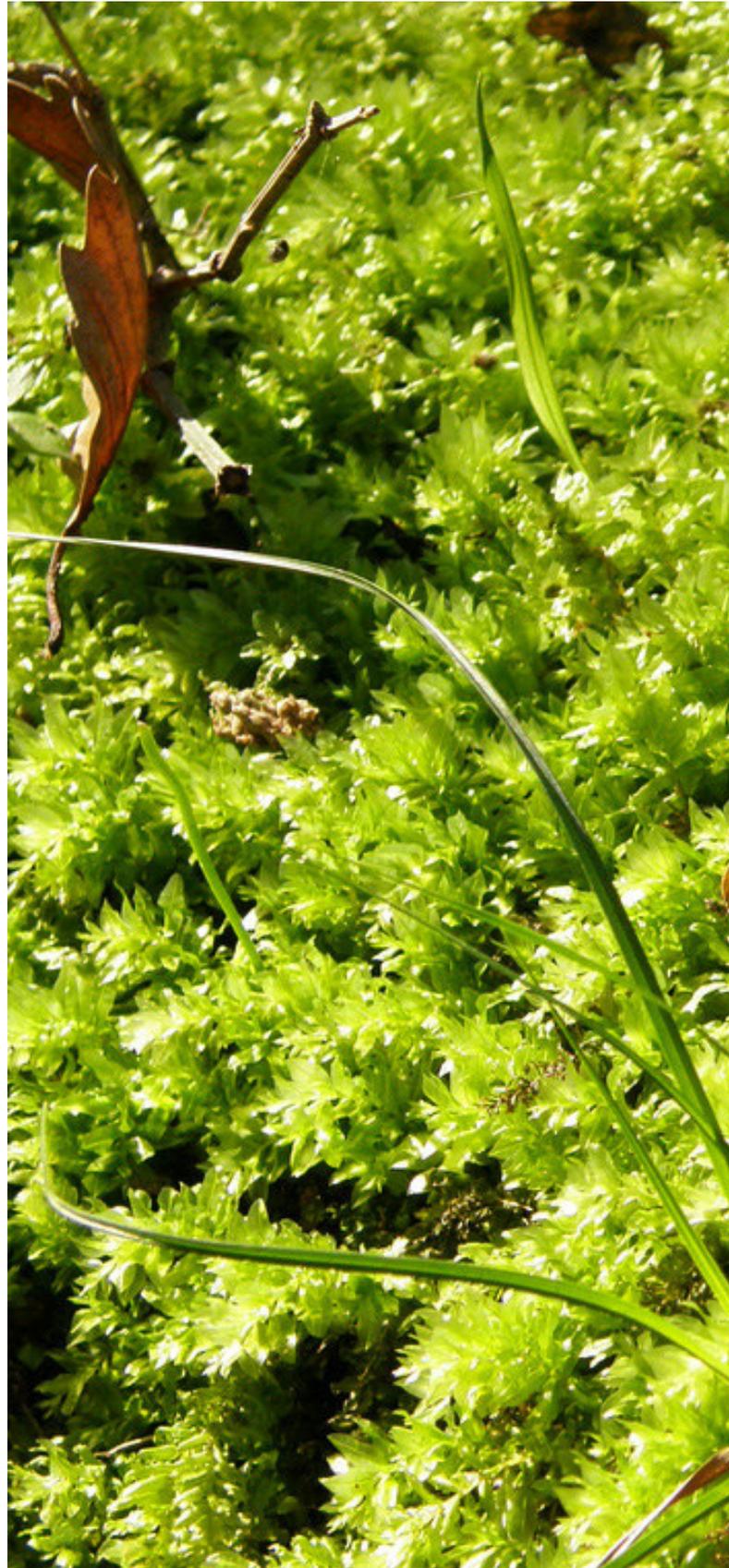
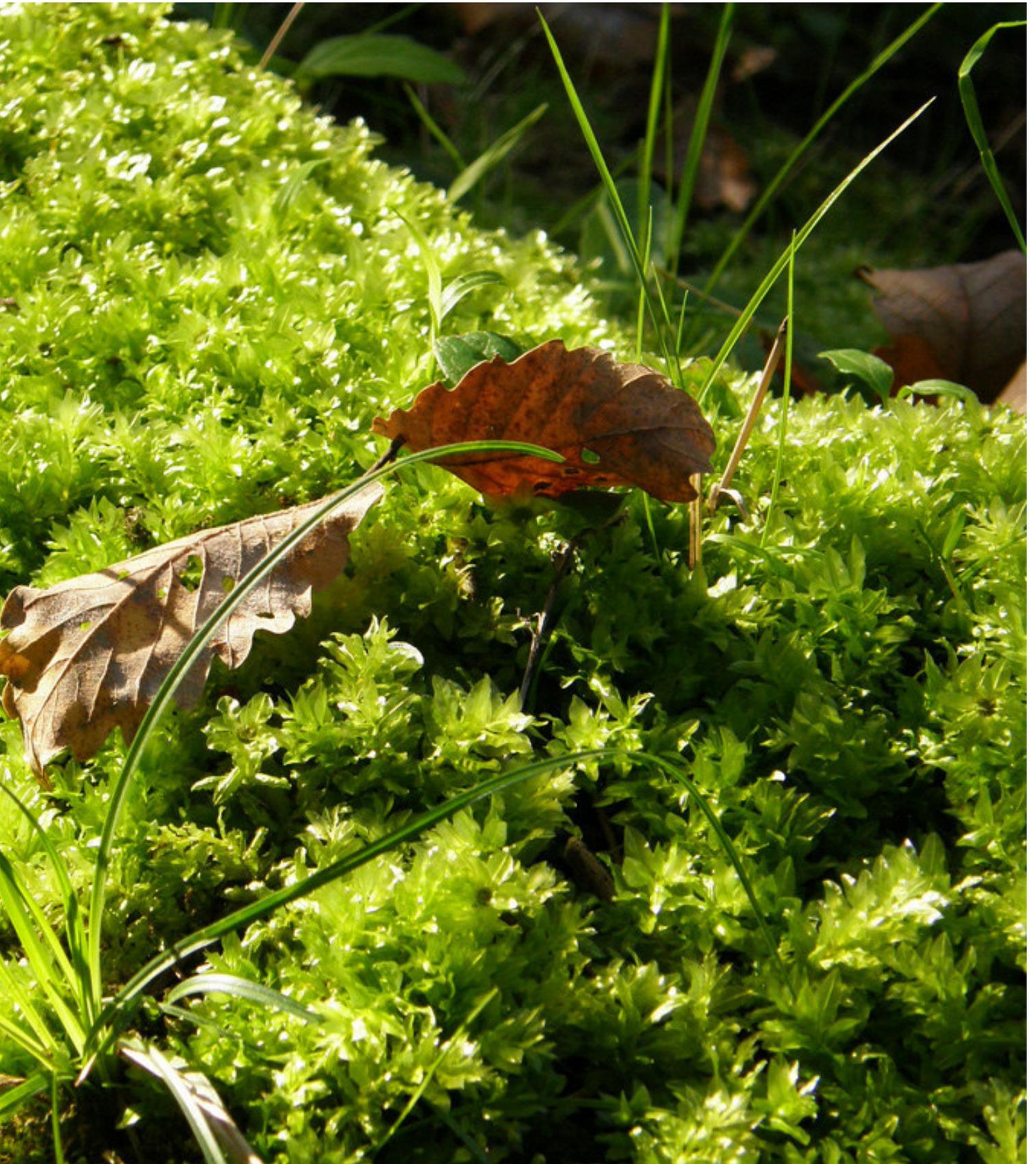


