limpios y con su temperatura corporal estable (H. A. Crum 1973).
- 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).
- En algunas partes de Alemania, la lana fue tejida con *Sphagnum* para la fabricación de prendas de vestir económicas (J. W. Hotson 1921).
- 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, pers. comm.)
- En India se utilizó como filtros de humo para las puertas (Pant 1989).
- En la edad de piedra francesa, se descubrieron algunas especies de musgos en las cerámicas de la época, aparentemente por el mismo motivo por el cual hoy se usa la arena en los tratamientos cerámicos: evitar que la pieza esté grasosa, mejorando su calidad. (Glime, 2007)

En el artículo “*Economic and Ethnic Uses of Bryophytes*” de la brióloga Janice M. Glime, se encuentra una descripción detallada de los usos que se le dan a los musgos alrededor del mundo, de los cuales aquí se ejemplificaron los más representativos.

La durabilidad, las propiedades absorbentes, elásticas, aislantes y antisépticas, su capacidad de repeler de mosquitos y sus buenas respuestas a cargas físicas, hacen del musgo un material aprovechable distintos campos con soluciones factibles.

La principal aplicación que se encontró en la cual se utiliza un principio físico de la estructura de las briofitas está en las toallas higiénicas y pañales, que gracias a su gran capacidad de absorción se tomó su estructura de celdas para el aprovechamiento del volumen de la “esponja” para que pueda retener fluidos de manera más eficiente.

### Aplicación en el área de la problemática

Actualmente se han desarrollado soluciones objetuales relacionadas en la problemática de la sequia a nivel mundial, tomado como referente los principios de la mecánica de fluidos, evitado la elaboración, captando el agua del rocío o almacenado agua para tiempos de escases, los siguientes son algunos ejemplos puntuales con distintas aplicaciones.

#### *shade balls*

"shade balls" o (bolas de sombra), las cuales son una pelotas negras que se incorporan en los embalses de agua de California para evitar que el agua se evapore, se pueden aplicar los principios de las briofitas para retener fluidos, almacenarlos y distribuirlos de una manera mas eficiente, ayudando a crecer la cifra de litros de agua salvados por la evaporización, (Ver figura 3)



Figura 3: Shade Ball. Tomado de bbc noticias

#### *“Warka”(agua para todos)*

Los principios de captación de agua de los briofitos pueden ser aplicados al diseño de “Warka”(agua para todos). La cual es un sistema de mayas que recogen el agua condensada en su estructura y finalmente depositada en un contenedor, (Ver figura 4)



Figura 4: Warka. Tomado de <http://www.archdaily.co>

*“Solid Rain” (lluvia solida).*

Es un polvo capaz de absorber enormes cantidades de agua y luego soltarla lentamente a lo largo de un año de tal manera que las plantas puedan sobrevivir y prosperar en medio de una sequía”, (Ver figura 5). Desarrollada en un principio por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), es implementada en algunos cultivos de México.



Figura 5: Solid Raind. Tomado de: <http://solid-rain.com>

**Especies tratadas**

*Campylopus jamesonii*

Los hidroides en la hoja de musgo se encuentran en la costa. La estructura de las células hidroides es el mismo tanto en tallo y hojas, por lo que las claves para el reconocimiento de ellos son similares. En las hojas de musgo, la hebra hidroides es generalmente más pequeño, lo que a menudo se ha degradado y parece ser un agujero agudamente angular en la sección transversal costal.

Nombre científico	<i>Campylopus Jamesonii</i>
Reino	Plantae
Phylum	Bryophyta
Clase	Bryopsida
Orden	Dricranales
Familia	dicranaceae
Genero	Campylopus
Epíteto específico	Jamesonii
Autor epíteto específico	Hook A. Jaeger
Determinador	Florschüttz
Fecha de determinación	1967



Tabla 2: Morfología Campylopus Jamesonii Tomado de: Instituto de ciencias naturales (biovirtual.unal.edu.co)

Figura 6: Campylopus Jamesonii. Tomado: Comuna 90 Medellín

El género Campylopus está representado en África por 40 especies, subespecies y variedades, de las cuales 27 han sido encontradas en Malawi, Atractylocarpus y

Bryohumbertia por dos especies cada uno (uno de cada uno que se encuentra en Malawi), y Microcampylopus por una especie, que se ha encontrado en Malawi.

*Thuidium peruvianum*

Nombre científico	<i>Thuidium peruvianum</i>	
Reino	Plantae	
Phylum	Bryophyta	
Clase	Pryopsida	
Orden	Hypnales	
Familia	Thuidiaceae	
Genero	Thuidium	
Epíteto específico	Peruvianum	
Autor epíteto	Mitt.	
Determinador	Robinson, H.	
Fecha determinación	1974	
Tabla 3: Morfología Thuidium Peruvianum. Tomado de: Instituto de ciencias naturales (biovirtual.unal.edu.co)		Figura 7: Thidium Peruvianum.

*Thuidium peruvianum* Mitt., J. Linn. Soc. 12: 578. 1869

Plantas robustas, en matas laxas, pardas a pardoverdosas. Tallos procumbentes, 2 (-3) pinnados, 10-15 cm de longitud; en sección transversal, con cordón central reducido, células corticales grandes de paredes rígidas, rodeada por 2-3 filas de estereidas; parafilos abundantes sobre el tallo y ramas primarias, polimorfos, filamentosos, ramificados 1-2 seriados en la base, 1-seriados hacia los extremos, células medias subcuadradas a rectangulares, lisas en la base, con una a dos papilas hacia el ápice, célula distal con 2-3 papilas; pseudoparafilos foliosos, con abundantes apéndices 1-seriados, papilosos; pelos axilares con 1(-2) célula basal parda y 1(-2) célula distal hialina. Hojas del tallo y ramas dimórficas; hojas del tallo ovaltriangulares, gradual o abruptamente largoacuminadas, terminando en un pelo de una a varias células, cóncavas, fuertemente plegadas.

La *T. peruvianum* se caracteriza por las plantas casi rectas, aplanadas, laxamente ramificadas, con las hojas del tallo terminadas en un pelo hialino, flexuosos, formado por una a varias células y células foliares unipapilosas. Sin embargo, en el material estudiado se han localizado plantas intrincadas, paquicladas, prolíferas, con parafilos escasamente papilosos, hojas del tallo constrictas en el acumen, pero manteniendo los caracteres específicos de *T. peruvianum*. Esto llevó a que se realizara, además del estudio morfológico, el análisis de los flavonoides (Mendiondo et al., 2005).

