

BRIÓFITOS: PARA ALGO MÁS QUE PARA EL BELÉN

Francisco Javier Cabaleiro Piñeiro, Carlos Eireos Quinteiro,
Anxo Méndez Villar, Marta Ruiz Arribas

e-mail: fcabaleiro@alumnos.uvigo.es, ceireos@alumnos.uvigo.es,
anxmendez@alumnos.uvigo.es, mruarr@gmail.com

Trabajo Botánica II. Arquegoniadas

Grado Biología

Profesora :

- Marisa Castro Cercedo

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

Resumen

A pesar de que los briófitos siempre han pasado desapercibidos y aparentemente no cumplen funciones de gran importancia, esto no es así. Estas plantas interactúan entre sí, con otros organismos y con su ambiente de una manera tan compleja como lo hacen el resto de plantas y animales (Delgadillo & Cardenas, 1990).

INTRODUCCIÓN

Un poco de historia

En la Península Ibérica existe una flora briológica muy rica. En concreto, Galicia presenta enclaves únicos en Europa, importantes por su riqueza y diversidad, con especies muy raras en la península y en el continente europeo. La primera publicación donde se mencionan los briófitos en Galicia es de Müller en 1854, en la que cuantifica un total de 18 especies. Las aportaciones más relevantes para el conocimiento de la flora peninsular y, gallega en particular, hasta mediados del siglo veinte fueron las llevadas a cabo por el que es considerado el padre de la briología española, Casares Gil, un ilustre botánico compostelano que fue autor de varias obras que marcaron época. Desde los inicios de los años cincuenta hasta finales de los setenta, la actividad briológica queda prácticamente estancada hasta que es retomada por Reinoso Franco (Reinoso Franco *et al.*, 2003) que realiza, junto a otros compañeros, una densa labor de muestreo por toda la Comunidad Autónoma de Galicia. Esta comunidad ha recibido la visita de numerosos botánicos extranjeros interesados en los briofitos como Müller, Levier y Luisier entre otros, atraídos por la riqueza y diversidad que presenta esta comunidad autónoma que se distribuye en ambientes muy variados: bosques, turberas, brezales, zonas litorales, con especies de marcado carácter oceánico.

¿Qué es un briófito?

Según Linneo, los briófitos son plantas criptógamas (sin semillas) que comprenden unas 20.000 especies y son, por tanto, el segundo grupo de plantas terrestres más diverso. Sin embargo, la diversidad está insuficientemente conocida (Estébanez *et al.*, 2011). Taxonómicamente están divididas en tres filos: *Marchantiophyta* (hepáticas talosas y foliosas; Fig. 1a), *Bryophyta* (musgos; Fig. 1b) y *Anthocerotophyta* (antocerotas; Fig. 1c). Son plantas relativamente pequeñas, de entre 2 y 20 centímetros de longitud que habitan en ambientes muy diversos (Raven *et al.*, 1992).

Los briófitos carecen de tejidos vasculares especializados (xilema y floema), por tanto, en sentido estricto, todos los briofitos carecen de hojas, tallos y raíces auténticas; sin embargo, presentan estructuras muy similares a ellas denominadas filidios, caulidios y rizoides, respectivamente. Los rizoides

son sencillos filamentos, y son los encargados de la fijación de la planta al suelo, pero no de la absorción de agua, que se lleva a cabo a través de la pared de las células. Su capacidad de absorción y retención de agua y nutrientes minerales (Bates, 1992), así como de aislamiento térmico, los convierten en importantes reguladores de la disponibilidad hídrica y de nutrientes (Estébanez *et al.*, 2011).