# INVITACIÓN A LOS BRIÓFITOS: botánica a pequeña escala

En el margen del camino, una extensa colonia de musgo se extiende formando una mu-llida alfombra verde. Desaper-cibida tanto para el paseante como para la mayoría de los naturalistas, un poco de aten-ción nos revelará que su apa-rente falta de interés es un prejuicio derivado de nuestra diferencia de escala: lo que al principio parecía sólo un toque de color es en realidad una selva en miniatura que invita a ser explorada.



Por **Rafael medina (@copepodo)**



**Los briófitos (musgos y plantas afines)** parecían estar condenados, por la discreción que les imponía su reducido tamaño, a ser un grupo vegetal secularmente relegado a un segundo plano. En los últimos años, sin embargo, parecen estar ganando interés y reconocimiento, merecido tanto por su destacado papel regulador de agua y nutrientes en todo tipo de ecosistemas, como por lo que pueden enseñarnos sobre uno de los momentos clave de la historia de la biosfera (la conquista de la tierra firme) o sus aplicaciones en biotecnología y biomonitorización. Ahora somos quizá más conscientes que nunca de que unas plantas que suponen en su conjunto el segundo grupo vegetal en cuanto a diversidad de especies y con un papel clave como acumuladores de dióxido de carbono, son cualquier cosa menos irrelevantes. Desde que sus ancestros salieron del agua por primera vez, nada volvió a ser como antes.

## La conquista de la tierra

El término más coloquial quizá sea “musgo”, que tiene una circunscripción botánica bastante concreta, pero que no es raro que se use de forma equivocada. La mayoría de la gente no les presta demasiada atención, pero no todo lo que crece en los rincones que tenga color verdoso tiene por qué ser un musgo. Hay mucha confusión con organismos como líquenes, hongos o algas, así que mejor empezar dejándolo claro: al contrario que los hongos, los líquenes o las algas, los musgos son plantas, plantas sencillas y pequeñas, generalmente, que viven casi en cualquier tipo de ambiente excepto en los océanos y sus inmediaciones. Comparten características con el resto de las plantas terrestres, pero poseen también propiedades exclusivas que los convierten en organismos únicos y fascinantes. Junto con otros dos linajes cercanos (hepáticas y antocerotas) más minoritarios y más frecuentemente ignorados (¡aún!) integran lo que conocemos como “briófitos”, y pese a haber protagonizado una de las

hazañas más relevantes de la historia de la Tierra, se tiende a destacar de ellas lo que no son y lo que no poseen: plantas “no vasculares”, plantas “sin flores”.

Demasiado a menudo seguimos manteniendo unas concepciones muy lineales sobre la evolución. Sabemos que los organismos se diversifican a lo largo del tiempo de un modo más parecido a un árbol que a una escala lineal dirigida hacia la complejidad. Sin embargo, quizá de forma involuntaria, percibimos que algunos organismos son “sólo” formas de transición entre dos diseños con éxito. Así pasa con los anfibios, que si bien son los supervivientes de los primeros vertebrados que caminaron fuera de la charca, se habla de ellos casi como organismos a medio hacer que “siguen dependiendo del agua para su reproducción”. Que los anfibios superen en la actualidad en más de mil especies a los mamíferos debería bastar para convencernos de que no son un grupo de transición sin más, sino un linaje diverso que mucho ha cambiado desde los primeros tetrápodos y que, en suma, ha sabido encontrar su hueco en un planeta poco amigo del estancamiento.

Una hepática talosa del género *Plagiochasma* se extiende por la grieta de una roca. En el microcosmos briofítico la supervivencia depende a menudo de encontrar un rincón con un microclima favorable.



Con los briófitos pasa algo parecido. En los cursos de botánica aparecen nombrados casi como un trámite necesario para la aparición de las “plantas de verdad”, el eslabón intermedio entre las algas, estrictamente acuáticas, y las plantas vasculares que configuran los bosques y las praderas. La realidad merece ciertos matices: sí, los briófitos son los descendientes de las primeras plantas terrestres, pero con toda certeza, desde su aparición hace más de 400 millones han continuado diversificándose y amoldándose a nuevos nichos, explotando sus habilidades únicas y llevando a cabo un nada desdeñable papel en la configuración y equilibrio de muchos ecosistemas. En la actualidad se conocen unas 17.000 especies de briófitos en sentido amplio, aunque como es de esperar, una significativa parte de esta riqueza puede