Ecología y distribución: Esta especie crece sobre roca o suelos rocosos, generalmente en lugares expuestos y bien iluminados de los bosques montanos, desde los 700-1800

m. Es la especie del género más frecuente y ampliamente representada en el NOA. En el Neotrópico se distribuye desde México por el corredor andino hasta Argentina (provincias de Córdoba, Catamarca, Tucumán, Salta y Jujuy) (Fig. 9). (María Magdalena Schiavone, 2007, págs. 224-225).

### **ETAPA DE EXPERIMENTACIÓN**

Antes de hacer la caracterización de las especies, se tiene como base el objetivo de identificar cuál de éstas tiene un mejor desempeño y es más eficiente en cuanto al almacenamiento y distribución del agua, con el fin de encontrar la respuesta y el motivo por el cual es así.

Se pretenden hacer una serie de experimentos con las especies de musgo, *thuidium peruvianum* y *Campylopus jamesonii* extraídas del corregimiento 90 del municipio de Medellín. Los experimentos se realizarán con el objetivo de Identificar el nivel de eficiencia en la distribución del agua en dos especies de briofitos de una brioflora, respecto a la morfología, la materialidad y la relación entre ambas.

### **Protocolos de recolección**

#### *Recomendaciones para la recolección y almacenamiento*

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

#### *Implementos*

- Pala de jardinería
- Bascula o balanza electrónica
- Bolsas plásticas
- Recipiente de plástico hermético
- Bolsas o sobres de papel
- Regla
- Cuchillo
- Material de escritura
- Lupa
- Pinzas
- Hielera pequeña

- Papel absorbente
- Cámara fotográfica
- Alimento
- Hidratación

Para el proceso de recolección y almacenamiento de muestras, 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. Esto permitirá que las muestras estén en buen estado para ser sometidas al proceso experimental requerido y de este modo las muestras se podrán adecuar a las características de temperatura del ambiente y la morfología adecuada y requerida por el experimento a desarrollar.

### **Recolección**

#### *Características del contexto*

Topografía: moderadamente pendiente, muy buen drenaje.

Altura: 2.600 msnm

Temperatura promedio: 14.5°C

Humedad relativa: 89%

#### *Ubicación de especies*

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. 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.

### **Caracterización de las especies**

#### *Morfología*

#### ***Thuidium peruvianum***

- **Habito:** Trama; Forma de crecimiento a menudo ascendente y flojamente entretejida.
- **Sustrato y habitat:** Mesofico; adaptado a climas relativamente húmedos.
- **Tallo y rama:** Ramificación bipinado.
- **Orientación de las hojas:** Julaceo; Cilíndrico-liso, como un aumento, referido a los tallos o a las ramas con las hojas fuerte mete embrificadas.
- **Forma de la hoja:** Eliptico rectangular; con los ángulos o terminaciones redondos y con lados extremos curvos.

- **Textura de la hoja:** ondulado; ondeado
- **Apice 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.

### *Campylopus jamesonii*

- **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.

### Consideraciones

Para que el resultado de los experimentos sea lo más acertado posible se realizó una clasificación de las especies por taxonomía, las cuales se llevaron a microscopia para

aprobar su familia, clase y especie; con resultados positivos, se procede a la etapa del diseño de los experimentos, los cuales responden a los objetivos planteados.

En la etapa experimental de la investigación es necesario reducir al máximo las variables con el fin de poder tener una relación verificable y cuantificable en los resultados. Éstas variables fueron:

- En el área de trabajo:
- Humedad relativa y temperatura en el área de trabajo.
- En las muestras recolectadas:
- Sustrato (tipo y cantidad),
- Condiciones de la especie (resequedad, maduración, humedad),
- Tamaño y disposición en los experimentos.

Por esta razón se busca realizar los experimentos en una escala más pequeña que un solo espécimen, reduciendo la muestra a trabajar hasta los filoides (o falsas hojas), las cuales tienen la estructura celular de captación de fluidos.

## **Experimento #1: Microscopía**

### *Introducción*

En este experimento se utilizaron filidios individuales completos de las especies *Campylopus jamesonii* y *Thuidium peruvianum*. Se seleccionaron los especímenes y se procedió a extraer de él algunos filidios para ser sometidos a microscopía.

### *Objetivo*

Obtener fotografías y videos del comportamiento del fluido dentro de los filoides para determinar factores de absorción.

### *Protocolos*

- El experimento se desarrolló en el herbario de la Universidad de Antioquia.
- La temperatura en éste lugar es regulada permanentemente, 21°C.
- Los especímenes a observar estaban libres de impurezas o residuos del sustrato.
- Los porta y cubre objetos eran nuevos y así se eliminaba otro tipo de partículas que pudieran afectar la observación.
- El proceso de montaje de las muestras en el porta objetos fue realizado por el especialista en briología Giovanni Pérez.

## **Diseño**

La preparación de esta prueba consistió en el montaje de la muestra que iba a ser sometida a observación. Después de seleccionadas y separadas las muestras, se colocaron en un porta objetos y luego se sobrepuso el cubreobjetos para que la muestra estuviera en óptimas condiciones para ser observada en el microscopio y no existieran inconvenientes a la hora de enfocar. Para lograr un mayor control en el momento de depositar el agua entre las plaquetas de vidrio, se aplicó barniz de uñas en los bordes del cubreobjetos, (Ver figura 8).