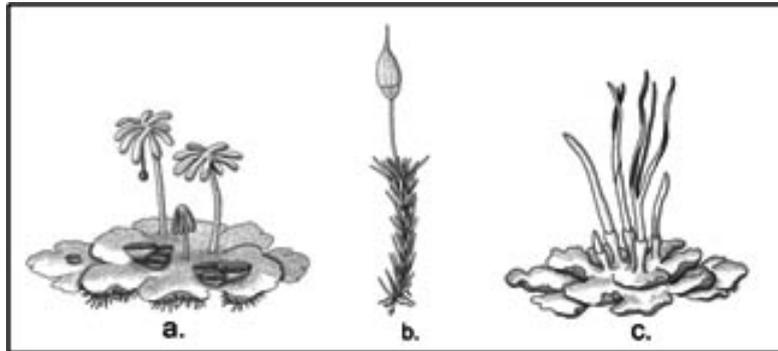


Figura 1. Grandes grupos de briófitos. a: hepáticas; b: musgos, c: antocerotas

Normalmente crecen en lugares húmedos en los bosques templados y tropicales, o en los bordes de humedales y arroyos, donde es habitual encontrar una gran variedad de especies y exuberancia de individuos, aunque no se limitan solamente a estos hábitats. Muchas especies de musgos se encuentran en desiertos relativamente secos, donde desarrollan numerosas adaptaciones para captar agua y resistir la desecación, o formando masas en rocas expuestas que pueden alcanzar altas temperaturas, incluso pueden encontrarse en montañas por encima del límite de vegetación arbórea (Delgadillo & Cárdenas, 1990). Unos pocos son capaces de vivir a orillas del mar, en rocas salpicadas por el oleaje, a pesar de que no existen briófitos estrictamente marinos. Muchos musgos son reviviscentes: capaces de permanecer vivos pero en estado latente durante años en condiciones de deshidratación y de recuperarse rápidamente al ser rehidratados (Estébanez *et al.*, 2011); sin embargo, otros musgos y hepáticas son acuáticos de manera que mueren si permanecen fuera del agua durante periodos incluso menores a 24 horas (Delgadillo & Cárdenas, 1990).

Al igual que los líquenes, los briófitos son especialmente sensibles a la contaminación atmosférica y a las perturbaciones que la acción humana ocasiona en la biosfera, y normalmente en las áreas contaminadas están ausentes o representados por tan sólo unas pocas especies. Por estos motivos es por los que se va haciendo notoria la necesidad de poner en práctica programas de conservación. Algunos briófitos tienen la habilidad de acumular grandes cantidades de determinados elementos como el hierro, el cobre o el plomo, o incluso contaminantes industriales o lluvia radioactiva (Rieley *et al.*, 2003). Por este motivo pueden ser usados como bioindicadores, analizando la acumulación de los contaminantes en los tejidos y comparándolos con el contenido de los mismos en el sustrato (Delgadillo & Cárdenas, 1990). También son importantes bioindicadores del cambio climático (Estébanez *et al.*, 2011).

Los tres grupos de briofitos son importantes dentro del ecosistema; por un lado interceptan la lluvia, absorben y retienen agua, previenen su escape por escorrentía y en algunas regiones, dada su gran biomasa, detienen la erosión (Bates, 1992). Por otro lado, mantienen relaciones ecológicas de varios tipos con otros organismos, como plantas, animales, bacterias, etc.

Por otro lado, también es conocida la acción fungicida y antibiótica de muchos briófitos frente a hongos y bacterias, se han identificado diversas sustancias que inhiben el crecimiento de microorganismos. Este efecto inhibitorio se ha denominado alelopatía.

Algunos de estos compuestos sirven para impedir o reducir el ataque por insectos fitófagos y otros animales. La presencia de estos compuestos biológicamente activos tiene un alto significado ecológico para los briófitos y para otros organismos ya que este control químico puede alterar la estructura y funcionamiento de sus poblaciones (Delgadillo & Cárdenas, 1990).

Otro punto importante en la ecología de estas plantas es que, en zonas recientemente perturbadas, como zonas incendiadas, después de la formación de lava, etc., se encuentran entre las primeras colonizadoras favoreciendo la acumulación de material orgánico y las condiciones adecuadas para que posteriormente sea ocupado por otras plantas (Delgadillo & Cárdenas, 1990). Además, los briófitos son eficientes fijadores de nitrógeno atmosférico (Gordon *et al.*, 2001).

En la transición a tierra de la vida fotosintética, los briófitos son considerados como un grupo de plantas crucial; de hecho, se ha conseguido un consenso casi general en que son las plantas actuales más relacionadas con el ancestro de todas las plantas terrestres. Pero no son importantes solamente desde el punto de vista evolutivo, sino que también juegan un importantísimo papel estabilizador cada vez más reconocido, además de su gran potencial en biotecnología y bioindicación.