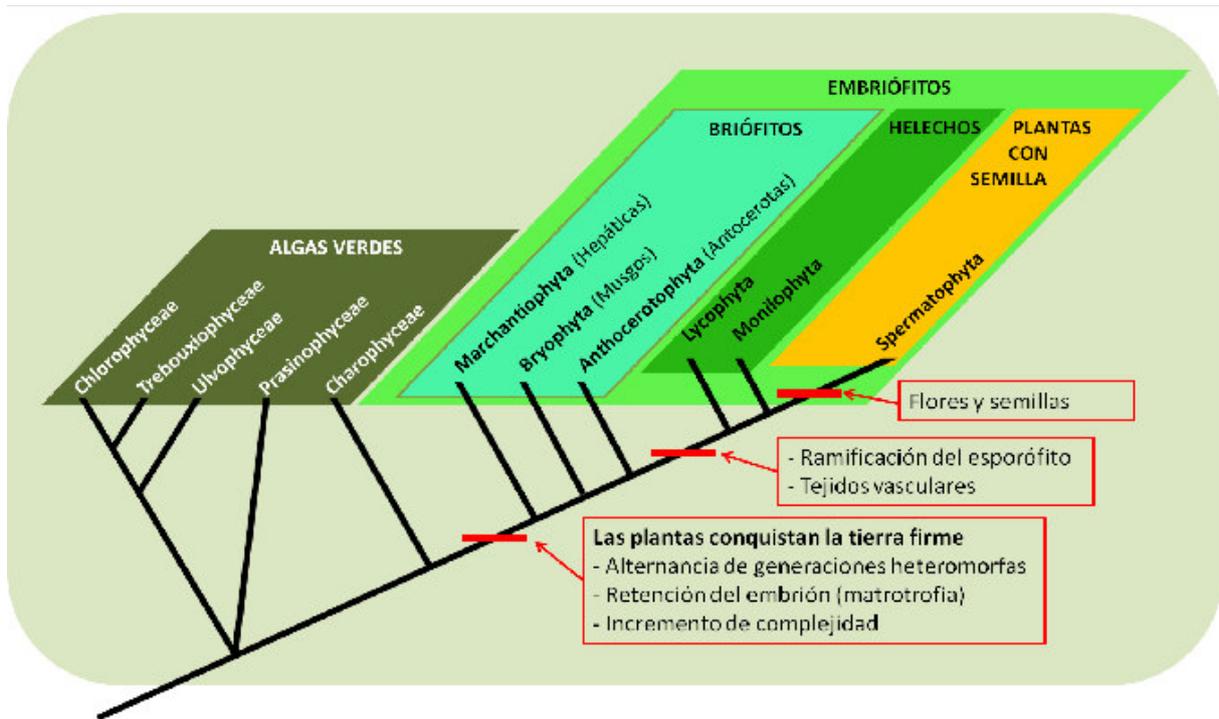
estar aún pendiente de ser descrita, en una selva tropical, o en el parque de al lado de tu casa, siendo al menos 20.000 una estimación más que razonable. Si bien estas cifras palidecen en comparación con las más de 200.000 especies de angiospermas (plantas con flores y frutos), los briófitos mantienen un segundo y meritorio puesto frente a los helechos (unas 10.000 especies) y las gimnospermas (800 especies).

Antes de la evolución de los briófitos, la vida sólo existía en el agua, estando la tierra firme vacía y estéril. Los ancestros de todas las plantas terrestres eran, con seguridad, algas verdes: organismos fotosintéticos, muy diversos en cuanto a arquitecturas anatómicas y ecología (unicelulares o más o menos complejos, habitantes de agua marina o dulce,...)

caracterizados por poseer clorofila A y B, cuya combinación da un tono verde vivo a los cloroplastos que reconocemos hoy y que hace que aún denominemos a estas algas y a sus descendientes en tierra firme como "la línea verde". Aunque no sabemos con seguridad cuál fue el ancestro de las plantas terrestres, sí que hay certeza de que era un carófito (un linaje concreto de algas verdes de agua dulce), y esto es muy relevante, porque una de sus características es que, al contrario que otras algas, retienen el cigoto, el huevo fecundado, en el cuerpo materno en lugar de liberarlo inmediatamente. Las primeras plantas terrestres fueron un paso más allá: no sólo retuvieron el huevo fecundado, sino que lo protegieron y lo nutrieron cuando éste empezó a dividirse y a convertirse en un embrión. Este fenómeno biológico de cuidado de la prole recibe el nombre de matrotrofia; se piensa que el cuidado del embrión por la generación materna fue un componente clave del salto a la vida en tierra firme (acompañado, obviamente, de adaptaciones de todo tipo para tolerar la radiación y la deshidratación).

No en vano, a todas las plantas terrestres se les conoce como embriófitos: plantas con embrión.

Es imposible exagerar la importancia de este acontecimiento: todo lo que vino después, todo lo que las plantas son hoy y lo que han originado, desde la fruta al algodón, desde el césped hasta las selvas ecuatoriales, todo es como es y no de otra forma por ese momento concreto de la historia de la vida: el momento en el que un grupo de algas empezó a retener y a nutrir el embrión, homólogo al que también retiene y nutre en su semilla la secuoya gigante. Las características de estas primeras plantas terrestres incluyen también dos características que todas las demás heredaron y que conservan hoy, a saber, una mayor complejidad y especialización de sus tejidos y un ciclo vital con alternancia de dos generaciones heteromorfas. La primera característica (desarrollo de tejidos complejos y la especialización anatómica de funciones biológicas) es fácil de entender. La otra quizá merezca una atención especial.



Representación de la filogenia de toda la línea verde. Las plantas terrestres, o embriófitos, descienden de un linaje de carófitos. Las innovaciones que acompañaron la conquista de la tierra firme fueron la retención y cuidado del embrión en la generación materna (matrotrofia) y la adopción de un ciclo vital de alternancia de generaciones heteromorfas, además de una diversificación funcional de los tejidos. Las tres divisiones de briófitos (hepáticas, musgos y antocerotas) descienden de estas plantas primigenias. Los helechos (licófitos y monilófitos) y plantas con semillas (espermatófitos), aparecieron tras el desarrollo de ciertos tejidos conductores de agua que les permitieron crecer en tamaño y complejidad.

## Alternancia de generaciones: parecerse a tu abuela y a tu nieta

Como animales, estamos acostumbrados a que un organismo, al reproducirse, dé lugar a otro organismo similar, tanto en estructura como en dotación genética. Por eso puede extrañar conocer de buenas a primeras que las plantas terrestres, todas ellas, no "funcionan" exactamente igual que los animales. El ciclo de vida de una planta abarca dos tipos de organismo pluricelular diferente que se van alternando en el tiempo. Una de ellas es la generación con un único juego de cromosomas (haploide, o "n") que acaba produciendo los gametos, masculino (anterozoide) y/o femenino (oosfera) y que se conoce como gametófito. Tras la fecundación, el cigoto originado tiene el doble de cromosomas que el gametófito (es decir, diploide o "2n"), y genera un nuevo organismo que estructuralmente no se parece en nada al gametófito y que conocemos como esporófito. El esporófito acaba reduciendo de nuevo el número cromosómico durante la esporogénesis o producción de esporas, y así, las esporas haploides, vuelven a regenerar un gametófito.