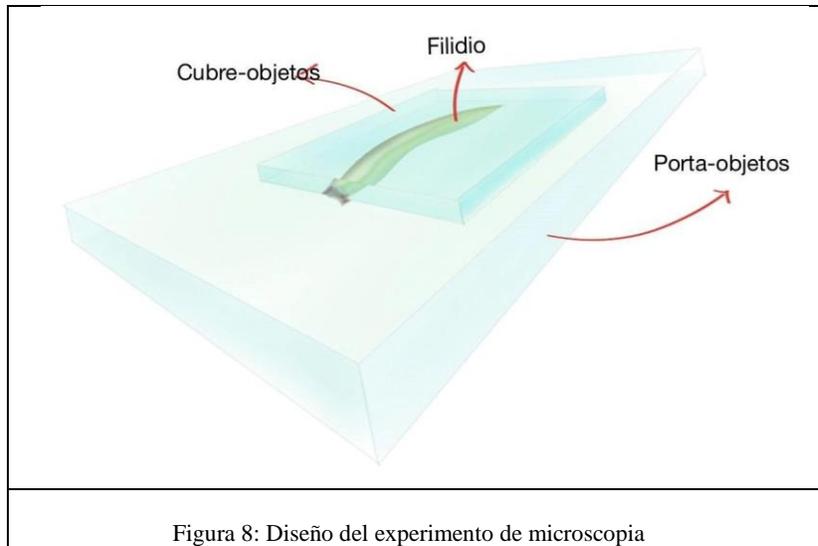


Figura 8: Diseño del experimento de microscopía

Implementos empleados en el desarrollo del experimento:

- Lupa (4X o 10X)
- Pinzas AA
- Aguja quirúrgica
- Porta objetos
- Cubre objetos
- Barniz de uñas convencional
- Microscopio *Amscope*
- Microgotero
- Azul de metileno
- Computador
- Software *Amscope* (<https://unitedscopellc.wordpress.com/>)

### Ejecución

- Separar una filioide del caulidio con la ayuda de una lupa, pinzas doble A, y una aguja.
- Se aprisiona un filioide entre una porta objetos y un cubre objetos.
- Aplicar barniz o esmalte de uñas en 3 bordes del cubre objetos para evitar que se separe del porta objetos.
- Aplicar el fluido en el lado descubierto del cubre objetos.
- En el microscopio *Amscope* se hará el registro en video sobre el comportamiento del fluido dentro de las células de filidio por un tiempo determinado (1-5 minutos).

## Resultados

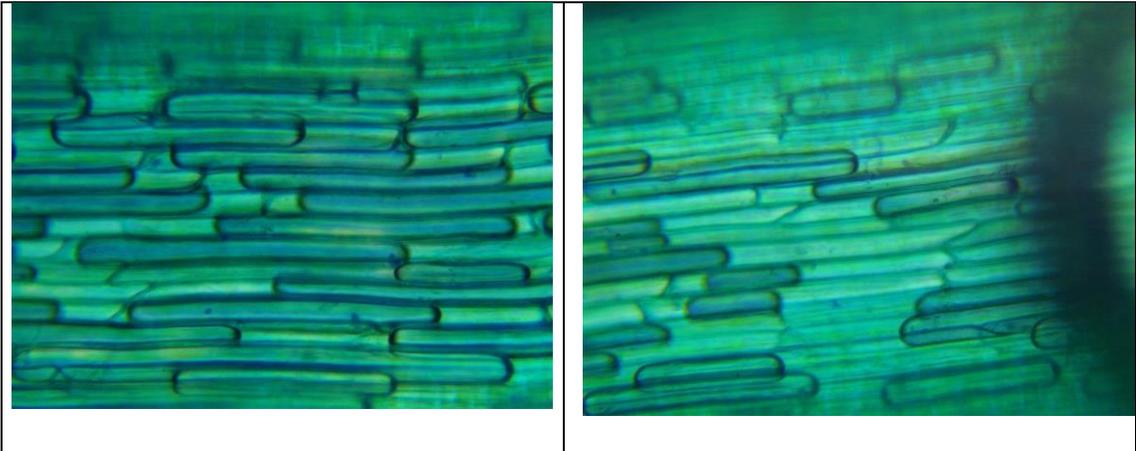


Figura 9: *Campylopus jamesonii* 40x. Células oscuras llenas de agua, espacios claros aire entre la células. Tomado de anexos



Figura 10: *Thuidium peruvianum* 10x Filoides llenos de agua, tención superficial del agua en la margen de las hojas. Tomado de anexos

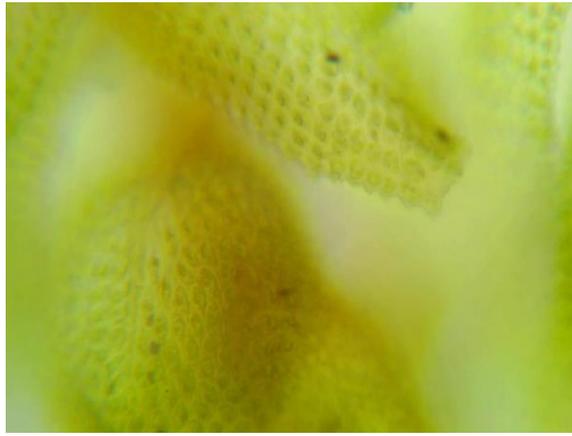


Figura 11: *Thuidium peruvianum* 40x, Células llenas de agua. Tomado de anexos

#### *Conclusiones parciales*

- Es necesaria una cámara de mínimo 24 fotogramas por segundo para poder ver cambios significativos en la captación y distribución de agua respecto al tiempo, ya que con la cámara del microscopio *amscope* cuenta con un sensor de 1 fotograma por segundo, siendo imposible la abstracción de resultados cuantificables.
- Las células de la costa (las cuales son más grandes), captan el fluido mucho más rápido el agua de las células de la lámina.
- Es más importante para los briofitos, llenar un filidio completamente (de base a ápice), que todo el espécimen.
- La tensión superficial juega un papel relevante en este proceso, ya que cuando se rompe esta tensión entre el agua y la costa del filidio, permite el ingreso inmediato del agua, llenando la totalidad del filidio en solo fracciones de segundos.
- El filidio tiene un cambio morfológico significativo en el proceso de absorción de agua, pues se dilata hasta 3/5 partes, a medida que se inundan sus células de fluido.
- En el proceso de llenado de las células, unas de ellas quedan vacías, o con aire.
- En la especie *Thuidium peruvianum*, debido a su morfología, es más complicado observar las células pues son mucho más pequeñas, lo cual dificulta el registro fotográfico y en video de la forma en la que se administra el agua, a diferencia de la especie *Campylopus*.
- Debido a la acción de la tensión superficial en la especie *Thuidium peruvianum*, el espacio vacío entre los filoides permite que tenga una mayor captación de agua, pero sin inundar las células.