Adaptándose

A pesar de ser cierto que la presencia de estas plantas no es dominante en la mayoría de los ecosistemas, en algunos bosques su producción de materia orgánica puede alcanzar el 50% y en las turberas y zonas boreales pueden representar entre un 90 y un 100% de la población vegetal.

Los retos ambientales que han de superar estas plantas son: la necesidad de retener agua minimizando la evaporación, de maximizar la productividad fotosintética y de protegerse.

Normalmente los briófitos carecen de mecanismos eficaces para mantener los niveles internos de agua ya que los tejidos aislantes están poco desarrollados, por lo que los niveles de hidratación dependen mayoritariamente de la disponibilidad ambiental. Existen especies que pueden resistir la pérdida de casi todo el agua interna en pocos minutos y revivir después de varios años, mientras que otras son altamente sensibles a la desecación.

Muchos de ellos, son capaces de sobrevivir en un estado metabólicamente inactivo durante las épocas de sequía y recuperar sus funciones vitales al volver a rehidratarse, lo que les permite aprovecharse de los cortos periodos favorables y poder adaptarse a múltiples ambientes como desiertos o altas montañas. Esta capacidad parece ligada a la síntesis de azúcares y proteínas que los protegen y mantienen su forma, y a mecanismos antioxidantes y fotoprotectores, permitiéndoles también sobrevivir a temperaturas muy bajas. Aun así, retienen grandes cantidades de agua en su superficie, incluso hasta 15 veces su peso, lo que cumple una función muy importante en el mantenimiento de las condiciones de humedad y temperatura en los ecosistemas (Estébanez *et al.*, 2011).

Debido al ligamiento que tienen a la disponibilidad hídrica, los briófitos suelen vivir en zonas sombreadas en las que es más difícil la evaporación. Por esta razón, algunos briófitos están adaptados a aprovechar intensidades lumínicas mínimas. De hecho, se han descrito ejemplares de musgos acuáticos en las profundidades de lagos geotermales de Yellowstone capaces de sobrevivir en condiciones lumínicas que el ojo humano catalogaría como de oscuridad.

Normalmente no requieren una alta concentración de nutrientes, es más, a menudo puede llegar a resultarles tóxica. Además, no están obligados a captar los minerales del sustrato, sino que pueden aprovechar los que están presentes en el polvo atmosférico y la precipitación absorbiéndolos por toda su superficie o almacenándolos en hendiduras. Esto les permite crecer sobre sustratos poco accesible para otras plantas como troncos, hojas, rocas...

Algunas hepáticas han desarrollado comportamientos carnívoros; de esta manera consiguen una fuente de nitrógeno alternativa a partir de pequeños organismos que quedan apresados entre sus filidios.

Además de todas estas adaptaciones, su ciclo vital y la reproducción asexual funcionalmente especializados les permiten sobrevivir a perturbaciones estacionales y colonizar con rapidez numerosos ambientes (Estébanez *et al.*, 2011).

Agentes contra la erosión

Junto con los líquenes, los briófitos forman en el suelo unas alfombras o costras que juegan un papel ecológico muy importante: controlan la erosión, cubriendo el suelo y protegiéndolo de agentes erosivos como el viento o la lluvia (Avendaño-Torres & Aguirre, 2007).

En las zonas áridas esto es muy importante, debido a la carencia de vegetales superiores que no pueden crecer en estos ambientes. En estas zonas la lluvia no es muy frecuente, pero cuando llegan las estaciones lluviosas se producen lluvias repentinas y con mucha intensidad (Fig. 2).

Además de contar con sus rizoides, que unen las partículas del suelo, esta costra biológica forma una barrera física que reduce la intensidad con la que las gotas de agua impactan con el suelo, restando gran parte del potencial erosivo de la lluvia, y ralentiza el flujo de agua alargando el tiempo durante el cual el agua puede empapar el suelo subyacente.

En otros hábitats, como selvas o bosques templados y fríos, los musgos también cubren una gran superficie del suelo, así como los troncos y ramas de muchos árboles (Fig. 3). Estas briofitas actúan en al menos tres maneras: reducen la velocidad y retrasan la escorrentía durante las lluvias (reduciendo la erosión), mediante la retención de la humedad después de la lluvia (manteniendo el régimen de humedad en el bosque) y filtrando el agua tanto a través de la caída y de la escorrentía (Scott *et al.*, 1997).