Esta alternancia entre el gametófito con "n" cromosomas y el esporófito con "2n", cuyas transiciones quedan delimitadas por la fecundación y la esporogénesis, son una de las características más distintivas de todo el linaje de plantas terrestres. En el caso de las plantas con flores, el ciclo está bastante oculto debido a la reducción extrema del gametófito a unas cuantas células en el interior del grano de polen o del ovario, pero suponemos que las primeras plantas terrestres, al igual que ocurre con los briófitos, mantenían un gametófito bien desarrollado y seguramente dominante en cuanto a tamaño y tiempo de vida. Hay que pararse a pensar un segundo en lo fascinante que es esta realidad que comparten todas las plantas: pese a que genéticamente la única diferencia entre un esporófito y un gametófito es la cantidad de genes (pero no la naturaleza o estructura de los mismos), ambas generaciones son totalmente distintas en arquitectura y fisiología (heteromorfas), difícilmente reconocibles como el mismo organismo a primera vista. Es como si un organismo concreto fuese similar sólo a sus abuelos o nietos, pero no a sus padres o hijos.

El caso concreto del ciclo biológico de los briófitos aparece ilustrado en la página siguiente con el

ejemplo generalizado de un musgo. La generación dominante, a menudo persistente durante varios años, es el gametófito (con "n" cromosomas, por tanto). El gametófito de un musgo es la parte más conspicua que se suele ver: una cubierta verde formada por estructuras diminutas a modo de tallos y hojas. Cuando alcanza la madurez sexual, el gametófito desarrolla los órganos que producen los gametos masculinos (anteridios) y femeninos (arquegonios). La fecundación suele producirse facilitada por el agua, de forma que el anterozoide entra en el arquegonio y fecunda la oosfera. Al doblarse el número de cromosomas, se da por iniciada la generación esporofítica, cuyo embrión (recordemos que esto es fundamental en la evolución de las plantas) es retenido por el gametófito y nutrido por él a través de un tejido que podríamos considerar análogo a una placenta. El esporófito maduro no se parece en nada al gametófito: un filamento o seta coronado por una cápsula en cuyo interior tiene lugar la esporogénesis (meiosis), reduciéndose otra vez el número de cromosomas a la mitad. Las esporas, capaces de viajar distancias muy considerables antes de germinar, regeneran un gametófito.

### Tres formas de ser briófito

La existencia de las tres divisiones mencionadas de briófitos (musgos hepáticas y antocerotas) aparece reflejada en la reconstrucción evolutiva de la línea verde de la figura 2. Por la ausencia de un ancestro común exclusivo de todos los briófitos, decimos que éstos no son un "grupo natural" o monofilético, sino que conforman un "grado". Como se puede ver en la figura, las tres divisiones aparecieron después de la conquista de la tierra firme (y por lo tanto comparten las características de los embriófitos que se han enumerado antes) pero antes de la aparición de los tejidos conductores, xilema y floema, que caracterizan a las plantas vasculares. Todos los briófitos presentan alternancia de generaciones con dominancia del gametófito, tamaño reducido, ausencia de xilema y floema y en general poseen los mismos hábitos ecológicos. Es por ello que tradicionalmente se les ha estudiado en conjunto aunque sus orígenes sean independientes, y quizá sea por este motivo que muchos naturalistas siguen confundiendo los briófitos con organismos como los líquenes, con los que no guardan relación alguna (ver páginas 14-15). Los gametófitos de antocerotas y muchas hepáticas son talosos, es decir,