Se concluye que en el diseño del experimento, la gota de agua que entra en contacto con el filidio puede significar una variable no controlada, ya que su tamaño en relación con el del espécimen es mucho mayor; se propone disminuir el tamaño de la gota a una micro gota recolectada con un rociador de agua y aplicarla directamente en el individuo, sin embargo en el momento de aplicar esta técnica se vio imposible controlar el movimiento involuntario del espécimen al entrar en contacto con la

micro gota y el elemento portador, impidiendo su registro de video en estéreo microscopia, descartando esta posibilidad y arraigarnos a los resultados obtenidos en primera instancia.

### *Análisis*

En este experimento, la tensión superficial juega un papel fundamental, ya que nos recalca 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 celular alargadas y oblicuas, permiten una mayor permeabilidad entre ellas, logrando llevar el agua de “A” a “B” sin comprometer sus lados mas anchos, por otra parte la especie *Thuidium peruvianum* predomina una estructura celular mas revolucionada, otorgándole la cualidad de absorber una gran cantidad de fluido en su totalidad, si dejar células vacías o con aire.

## **Experimento #2: Time lapse del desplazamiento vertical de fluidos**

### *Introducción*

Para el desarrollo de este experimento, se utilizaron diferentes muestras de las 2 especies de briofitos *Campylopus jamesonii* y *Thuidium peruvianum* con características morfológicas y medidas similares, estado físico en muy buenas condiciones en los rizoides, el tallo y los filoides.

### *Objetivo*

Comprobar y comparar la captación por capilaridad en contra de la gravedad en las especies seleccionadas

### *Protocolo*

- El experimento se llevó a cabo en una habitación cerrada y hermética a una temperatura de 21°C.
- Las muestras que se sometieron tenían una longitud media de 4.6 cm.
- Las muestras sometidas pasaron por un proceso de deshidratación durante 2 semanas a temperatura ambiente.

### *Diseño*

Se plantea un experimento en el cual se va a evaluar la velocidad con la cual el fluido se desplaza verticalmente por el espécimen, para lo cual se diseñó un soporte en

alambre moldeable (Ver figura 12), el cual permite que la muestra permanezca en posición vertical.

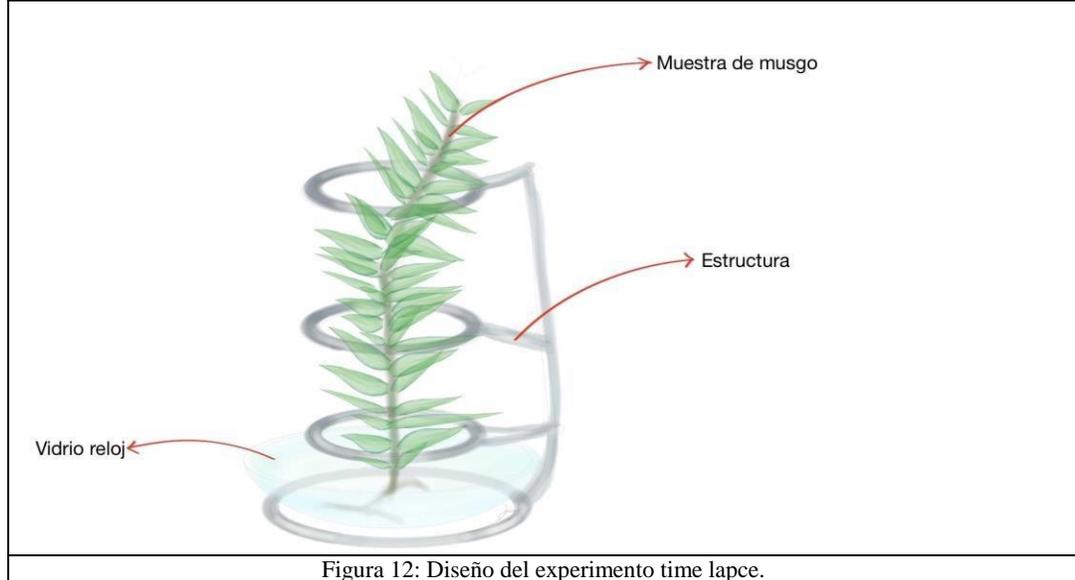


Figura 12: Diseño del experimento time lapse.

Implementos empleados en el desarrollo del experimento:

- Lona blanca (sin fin)
- Vidrio reloj
- Vaso plástico
- Agua
- Azul de metileno en polvo
- Gotero de 2 cm cúbicos
- Soporte diseñado en alambre dulce
- Cámara réflex Nikon D5000 con lente 18-55mm
- Trípode
- Lentes close up 1X, 2X, 4X y 10X
- Lámpara de escritorio ecualizable
- Lámpara de piso con bombillo de luz blanca
- Pinzas

#### *Ejecución*

- El espécimen es sujetado en el soporte de alambre, permitiendo que su extremo inferior tenga contacto con el agua que se depositara en el vidrio reloj.
- El vidrio reloj se dispone en la base del soporte de alambre.
- Se programa la cámara para que tome cierto número de fotografías con un intervalo uniforme entre cada fotografía. Esto varía en cada caso.
- La cámara se nivela con la muestra por medio del trípode.

- Al lente de la cámara fotográfica se le adicionan los lentes *close up* que sean necesarios para el adecuado enfoque de la parte del espécimen, y de esta manera extraer la información necesaria.
- Luego de que se obtienen todas las fotografías, se procede a hacer el montaje de un *time lapse* en un software de edición de video (*Windows Live Movie Maker*).

#### *Resultados parciales*

El resultado de este experimento son una serie de videos en los cuales se observa el desplazamiento vertical del fluido a través del espécimen.

#### *Análisis*

En este experimento se observa el movimiento de los fluidos por 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 obtiene como resultado una captación significativa de la cantidad de agua recolectada por la especie 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.

Se concluye que los resultados no son positivos en gran medida debido al diseño, ya que en estado natural, el fluido de agua proviene del rocío y/o de la lluvia directa o salpicada, por este motivo se procede a realizar una segunda versión de este experimento con un planteamiento distinto.