La naturaleza del suelo condiciona la aparición de las especies de briófitas y de su crecimiento, además de los demás factores ambientales. Los suelos arcillosos, ya sea por aparición natural mediante corrimientos de tierra o por causas derivadas de la industria, se ven colonizados por musgos, especialmente en zonas húmedas. La superficie del suelo rápidamente se ve cubierta y las partículas de arcilla se cohesionan gracias a sus rizoides.

Los briófitos son rara vez, o nunca, colonizadores iniciales de arena móvil (Scott *et al.*, 1997), pero una vez se han formado dunas o depósitos de arena (por lo general por la presencia de plantas superiores), estos aparecen como una fuerza estabilizadora importante. Sus rizoides protegen a la duna de las salpicaduras del agua y de la erosión eólica excesiva. Son capaces de soportar períodos de entierro por la arena fresca (a poca profundidad, no más de 4cm), y cambiar la posición de sus hojas para “nadar” hacia arriba y volver a colocarse en la superficie de la duna.

Pioneros

Evolutivamente, los antepasados de los briófitos actuales fueron los primeros en conquistar el medio terrestre y vivir fuera del agua, aunque siguen dependiendo mucho de ella para su supervivencia (Heras & Infante, 1993).

Los sitios abiertos, expuestos al sol y al viento, y pobres en nutrientes son frecuentemente colonizados por los briófitos (Avendaño-Torres & Aguirre, 2007). Por ejemplo, algunas hepáticas son capaces de instalarse en suelos volcánicos recientemente depositados, donde ninguna otra planta puede sobrevivir. Con el tiempo, los briófitos crean una capa orgánica en la que comienzan a instalarse diversos microorganismos que cambian la composición mineral del sustrato y lo hacen adecuado para el asentamiento de plantas vasculares. Esto último causa la desaparición de las briófitas originales y la llegada de otras adaptadas al nuevo ambiente.



Figura 2. Musgos en las dunas

Otros tienen la capacidad de colonizar lugares de zonas áridas en los que existen cuerpos de agua temporales altamente salinos, como es el caso de la hepática del género *Carrpos*, que existe solamente en los salares ricos en yeso del sur de África y Australia.

Los briófitos más tolerantes a largos periodos de sequedad, son importantes en la colonización de nuevos ambientes terrestres, sobre todo en zonas de roca desnuda, donde el proceso es muy lento (Fig. 4). Su capacidad para reproducirse vegetativamente y obtener nutrientes de la lluvia y el polvo que flota en el aire los hace los colonizadores ideales en estos ambientes. El tipo de briófito particular que coloniza cada tipo de ambiente depende de la disponibilidad de sombra y humedad, de la rugosidad de la superficie y de la composición química del sustrato.

Pueden colonizar la superficie de los troncos y ramas de los árboles, donde también se produce la sucesión de especies una vez que el árbol muere y se cae, debido a los cambios de humedad y luminosidad, y a la descomposición de la madera (Schofield, 1985).

También existen briófitos especializados en la colonización de suelos cubiertos de ceniza por los incendios, como el musgo *Funaria hygrometrica* o el género *Marchantia* de las hepáticas (Avendaño-Torres & Aguirre, 2007).



Figura 3. Briófitos sobre troncos



Figura 4. Musgo creciendo sobre roca desnuda

Varios estudios han demostrado que los briofitos tienen un papel importante en el ciclo de los elementos, como el nitrógeno, fundamental en los nutrientes que precisan los seres vivos. Los musgos retienen una cantidad significativa del nitrógeno ambiental, es decir, es una de las puertas por la que este elemento entra en el ciclo de forma que pueda ser usado por otros organismos (que de otra forma no podrían obtenerlo). Sin los musgos, gran parte del nitrógeno que cae con la lluvia se perdería en el agua superficial y, en última instancia, acabaría fuera del sistema en los torrentes de agua circundantes. También son almacén de muchos otros nutrientes minerales, como potasio, magnesio y cloro, que guardan en su interior en forma de iones.

Otra función de la costra biológica que forman los briófitos junto con los líquenes es que producen sustancias ácidas que retiran el nitrógeno de la roca subyacente y lo incorporan, por lo que queda a disposición de las plantas (Glime, 2006).