# CICLO VITAL DE UN MUSGO

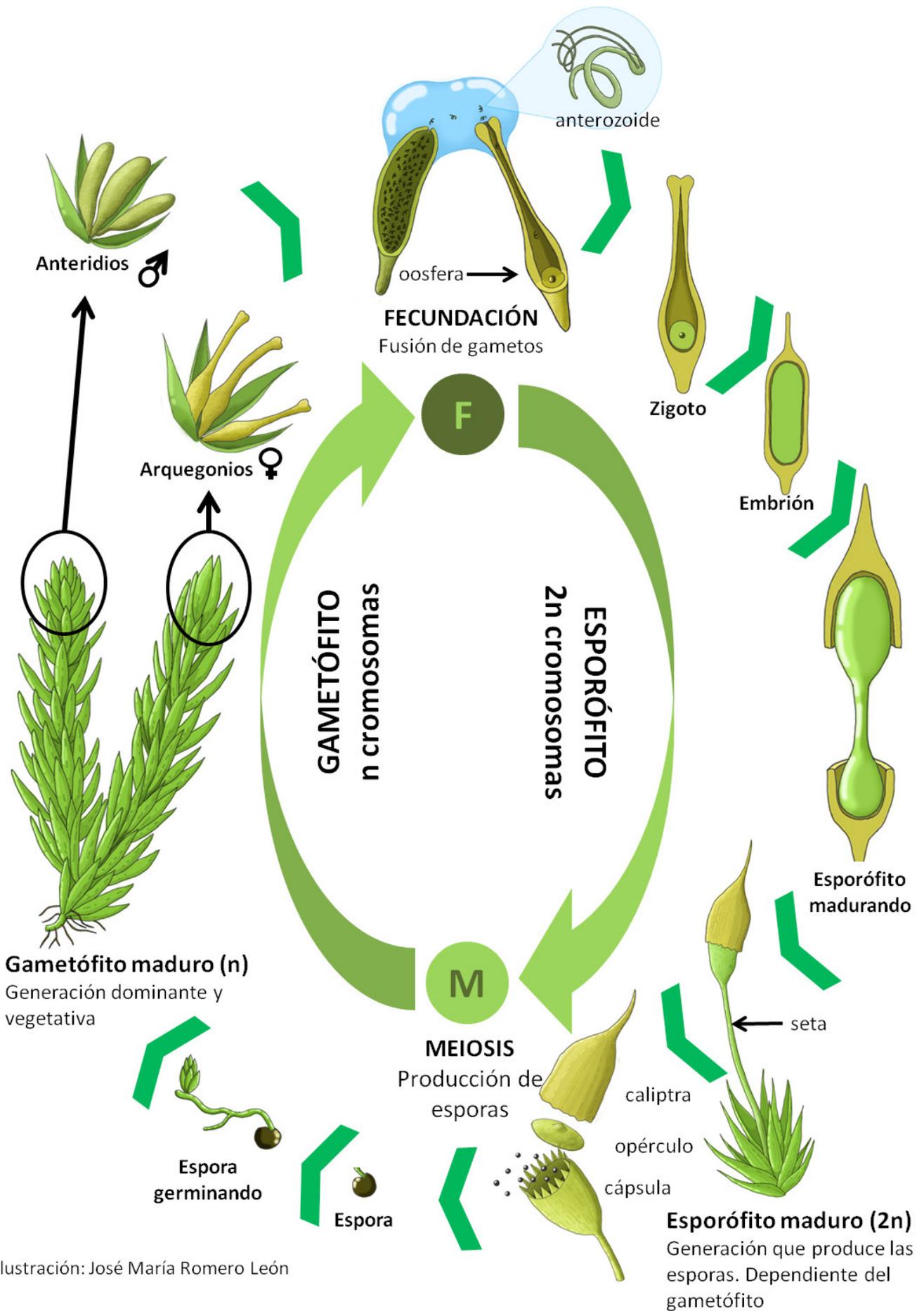
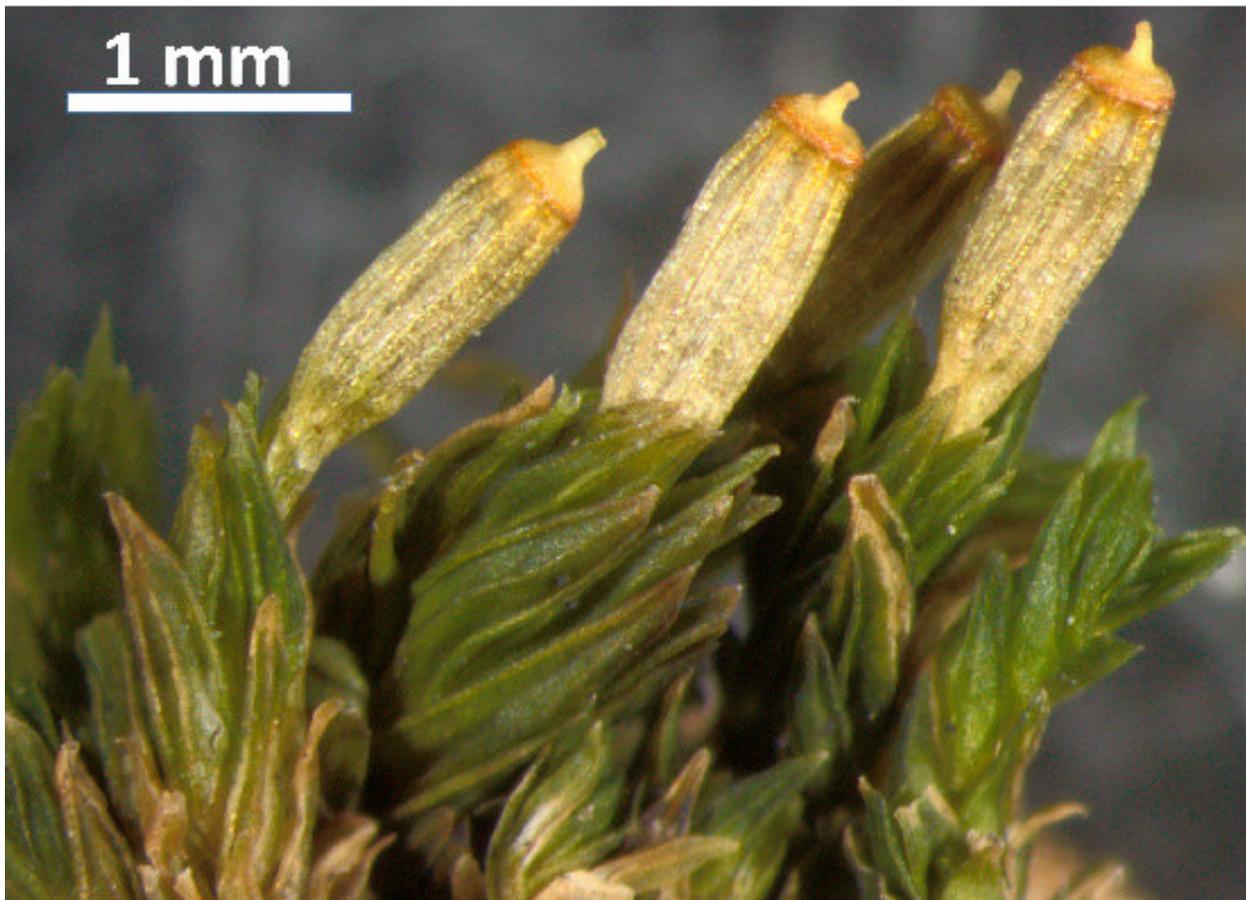


Ilustración: José María Romero León



En esta imagen del musgo *Orthotrichum comosum* se pueden distinguir el gametófito (la generación dominante, verde y fotosintética) y, sobre él, varios esporófitos (cápsulas donde se producen las esporas), resultados de otros tantos eventos de fecundación.

formados por extensiones laminares de complejidad variable, mientras que los del resto de las hepáticas y los de los musgos son foliosos, y presentan aspecto de tallos y hojas reducidos. Los esporófitos son diferentes para cada una de las tres divisiones, y su morfología tiene mucho valor taxonómico, sobre todo en el caso de los musgos.

El "orden de aparición" y las relaciones entre las divisiones de briófitos no está libre de debate. En su día se pensaba que los antocerotas eran los briófitos más cercanos a las algas y por lo tanto, los primeros en aparecer, los primeros descendientes modernos de las colonizadoras primigenias de la tierra firme. Un rasgo "algal" que apoyaba esta hipótesis era la presencia de pirenoides (concentraciones de almidón y enzimas en el interior de los cloroplastos) en muchas especies de antocerotas. Sorprendentemente la idea dominante en la actualidad (derivada de estudios de filogenia molecular) es que

los antocerotas son el grupo hermano de las plantas vasculares, el más "derivado" de los tres grupos de briófitos, aunque morfológicamente guarde escaso parecido con ellas. Las hepáticas ocuparían el puesto honorífico de la división más próxima al origen de los embriófitos, mientras que los musgos quedarían entre ellas y los antocerotas. Esto nos recuerda que los briófitos que vemos hoy no son exactamente los que había cuando las plantas se aventuraron en la tierra firme: 400 millones de años de evolución dan para mucho, incluyendo cambios morfológicos sustanciales y posibles reducciones. La escasez del registro fósil briofítico (que si bien va creciendo con los años sigue siendo exiguo para el Paleozoico) no ayuda particularmente. Pese a todo no está de más recordar que las relaciones filogenéticas de esta parte del árbol de la vida aún no pueden darse por definitivas: nuevos estudios de filogenia molecular más refinados pueden darnos sorpresas en los próximos años.