### **Experimento #3 Micro gotas de agua**

#### *Introducción*

Este experimento se realizó como consecuencia de inconsistencias en el diseño del experimento #2. Se buscó solucionar la forma en que el espécimen capta el agua de manera más acercada a la naturaleza, de ésta manera se pretendió eliminar variables que afectaban el correcto desarrollo del experimento y así obtener resultados más concretos y acertados.

#### *Objetivo*

Observar y analizar el comportamiento del fluido del agua al interior de los filidios de las especies trabajadas.

#### *Protocolo*

- El experimento se desarrolló en una habitación donde la humedad relativa, la temperatura y la luz son controladas.
- Los especímenes trabajados fueron muestras sanas y recientemente colectadas de su hábitat.

- Se procedió a un proceso de deshidratación previo de cada una de los especímenes que se sometieron al experimento, este proceso duro 7 días calendario.

### *Diseño*

Para el desarrollo de éste experimento se diseñó un contenedor no permeable de medidas 14.1 x 8 cm x 11 cm. El cual funciona como una caja de luz para tener un mejor resultado en cuanto a la iluminación. El espécimen se dispuso en un soporte de alambre para que la muestra permaneciera en posición vertical, como lo está naturalmente, (Ver figura 13). En el siguiente dibujo se presenta de una forma ilustrada el diseño de los dispositivos a utilizar.

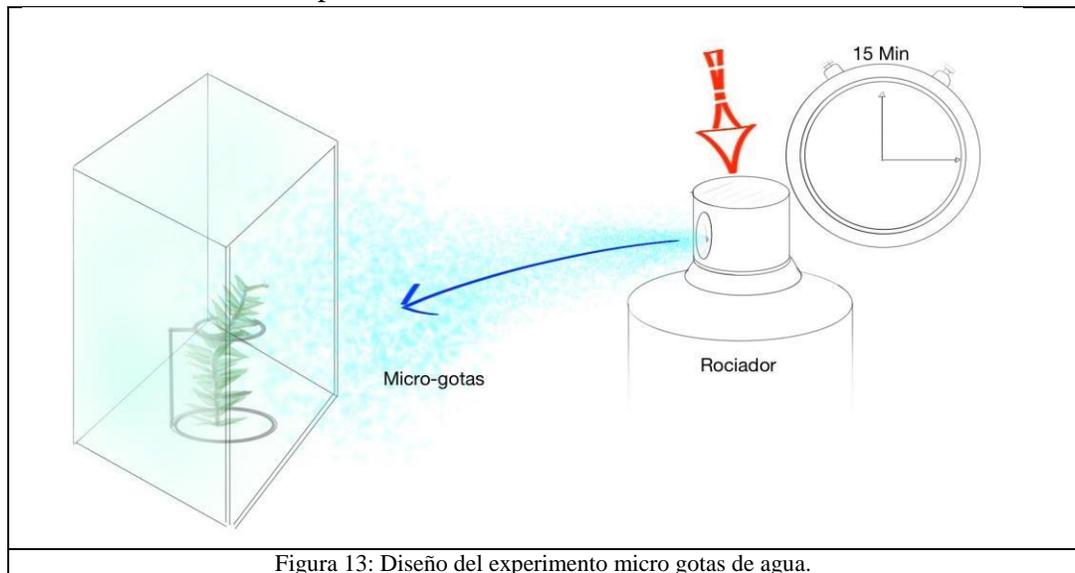


Figura 13: Diseño del experimento micro gotas de agua.

### Implementos usados en el experimento:

- Contenedor de acrílico transparente
- Luces de ambientación
- Papel bond blanco
- Alambre maleable
- Bloque de elastómero (base)
- Atomizador
- Reloj
- Agua
- Cámara fotográfica
- Trípode

### Ejecución

- Cuando se tenían todos los instrumentos listos, el alambre se insertó en la barra del elastómero.

- Se colocó la muestra de musgo en el soporte de alambre de tal forma que quedara en posición vertical.
- Se ubicó el dispositivo de alambre con la muestra sujeta en el interior del contenedor de acrílico.
- Se dispuso el atomizador a la distancia prudente para que la mayor cantidad de gotas de agua cayeran dentro del contenedor.
- 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.
- Se realizó el registro fotográfico necesario para obtener los resultados a analizar.

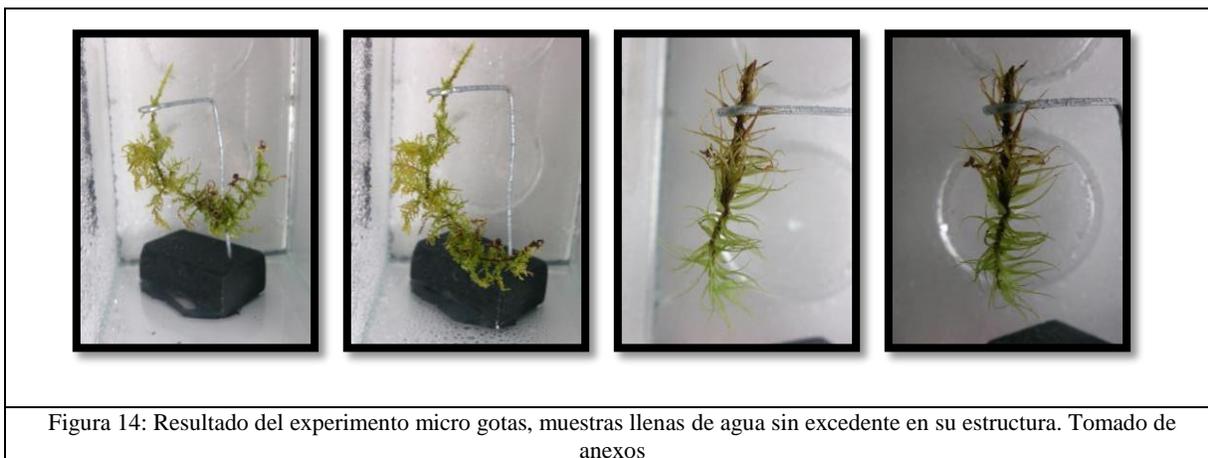


Figura 14: Resultado del experimento micro gotas, muestras llenas de agua sin excedente en su estructura. Tomado de anexos

### *Resultados*

#### *Conclusiones parciales*

- Ambos especímenes lograron captar una cantidad significativa de agua.
- En ninguna de las dos especies se encontraron excesos de agua en el exterior de la muestra causados por la tensión superficial que se genera entre las ramificaciones.
- No se observó un movimiento significativo del fluido en la especie.