Además del almacenamiento de nutrientes minerales, los briofitos forman sumideros de carbono. El almacenamiento de carbono como proveniente de la fotosíntesis, como era previsible, se puede encontrar en las hojas, pero estudios que han marcado el carbono dentro del musgo han revelado que también lo hacen en otros lugares. En particular, en varios musgos del bosque boreal (*Pleurozium schreberi*, *Splendens hylocomium*, *Sphagnum subsecundum*) lo acumulan también en los brotes verdes y en los tejidos no fotosintéticos (Glime, 2006), permitiendo que sea incorporado a otros seres vivos como animales que los consuman.

Relación con otros seres vivos

Los briófitos no viven aislados del resto de seres vivos, sino que se relacionan más o menos estrechamente con plantas, animales, hongos o bacterias.

Algunas cianófitas, cianobacterias o algas azules, fijan el nitrógeno del aire transformándolo en nutrientes nitrogenados que liberan al suelo, se cobijan en los céspedes de musgo, ayudando a la fertilización de los suelos. Por ejemplo, en los abetales canadienses, las raicillas de los árboles se concentran bajo las poblaciones de musgos porque son puntos de suministro nutritivo (Heras & Infante, 1993). También, en ocasiones, los nutrientes llegan mediante la lluvia que cae y los arrastra desde las copas de los árboles, pero son absorbidos rápidamente por la cobertura de briófitos y pueden quedar fuera del alcance del resto del ecosistema (Schofield, 1985). Aun así, su lenta descomposición (entre cinco y doce años en el caso del musgo) contribuye de manera importante a la formación del mantillo húmifero.

Existen también hepáticas que forman “micorrizas” con hongos, asociaciones semejantes a las que forman con ciertos árboles y plantas (Heras & Infante, 1993).

Los extensos tapetes de musgo pueden ser importantes en el balance hídrico de los bosques (Fig. 5).

En ocasiones, cuando hay pocas precipitaciones, pueden captar toda la humedad, impidiendo que ésta llegue a las raíces de las plantas con semilla. Otras veces, evitan que la humedad de las capas superiores del suelo se evapore y se pierda rápidamente, permaneciendo disponible para las raíces.

Son importantes estabilizadores del sustrato, e inician cambios en él que lo hacen adecuado para que lo colonicen las plantas con semilla; éstas últimas, generalmente alteran el lugar de manera que las briófitas iniciales colonizadoras no pueden sobrevivir (Schofield, 1985).



Figura 6. Musgos epífitos

Los tapices de musgo también son un buen medio para la germinación de semillas (Heras & Infante, 1993); aunque, si la cobertura es demasiado gruesa, pueden producir el efecto contrario e impedir que la radícula alcance las capas minerales, haciendo que la semilla muera.

Debido a la gran cantidad de hojarasca que cubre los suelos de los bosques de angiospermas, la cobertura de briófitos tiende a ser mayor en los bosques de gimnospermas, donde su crecimiento no se ve obstaculizado por las hojas en descomposición. Por el contrario, los briófitos epífitos (Fig. 6 y 7) son menos abundantes en las gimnospermas que en las angiospermas, donde aprovechan los periodos en que las copas de los árboles no tienen hojas para crecer. Con frecuencia, estos briófitos epífitos están acompañados de líquenes (Fig. 8), que pueden prevenir el establecimiento de los primeros o destruirlos con el tiempo (Schofield, 1985).



Figura 5. Tapete de briófitos cubriendo el suelo de un bosque



Figura 7. Antocerota epífita

Con respecto a los animales, la capacidad de retención de agua de los briófitos y sus propiedades aislantes los convierte en hogares ideales para una gran variedad de invertebrados o pequeños vertebrados que encuentran en ellos refugio (Estébanez *et al.*, 2011).

Sirven además, junto con los líquenes, como alimento para muchos pulgones, orugas de mariposas, ácaros, nematodos, caracoles, babosas y saltamontes (Heras & Infante, 1993), aunque su aporte calórico no es muy elevado (Glime, 2014), lo que hace que sólo unos pocos

vertebrados (renos, lemings o gansos árticos) los consuman activamente, debido a que obtienen de ellos ácidos grasos que les aportan ventajas de resistencia frente al frío. Además de servir como refugio para los propios animales adultos, muchos caracoles, babosas u otros insectos ocultan sus huevos en los briófitos. Rotíferos y osos de agua (Tardígrados), que son animales de muy reducido tamaño se alimentan también de ellos y los hacen su hábitat natural.