# LAS TRES DIVISIONES DE BRIÓFITOS

En sentido amplio, "briófito" se aplica a todas las plantas terrestres "no vasculares", generalmente de estructura sencilla y tamaño reducido. Se engloban en este grupo tres divisiones que aunque comparten ciertas características estructurales y biológicas, son grupos naturales bien delimitados y con rasgos propios muy distintivos. Los briófitos se consideran los organismos vivos más próximos a las primeras plantas en colonizar la tierra firme a partir de un linaje de algas verdes.



## Musgos (división Bryophyta)

Con unas 12.000 especies descritas se trata de la segunda división de plantas más diversa después de las angiospermas, y con diferencia el grupo de briófitos más conocidos. El gametófito (la generación dominante) consiste por lo general en estructuras que recuerdan a tallos y hojas diminutos, por lo que su aspecto resulta familiar cuando se observan aumentados. El esporófito (la generación que produce y libera las esporas) es el que llega a alcanzar mayor complejidad de las tres divisiones y normalmente consisten en un filamento o seta y una cápsula que puede presentar distintos mecanismos para controlar la dispersión de las esporas.



## Hepáticas (división Marchantiophyta)

En la actualidad se piensa que las hepáticas son los briófitos más cercanos al ancestro común de todas las plantas terrestres, que colonizó con éxito la tierra firme hace 450 millones de años. Cuentan con unas 2.000 especies descritas hasta la fecha, y están especialmente diversificadas en ambientes tropicales y templados húmedos, aunque también pueden aparecer en biomas secos. El gametófito es muy plástico, y puede consistir tanto en ejes foliosos (con estructuras que recuerdan a hojas) como en expansiones laminares muy variables en complejidad. El esporófito, por el contrario, es sencillo y consiste en una cápsula elevada por una seta de crecimiento rápido.



## Antocerotas (división Anthocerotophyta)

Se conocen unas 300 especies de antocerotas, que pese a ser la división de briófitos más minoritaria y huidiza en cuanto a diversidad, podría ser muy relevante. Tradicionalmente siempre se había destacado que por su sencillez estructural y por algunos caracteres citológicos, los antocerotas parecían estar estrechamente emparentados con las algas, constituyendo el grupo más basal de briófitos. No obstante hoy sabemos que podría ser al contrario y posiblemente se trate de la división más estrechamente emparentada con las plantas vasculares. El gametófito es siempre laminar y sencillo, mientras que el esporófito es alargado y cilíndrico.

# ESTOS NO SON BRIÓFITOS

Mucha gente confunde con briófitos plantas u otros organismos de pequeño tamaño, que sin embargo pueden no tener nada que ver con ellos. Estos son los más frecuentes.



## Líquenes

Los líquenes son el resultado de una estrecha asociación simbiótica entre un hongo y un organismo fotosintético (generalmente un alga verde o una cianobacteria), por lo tanto no son plantas. Posiblemente son los organismos que con más frecuencia se confunden con los briófitos, quizá porque a menudo conviven con ellos y tienen el mismo tipo de preferencias ecológicas. Además, algunos líquenes pueden tener aspecto laminar, como los antocerotas y muchas hepáticas



## Hongos

Los hongos constituyen un grupo tremendamente diverso y heterogéneo en todos sus aspectos: estructura, ciclo biológico, ecología, etc. Con tanta amplitud es de esperar que compartan en ocasiones nichos ecológicos con los briófitos, pero nunca presentan por sí mismos pigmentos fotosintéticos. La mayoría de los hongos que pueden encontrarse en nichos habitables por los briófitos son saprófitos que viven de la descomposición de la materia orgánica, como restos de madera o suelo.



## Helechos

Ciertos helechos, y en especial los licófitos de pequeño tamaño, son también propensos a confundirse con briófitos, particularmente con musgos o hepáticas. Aunque, como los briófitos, carecen de semillas y se reproducen por esporas, se trata de plantas vasculares y presentan hojas y tallos verdaderos con tejidos conductores. Por lo general todas sus estructuras son más robustas y complejas comparadas con las de los briófitos, que se deshidratan completamente con facilidad.



## Algas

Como ocurre con los hongos, las algas son un conjunto muy heterogéneo de organismos, en este caso fotosintéticos, que pueden ser desde microscópicas y unicelulares hasta alcanzar varios metros de longitud. Muchas de ellas son verdes y pueden crecer fuera del agua, pero no son plantas terrestres en el sentido botánico del término. Un linaje concreto de algas verdes de agua dulce fue precisamente el que dio origen a las plantas terrestres cuando empezaron a retener el embrión de la siguiente generación.

## Características únicas

Como se dijo unos párrafos atrás, es tentador definir a los briófitos por lo que no son (plantas no vasculares, plantas sin flores, plantas sin semillas,... etc), pero al igual que pasa con los anfibios, entender en profundidad los recovecos de la evolución implica ser conscientes del nivel de sofisticación alcanzado por los organismos de una forma independiente (y muy exitosa) a lo que hicieron las plantas que vendrían después. Para empezar no es totalmente cierto que los briófitos sean "no vasculares", ya que particularmente muchos musgos sí que han desarrollado tejidos conductores análogos al xilema y al floema. Otro de los tópicos ampliamente difundidos es que los briófitos "dependen del agua" o "sólo sobreviven en lugares húmedos". En realidad los briófitos colonizan todo tipo de ambientes, desde la Antártida a los desiertos cálidos, y si por algo se caracterizan es por su resistencia a la adversidad (muchos prosperan donde ninguna planta vascular es capaz de sobrevivir). Sólo la fecundación es un proceso que necesite obligatoriamente de agua líquida (necesaria para que nade el anterozoide), y con algunos matices, pues se sabe que a veces estos gametos pueden ser proyectados, transportados por microinvertebrados o incluso sobrevivir a periodos de sequía. Además, en última instancia, todos los organismos "dependemos del agua" para sobrevivir.