#### *Análisis*

Se logró observar que el espécimen si logro retener cierta cantidad de fluidos y su distribución está dada por el punto de captación de agua inundándose primero las hojas más expuestas.

No se lograron obtener resultados veraces después de terminado el experimento. El primer elemento para considerar fue el hecho de que el atomizador agitaba bruscamente a la muestra, provocando un movimiento que no es propio de la naturaleza afectando notablemente los resultados en el registro fotográfico, al cambiar de posición la muestra, se presenta mucha dificultad a la hora identificar y hacer seguimiento meticuloso a un punto de la muestra, ya sea en sus hojas, subtallo o tallo, para lograr observar los cambios que sufre la morfología.

## Experimento #4 relación de peso.

### Introducción

Los experimentos se realizaron en dos sesiones diferentes con un intervalo de siete días entre la primera y la segunda prueba. Se sometieron individuos recolectados en distintas condiciones, con el fin de eliminar variables de temperatura, humedad y secado de las especies.

### Objetivo

En esta etapa de experimentación se pretende encontrar la relación entre la capilaridad y la captación de agua.

### Protocolo

- Se procede a realizar el secado de las muestras a temperatura ambiente durante un periodo prolongado (1 semana).
- Una separación de individuos, similares en su morfología (tamaño, peso, composición de sus hojas), en la especie *Campylopus jamesonii* y *Thuidium peruvianum*,
- limpieza y eliminación de toda clase de impurezas.

### Diseño

Para la realización de esta prueba, se hizo la solicitud para el uso de la balanza de precisión del laboratorio de materiales de la UPB, (Ver figura 15).

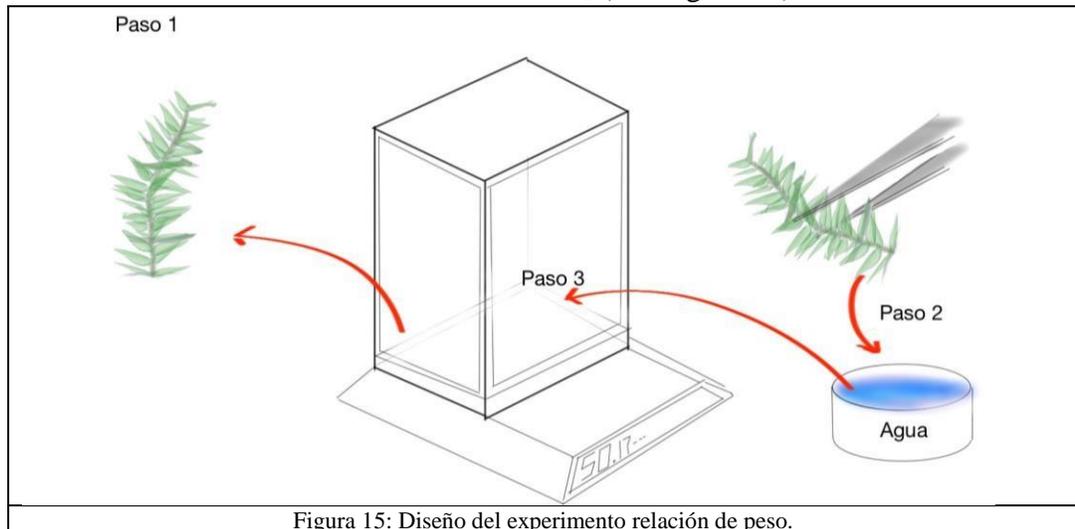


Figura 15: Diseño del experimento relación de peso.

Implementos empleados en el desarrollo del experimento:

- Balanza de precisión
- Contenedor limpio
- Agua
- Pinzas
- Toallas de papel
- Elementos de escritura
- Ordenador portátil
- Software para la tabulación (*Microsoft Excel*)



Figura 16: Proceso del experimento relación de peso. Proceso de pesado en seco y pesado en mojado. Tomado de anexos

#### *Ejecución*

- Se separan las muestras con características morfológicas similares. Todos los especímenes que se sometieron en la prueba estaban en perfectas condiciones físicas.
- Se toma el peso del recipiente vacío.
- Se coloca la muestra en el recipiente y se configura la balanza en 0, para que de este modo el peso expresado sea únicamente el de la muestra.
- Se retira la muestra del recipiente.
- Se sumergen las muestras en agua durante 1 segundo.
- Se sacude suavemente la muestra para eliminar el exceso de agua.
- Nuevamente se registra el peso de la muestra húmeda.
- Cuando se tienen todos los datos recolectados, se descargan en una tabla del software (*Microsoft Excel*).
- Se obtiene la diferencia entre el peso de cada especie seca y la especie húmeda. Esto es realizado con las funciones que proporciona el software.
- Cuando se tienen los resultados de las diferencias expresadas en el punto anterior, se saca un promedio, el cual es el promedio existente en las 20 muestras pesadas de su capacidad de absorción de agua.
- Se transcriben los datos en términos de porcentaje.