Muchos de estos animales han desarrollado especializaciones morfológicas (en la forma corporal) para mantenerse agarrados a su medio “briológico”. Algunos de estos invertebrados participan en el transporte de espermatozoides desde los anteridios hasta los arquegonios, aportando de este modo un beneficio a la planta. Aún con su reducido tamaño los briófitos constituyen verdaderos “bosques” para los animales pequeños. Un estudio de los microartrópodos de Covadonga, en Asturias, encontró que en 350 cc de musgo habitaban 1.152 individuos pertenecientes a doce grupos de artrópodos (Heras & Infante, 1993). Debido a sus propiedades aislantes muchas aves emplean musgos para construir o tapizar nidos (Estébanez *et al.*, 2011).

Semáforos ambientales

El potencial bioindicador de los briófitos ha hecho que esta línea de investigación se constituya como una de las más importantes y con más expansión actualmente en relación con los briófitos (Estébanez *et al.*, 2011). Poseen una serie de características que los hacen ideales como indicadores de contaminación: gran simplicidad estructural, rápidas tasas de crecimiento y multiplicación, diversidad de hábitats, alta sensibilidad y la capacidad de acumular tóxicos en mayor medida que el resto de organismos que los rodean. Los briófitos epífitos (que habitan sobre otras plantas) son especialmente susceptibles a la contaminación aérea. Distintas especies reaccionan además de manera diferencial a distintos contaminantes, existiendo especificidad. Pueden ser empleados junto con líquenes o sin ellos en el desarrollo de índices de pureza atmosférica en función de la frecuencia de aparición, número de especies, cobertura y resistencia de éstas en una determinada área (Govindaparyi *et al.*, 2010). El uso de estos organismos como bioindicadores fue ya propuesto a comienzos del siglo XX (Estébanez *et al.*, 2011). Aquellas especies especialmente sensibles a la contaminación son rápidamente sustituidas por aquellas más tolerantes debido a que mantienen una elevada capacidad reproductiva aún con el aumento de la concentración de tóxicos, lo que puede ser fácilmente interpretado como una señal del aumento de la contaminación atmosférica (Schofield, 1985). El uso de briófitos en la creación de “briómetros” que permitan conocer el grado de contaminación atmosférica comenzó ya hace 40 años en Japón, y se basaba en una serie de efectos determinados sufridos por varias especies ante los contaminantes (Estébanez *et al.*, 2011).

Los briófitos empleados en bioindicación podrían clasificarse en dos tipos en función de su comportamiento ante la presencia de contaminantes: Aquellos que sufren lesiones concretas o efectos visibles ante la presencia de determinados contaminantes, y aquellos que tienen la capacidad de absorber



Figura 8. Hepática foliosa epífita, rodeada por líquenes

y retener sustancias contaminantes en mayor medida que el resto de plantas del ecosistema. El primer tipo puede servir como indicador inmediato del aumento de la contaminación, y un análisis de la concentración de contaminantes acumulados por el segundo permite tener una idea sobre el grado de concentración de contaminantes en el medio (Govindaparyari *et al.*, 2010). Aun siendo esta herramienta muy útil, se ha remarcado que no puede ser empleada para la realización de medidas absolutas pues los resultados dependen de múltiples variables como el estado fisiológico del musgo, la fuente del contaminante y el proceso de medición, pero sí permite obtener un conocimiento aproximado del alcance de la contaminación en el medio.

Los briófitos se ven especialmente afectados por contaminantes gaseosos que absorben directamente o que se oxidan en la atmósfera produciendo lluvia ácida. Son también sensibles a elevadas concentraciones de ozono (originado a partir de algunos hidrocarburos). Elevadas concentraciones de pesticidas y fertilizantes empleados en agricultura, o de nitratos fruto de la excesiva ganadería pueden ser también detectadas observando sus efectos sobre los briófitos (Govindaparyari *et al.*, 2010), por lo que las posibilidades de empleo de estos organismos como indicadores son amplias. Programas de investigación europeos actuales pretenden emplear los briófitos mediante métodos sistemáticos para cartografiar la deposición de metales pesados en el continente (Estébanez *et al.*, 2011). Su utilidad se hace cada vez más notable y por tanto la necesidad de continuar investigando en este campo resulta evidente.