Para hablar con propiedad de los términos que mejor definen la relación entre los briófitos y el agua habría que decir más bien que la mayoría de los briófitos son resistentes a la sequía. Sus tejidos sencillos y expuestos no se molestan mucho en evitar la transpiración, sino que cuando se desecan, el briófito suspende sus funciones y entra en criptobiosis. Aunque indistinguible de la muerte (la planta deja de presentar actividad metabólica alguna), apenas unos minutos después de la rehidratación, el briófito vuelve a alcanzar un estado vegetativo normal sin tener por qué acusar daño alguno. Esto no puede entenderse como una carencia, sino como una sofisticada capacidad de sobrevivir (compartida por organismos como líquenes o pequeños animales que comparten hábitat con los briófitos). Una planta vascular típica moriría (irreversiblemente) si pierde toda el agua de sus tejidos, mientras que gracias a la reviviscencia, los briófitos pueden "ausentarse" cuando las condiciones ambientales se hacen inhóspitas y sólo "reaparecer" cuando vuelven a ser favorables. Esta estrategia vital determina en gran parte el papel que cumplen los briófitos en la biosfera y su éxito

como segundo grupo más diverso de plantas terrestres.

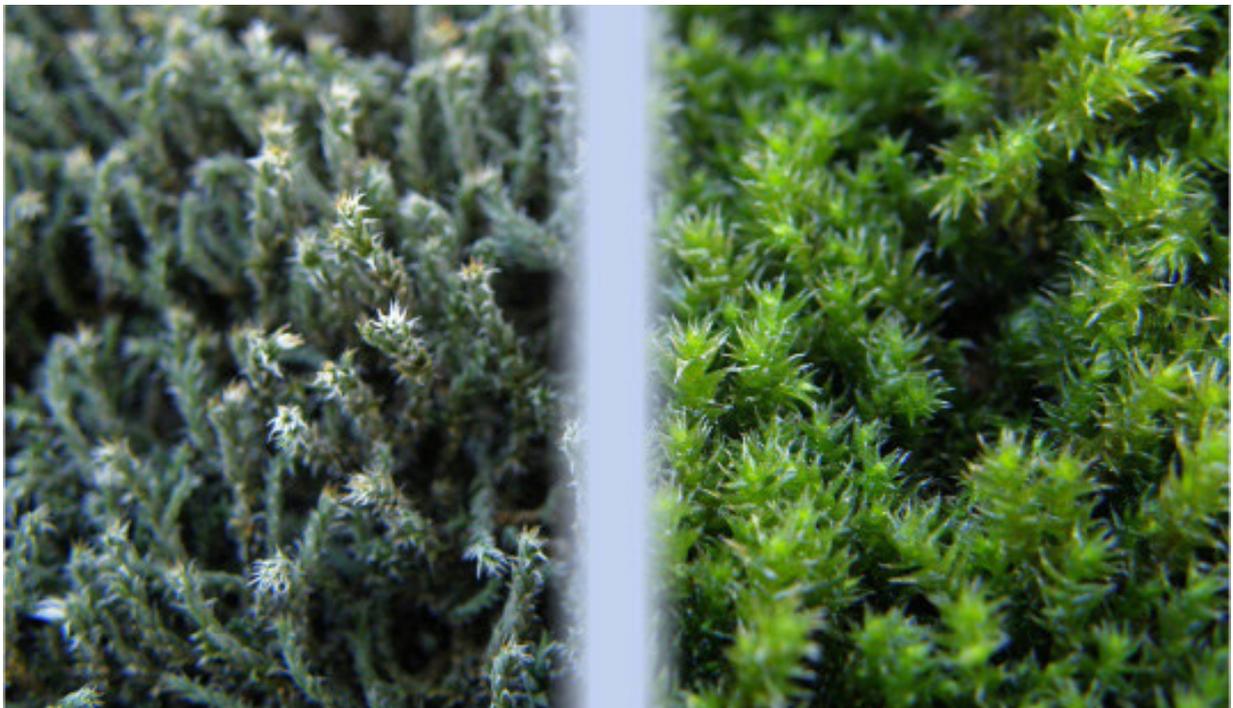
Precisamente por esa naturaleza austera y superviviente, los briófitos son excelentes pioneros de los terrenos yermos y vacíos, bien tras exponerse por primera vez, o tras perturbaciones tales como incendios; son los "emprendedores" de la creación del suelo y eficaces bancos de semillas y diásporas. En terrenos especialmente secos o vulnerables, las "costras criptogámicas" suponen la última línea de protección del suelo frente a la erosión. Al ser capaces de absorber hasta cientos de veces su peso en agua, actúan de reservorios de humedad en todo tipo de bosques (llegando a superar la cantidad de agua almacenada por las hojas de los árboles en muchos de ellos) y representan también un depósito de nitrógeno y otros elementos fundamentales en el ciclo de los nutrientes. Sus esporas y otros propágulos son tan ligeros que pueden dispersarse por el viento, permitiendo la colonización a largas distancias.

Sin embargo, si hay un grupo de briófitos que manifiestan un impacto ecológico extraordinario, este grupo es el de los musgos de turbera, englobados en el género *Sphagnum*. Se trata de unos organismos de vida normalmente semiacuática que se caracterizan por una arquitectura bastante constante tanto en el gametófito como en el esporófito. Es el linaje que divergió más temprano del resto de los musgos, aunque las especies que conocemos hoy son producto de una diversificación reciente. Los musgos de turbera son muy resistentes a la descomposición, ya que realizan un intercambio iónico con el agua de la turbera provocando que su pH siempre esté demasiado ácido para que las bacterias descomponedoras puedan actuar. A largo plazo esto quiere decir que generaciones y generaciones de musgos de turbera se acumulan durante siglos en un enclave dado, originando de esta forma la turba. Las turberas tienen además un interés paleontológico excepcional, pues es posible sondearlas y obtener registros seriados, por ejemplo, de pólenes, que nos permiten reconstruir la vegetación del pasado y de esta forma, estimar cambios climáticos.

Si bien las turberas aparecen de forma dispersa en climas templados, en las regiones boreales de Norteamérica y Eurasia pueden ocupar extensiones inmensas y constituyen a menudo la vegetación dominante. Las implicaciones de la importancia de las turberas llegan a ser sorprendentes: se piensa que el género *Sphagnum* es tipo de planta que contiene mayor cantidad de carbono orgánico de toda



*Ptilium crista-castrensis*, un musgo de las regiones boreales de Eurasia y Norteamérica, inconfundible por su ramificación regular que recuerda a una pluma.