### Resultado #1

Fecha	10/04/2015			Lugar	Laboratorio de materiales		
Experimento	Se seleccionaron 10 muestras de cada una de las especies a trabajar, teniendo en cuenta que esas muestras seleccionadas debían tener ciertas características en común, tales como tamaño, estructura, tiempo de secado, peso y optimas condiciones en su morfología. Con cada muestra se procede a pesarse en una báscula de						
<i>Campylopus jamesonii</i>				<i>Thuidium peruvianum</i>			
# muestra	Peso seco	Peso + agua	Total Absorción (g)	# muestra	Peso seco	Peso + agua	Total
#1	0,018	0,118	0,1	#1	0,015	0,161	0,146
#2	0,026	0,184	0,158	#2	0,033	0,163	0,13
#3	0,031	0,167	0,136	#3	0,016	0,097	0,081
#4	0,024	0,167	0,143	#4	0,03	0,216	0,186
#5	0,028	0,213	0,185	#5	0,02	0,09	0,07
#6	0,0164	0,099	0,0826	#6	0,025	0,248	0,223
#7	0,012	0,084	0,072	#7	0,02	0,188	0,168
#8	0,05	0,318	0,268	#8	0,059	0,36	0,301
#9	0,012	0,121	0,109	#9	0,1	0,89	0,79
#10	0,026	0,124	0,098	#10	0,02	0,183	0,163
#11	0,028	0,141	0,113	#11	0,011	0,2	0,189
#12	0,019	0,116	0,097	#12	0,014	0,104	0,09
#13	0,02	0,125	0,105	#13	0,021	0,255	0,234
#14	0,026	0,183	0,157	#14	0,012	0,104	0,092
#15	0,017	0,086	0,069	#15	0,012	0,084	0,072
#16	0,023	0,155	0,132	#16	0,03	0,216	0,186
#17	0,035	0,199	0,164	#17	0,019	0,136	0,117
#18	0,025	0,114	0,089	#18	0,019	0,093	0,074
#19	0,027	0,139	0,112	#19	0,01	0,081	0,071
#20	0,018	0,125	0,107	#20	0,006	0,052	0,046
Promedios	0,02407	0,1489	0,12483	Promedios	0,0246	0,19605	0,17145
Relación absorción/peso	5,18612381	519%		Relación absorción/peso	6,9695122	697%	
Análisis	En la especie <i>Campylopus jamesonii</i> se puede afirmar que en promedio es capaz de <b>captar</b> el 519% de su peso en agua.			Análisis	En la especie <i>Thuidium peruvianum</i> se puede afirmar que en promedio es capaz de <b>captar</b> el 697% de su peso en agua.		
CONCLUSIÓN	Tendiendo los resultados de los análisis de las tablas anteriores, en las cuales se relacionaba la capacidad de absorción con el peso de cada una de las muestras, se puede concluir que la especie <i>Thuidium peruvianum</i> es 25,53% más eficiente que la especie <i>Campylopus jamesonii</i> .						

El experimento se repite con el fin de disminuir la desviación estándar y obtener resultados más precisos. De esta manera a una misma muestras se somete tres veces a pesarlo seco y mojado, comparando los resultados sobre ella misma. El proceso de eliminación de exceso de agua en la muestra se realiza por gravedad, dejando que el agua escurra como lo aria en su naturaleza en un lapso de tiempo determinado (un minuto aproximadamente). El tiempo de secado se estimó en cinco horas en ambiente para garantizar su absoluto secado.

Resultado #2

<i>Campylopus</i>									
# de muestra	Peso seco		Promedio	Peso con agua		Promedio	Absorción (g)	Promedio	
1	1	0,0161	0,01583333	1	0,1289	0,1416	1	0,1128	0,12577
	2	0,0157		2	0,1615		2	0,1458	
	3	0,0157		3	0,1344		3	0,1187	
2	1	0,0205	0,02036667	1	0,1882	0,192	1	0,1677	0,17163
	2	0,0202		2	0,2101		2	0,1899	
	3	0,0204		3	0,1777		3	0,1573	
3	1	0,0269	0,0266	1	0,1939	0,220166667	1	0,167	0,19357
	2	0,0263		2	0,2424		2	0,2161	
	3	0,0266		3	0,2242		3	0,1976	
4	1	0,0228	0,02286667	1	0,1753	0,1783	1	0,1525	0,15543
	2	0,0228		2	0,1736		2	0,1508	
	3	0,023		3	0,186		3	0,163	
5	1	0,0205	0,02086667	1	0,1983	0,1877	1	0,1778	0,16683
	2	0,021		2	0,1918		2	0,1708	
	3	0,0211		3	0,173		3	0,1519	
6	1	0,0229	0,02233333	1	0,1761	0,178566667	1	0,1532	0,15623
	2	0,0221		2	0,1746		2	0,1525	
	3	0,022		3	0,185		3	0,163	
7	1	0,0229	0,02273333	1	0,2122	0,2041	1	0,1893	0,18137
	2	0,0221		2	0,2018		2	0,1797	
	3	0,0232		3	0,1983		3	0,1751	
8	1	0,0204	0,02036667	1	0,2266	0,207133333	1	0,2062	0,18677
	2	0,0203		2	0,2031		2	0,1828	
	3	0,0204		3	0,1917		3	0,1713	
9	1	0,0279	0,02776667	1	0,2103	0,227966667	1	0,1824	0,20020
	2	0,0278		2	0,215		2	0,1872	
	3	0,0276		3	0,2586		3	0,231	
10	1	0,0207	0,02033333	1	0,1193	0,1631	1	0,0986	0,14277
	2	0,0201		2	0,1745		2	0,1544	
	3	0,0202		3	0,1955		3	0,1753	

Promedios	0,022006667	0,190063333	0,168056667
-----------	-------------	-------------	-------------

Relación absorción/peso	7,636625265	763,66%
-------------------------	-------------	---------

En la especie *Campylopus jamesonii* la capacidad de retención de agua fue de 763.66%, eso significa que la especie es capaz de retener 7.63 veces su peso en agua.

<i>Thuidium</i>						
# de muestra	Peso seco	Promedio	Peso con	Promedio	Absorción (g)	Promedio
1	1 0,0238	0,023733333	1 0,1935	0,2361	1 0,1697	0,212366667
	2 0,0234		2 0,2551		2 0,2317	
	3 0,024		3 0,2597		3 0,2357	
2	1 0,0252	0,0182	1 0,195	0,215433333	1 0,1698	0,197233333
	2 0,0145		2 0,2253		2 0,2108	
	3 0,0149		3 0,226		3 0,2111	
3	1 0,0156	0,015	1 0,142	0,151433333	1 0,1264	0,136433333
	2 0,0145		2 0,1581		2 0,1436	
	3 0,0149		3 0,1542		3 0,1393	
4	1 0,0243	0,023966667	1 0,2204	0,248766667	1 0,1961	0,2248
	2 0,0242		2 0,3069		2 0,2827	
	3 0,0234		3 0,219		3 0,1956	
5	1 0,0257	0,025566667	1 0,285	0,268766667	1 0,2593	0,2432
	2 0,0259		2 0,305		2 0,2791	
	3 0,0251		3 0,2163		3 0,1912	
6	1 0,0322	0,031766667	1 0,3388	0,370066667	1 0,3066	0,3383
	2 0,0319		2 0,3738		2 0,3419	
	3 0,0312		3 0,3976		3 0,3664	
7	1 0,0257	0,025133333	1 0,3268	0,3526	1 0,3011	0,327466667
	2 0,0252		2 0,3881		2 0,3629	
	3 0,0245		3 0,3429		3 0,3184	
8	1 0,031	0,0306	1 0,4219	0,4015	1 0,3909	0,3709
	2 0,0305		2 0,407		2 0,3765	
	3 0,0303		3 0,3756		3 0,3453	
9	1 0,0301	0,028366667	1 0,3366	0,3346	1 0,3065	0,306233333
	2 0,0276		2 0,3889		2 0,3613	
	3 0,0274		3 0,2783		3 0,2509	
10	1 0,0284	0,028133333	1 0,3089	0,3429	1 0,2805	0,314766667
	2 0,0276		2 0,3588		2 0,3312	
	3 0,0284		3 0,361		3 0,3326	
Promedios	0,025046667		0,292216667		0,2671	

Relación absorción/peso	10,66688847	1066,69%
-------------------------	-------------	----------

En la especie *Thuidium peruvianum* la capacidad de **retención** de agua fue de 1066.69%, eso significa que la especie es capaz de retener 10.66 veces su peso en agua.

## Análisis

### Tabla #1:

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. Con 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.

### Tabla #2:

En el proceso de la experimentación, se toma como error de proceso, el momento en que se quita el exceso de agua en las muestras tras estar sumergidas, este proceso consistió en agitar las muestras antes de pesarlas mojadas para eliminar el excedente de fluidos en tensión superficial, las variables entre cada sacudida son tantas que nos obligaron a repetir el experimento, además de no haber sometido la misma muestra a distintos resultados, para disminuir la desviación estándar e incrementar la precisión de los datos. De esta manera se obtuvieron resultados de la capacidad de retención de agua en todo el espécimen.

## 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 las filidios y la capacidad de retención de agua en la tensión superficial.

En una brioflora la especie *T. peruvianum* por su amplia distribución es una especie muy variable y que las diferencias fenotípicas observadas podrían deberse solo a una menor disponibilidad de luz. En su hábitat natural, únicamente las plantas de lugares protegidos forman ramificaciones densas con el fin de captar mas agua.

En la especie *C. Jamesonii* todas las paredes celulares de todos los tejidos poseen la capacidad de conducir el agua. La masa pesada de material de la pared celular contribuye a la conducción radial de agua, otorgando la cualidad de llenar primero los filidios expuestos antes que el espécimen completo de base a ápice

En el momento de la ejecución de los experimentos, se encuentra dificultoso encontrar una relación entre las muestras a trabajar con exactitud, debido a la los mínimos cambios en las variables de: recolección, guardado, secado, transporte, y forma de la muestra. A pesar de intentar controlar al máximos estos cambios los cambios se hacen notar, no

significativamente, pero si afectan en una pequeña medida los resultados. Para poder controlar estas variables a un punto.

### **Ideas Prospectivas**

En base a los análisis de la información, se puede tomar los principios encontrados en la comparación de ambas especies; se toma los beneficios a favor de cada especie que pueden ser aplicables en soluciones de productos de diseño, apuntando a la problemática de la sequía. además se debe hacer una comparación con antecedentes históricos de el uso de briofitos en distintos campos y soluciones actuales de productos en relación a la sequía; de esta manera el panorama es más amplio.

### **POSIBLE APLICACIÓN EN PRODUCTOS DE DISEÑO**

A partir del estudio realizado de identificar el nivel de eficiencia en la distribución del agua en dos especies de briofitos (*Campylopus Jamesonii*, y *thuidium peruvianum*), en una brioflora, respecto a la morfología, la materialidad y la relación entre ambas; se puede plantear su aplicación en soluciones de productos de diseño existente, mejorado sus resultados.

La estructura de la maya de warka puede contener la formación morfológica de la especie de briofita trabajada (*thuidium peruvianum*), la cual demostró tener 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. De esta manera el sistema de “warka” puede mejorar si eficiencia de captación y recolección de agua.

Las shader balls en su interior pueden tener una configuración similar con el mismo patrón celular de la especie *Campylopus jamesonii lineal*. (*Muy estrecho, alargado con los bordes casi paralelos.*) permitiendo una absorción de fluidos con una parte de aire para asegurar su flotabilidad .

El Solid rain a pesar de sus críticas que afirman que no se a probado científicamente su efectividad, cumple con una función de administración que puede ser mejorada con los principios de cohesión y capilaridad de las especies briofitas trabajadas.

### **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 microscopia y taxonomía.

En el proceso de investigación se indago 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 la 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.

Se entiende que 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 mas revolucionada y frondosa sea su composición mas cantidad de fluido podrá retener. Estas características son cuantificables y calificables para realizar una comparación entre las dos especies trabajadas.

## GLOSARIO

**Apical:** en el ápice, cúspide o punta de una estructura.

**Áspero:** levemente rugoso

**Caulidio:** tallo principal de musgos y hepáticas.

**Célula apical:** única célula meristemática en el ápice de un vástago, talo, hoja u otro órgano, que se divide sucesivamente para formar otras células.

**Células alares:** células de los márgenes basales (ángulos) de la hoja; estas células están generalmente diferenciadas en tamaño, forma o color de las otras células foliares; ej. *Dicranoloma*.

**Costa:** nervio central de una hoja, siempre de más de una célula de espesor.

**Distal:** lejos de la base o del punto de unión; hacia el ápice de una hoja o tallo (opuesto a proximal).

**Hoja:** una expansión fotosintética del tallo; en Briófitas generalmente consistente en una lámina uniestratificada con o sin nervio multiestratificada.

**Lámina:** la parte aplanada de la hoja, generalmente monoestratificada y verde, excluyendo el nervio y el borde; la parte expandida de un talo.

**Tallo:** eje principal del gametofito (caulidio) de los musgos y hepáticas foliosas; crece por medio de una sola célula apical.

**Talo:** gametofito más o menos aplanado, no diferenciado en tallo y hojas.

## BIBLIOGRAFIA

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, Hepaticas 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 (capítulo 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.