La misma colonia del musgo *Hedwigia ciliata* en seco y unos segundos después de hidratarse. La reviviscencia es una de las adaptaciones más sorprendentes de los briófitos. La mayoría son capaces de sobrevivir en ausencia de agua (criptobiosis) durante periodos de tiempo muy prolongados, incluso años, y recuperarse cuando se rehidratan sin ningún problema, cambiando incluso de aspecto.



**Las turberas tienen además un interés paleontológico excepcional, pues es posible sondearlas y obtener registros seriados, por ejemplo, de pólenes, que nos permiten reconstruir la vegetación del pasado y de esta forma, estimar cambios climáticos."**

la biosfera, es decir, que las turberas constituirían un inmenso sumidero de carbono. Esto puede tener dos lecturas: por una parte, la salud de las turberas es importante, ya que pueden contribuir a fijar dióxido de carbono atmosférico y mantenerlo inmovilizado, contribuyendo a lidiar con la regulación del efecto invernadero. Por otra parte, si las turberas sufriesen algún tipo de perturbación que dañara su equilibrio químico y desencadenara su descomposición, la liberación de gases de efecto invernadero sería muy significativa y sus consecuencias podrían ser catastróficas.

### **¿Para qué sirven los briófitos?**

La exploración de la biodiversidad, impulsada por el afán de describir cada una de las especies de la biosfera, es uno de los mayores desafíos científicos a los que el ser humano se ha enfrentado nunca. Como parte fundamental de la evolución de las plantas, esto debe bastar para querer conocer en profundidad la diversidad de los briófitos. Además, las características que los hacen especiales en comparación con las plantas vasculares originan dinámicas y comportamientos ecológicos a escalas diferentes cuyas consecuencias aún están por explorar. La investigación básica, a buen seguro, aportará en el futuro aplicaciones de interés que a día de hoy no pueden anticiparse, y de hecho hasta el momento presente han sido varias las contribuciones que la briología ha aportado y sigue aportando a la ciencia aplicada.

Los briófitos son modelos excelentes para usarse en estudios de bioindicación y biomonitorización. Esto se debe precisamente a que su gestión hídrica se basa en hidratarse y deshidratarse con rapidez por toda su superficie (en contraste con las plantas vasculares, protegidas por cutículas). Al carecer de cutícula desarrollada, no sólo el agua penetra con facilidad en sus tejidos, sino también otro tipo de sustancias o elementos, como los metales pesados. La tolerancia a los contaminantes es muy variable dependiendo de las especies de briófitos, por lo tanto, si se conocen bien los umbrales de las distintas especies de musgos, hepáticas o antocerotas de un área, la flora briofítica de una localidad puede usarse para estimar la salubridad de su aire o su agua. Además, el estudio de la concentración de estas sustancias en los propios tejidos de los briófitos puede suministrar series cronológicas con un coste bajo.



Colonia del musgo *Grimmia laevigata* mostrando sus esporófitos en fase de maduración. En el interior de las cápsulas, aún verdes, tiene lugar la esporogénesis.



*Sphagnum palustre*, un musgo de turbera creciendo en el suelo encharcado de un bosque de coníferas. Los musgos de turbera son, sin duda, los briófitos con una mayor importancia ecológica a nivel global por su papel como sumideros de carbono.



Diminuta comunidad de hasta tres especies distintas de hepáticas foliosas diferentes sobre la superficie de una hoja en un bosque montano de Sudáfrica: *Cololejeunea distalopapillata*, *C. cardiocarpa* y *Drepanolejeunea* sp. El medio epífilo (la superficie de las hojas de las plantas) es un ambiente donde sólo algunos organismos muy selectos y en unos ecosistemas muy concretos pueden completar su ciclo vital.



El color blanquecino de *Leucobryum albidum* se debe a que gran parte de sus células se quedan huecas durante su desarrollo. Por su peculiar aspecto, *Leucobryum* resulta uno de los géneros de musgos más característicos y fáciles de reconocer en el campo.

Las aplicaciones etnobotánicas de los briófitos han sido muchas y diversas a lo largo de la historia, a menudo aprovechando su capacidad absorbente o las características ligeramente antisépticas de muchos musgos, y aunque no se han desarrollado estudios clínicos, hay citados compuestos anticancerígenos sintetizados por distintas especies de briófitos. En la era de la genómica, los briófitos entraron de lleno en el escenario biotecnológico cuando se completó la secuenciación del genoma del musgo *Physcomitrella patens*, usado ampliamente en la actualidad como organismo modelo, fácil de cultivar en el laboratorio gastando pocos recursos. La dimensión que aporta el estudio comparado del genoma de un musgo en el contexto de la genómica vegetal es insustituible, pues aporta un testimonio directo sobre el origen de la función de determinados genes durante la conquista de la tierra firme. Así, hoy sabemos que ciertos genes que en las angiospermas desencadenan la floración son los responsables de la formación del esporófito en *Physcomitrella*, y por lo tanto, con mucha probabilidad, nos han revelado su función original surgida hace cientos de millones de años.

## Fuentes y referencias recomendadas

### Algunos textos introductorios:

Estébanez, B., Draper, I., & Medina, R. (2011). Briófitos : una aproximación a las plantas terrestres más sencillas. Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural, Segunda Época, 9, 19–74

Glime, J. M. (2007) Bryophyte Ecology. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. <http://www.bryoecol.mtu.edu/>

Vanderpoorten, A., & Goffinet, B. (2009). Introduction to bryophytes. Cambridge University Press Cambridge, UK

### Guías de campo y referencias florísticas de interés para la Península Ibérica:

Brugués, M., Cros, R.M. & Sérgio, C. (2006). Handbook of the mosses of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands. Institut d'Estudis Catalans

Brugués, M., Cros, R.M., Sérgio, C. & Infante, M. (2009). Handbook of the liverworts and hornworts of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands. Institut d'Estudis Catalans

Guerra, M., & Ros, R. M. (Eds.). (2006-). [Flora briofítica ibérica](#). Sociedad Española de Briología

Wirth, V., Dull, R., Llimona, X., Ros, R. M., & Werner, O. (2004). Guía de campo de los líquenes, musgos y hepáticas. Omega

### Enlaces recomendados:

[Sociedad Española de Briología](#)

[Atlas de los Briófitos amenazados de España](#)

[Proyecto Musgo](#)

[Blog de la Sociedad Latinoamericana de Briología](#)

### Créditos de las imágenes:

Imágenes del ciclo vital: José María Romero León.

Imagen del antocerota: Wikicommons

Resto de imágenes: Rafael Medina