Se conoce que con el aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero (CO_2 , CH_4 , etc.) las temperaturas de aquí a 50 años puedan incrementarse de media entre 1 y 6 °C. Este cambio climático que estamos viviendo es especialmente grave en los polos. En ellas, los briófitos suponen un gran porcentaje de la biomasa, además de proteger el suelo y la vegetación de la intensa erosión y condiciones que existen en los climas polares.

Como los briófitos son indicadores de polución y contaminación, son muy sensibles a las variaciones ambientales, y su crecimiento y salud se ve mermado con los contaminantes y el aumento de temperatura derivado del efecto invernadero.

Existe también una relación negativa entre el uso industrial del suelo (en especial en agricultura y usos forestales) y la biodiversidad de los briófitos. El envejecimiento y la destrucción de bosques y selvas por la industria suponen una merma en la diversidad de especies de musgo que podemos encontrar (Markert *et al.*, 2003).

Diversas investigaciones estudian cómo afectan estos cambios a las poblaciones de musgos, e intentar conseguir pruebas empíricas de la realidad del cambio climático. Como afecta la temperatura, la concentración de dióxido de carbono o las expansiones y contracciones estacionales en los hábitats en los briófitos son unos indicadores efectivos del cambio climático (Tuba *et al.*, 2011).

Conservación

En España existieron grandes micólogos a lo largo del siglo XX (Casares, Casas,...), por lo que se sabe alberga una diversidad briofítica muy representativa de todo el continente europeo. La riqueza de musgos y hepáticas conocida hasta la fecha ronda el 65% de toda la brioflora presente en Europa.

Las amenazas directas, específicas de los briófitos, suelen estar relacionadas con los impactos negativos del ser humano en la biosfera, la recolección de musgos con fines comerciales (uso como sustrato en jardinería y horticultura) o con su frecuente uso decorativo en varios países, especialmente para la confección de belenes.

Estas prácticas están poniendo en peligro algunas de las especies existentes en el país por lo que se ha puesto recientemente en marcha el proyecto del Atlas y Libro Rojo de los briófitos amenazados de España, financiado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, y con el apoyo técnico de la Sociedad Española de Briología.

Para demostrar la importancia que está alcanzando la briología en la Península, basta con señalar que

hay al menos 15 grupos de investigación activos, desarrollando proyectos en líneas muy diversas: taxonomía, ecología, biogeografía, bioindicación, morfología funcional, biotecnología y conservación. En la actualidad la briología ha pasado de ser una rama menor de la Botánica, a estar en el primer plano, y aumenta su presencia y relevancia tanto en otros campos científicos como en la sociedad, que empieza a tomar conciencia de la importancia en la biosfera del grupo de plantas vivientes más antiguo sobre el planeta (Estébanez *et al.*, 2011).

BIBLIOGRAFÍA

- Avendaño-Torres, K. & Aguirre-C., J. (2007). The Mosses (Bryophyta) of the Region of Santa María-Boyacá (Colombia). *Caldasia*. 29: 59-71.
- Bates, J. W. (1992). Mineral nutrient acquisition and retention by bryophytes. *Journal of Bryology*. 17: 223-240.
- Delgadillo, C. & Cárdenas M.A. (1990). Manual de briófitas. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Estébanez Péres, B., Draper Y Días de Atauri, I. & Medina Bujalance, R. (2011). Bryophytes: an approximation to the simplest land plants. *Memorias – Real Sociedad Española de Historia Natural*. 2: 19-73.
- Glime, J. M. (2006) Bryophyte ecology Volume 1: Physiological ecology. Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. USA.
- Glime, J. M. (2014). The Fauna: A Place to Call Home. Chapt. 1. In: Glime, J. M. Bryophyte Ecology. Volume 2. Bryological 1-1-1 Interaction. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. Last updated 29 April 2014 and available at http://www.bryoecol.mtu.edu/chapters_VOL2/1-1-1AnimalGeneral.pdf. [26/03/2015].
- Gordon, C., Wynn, J. M., Woodin, S. J. (2001). Impacts of increased nitrogen supply on high Arctic heath: the importance of bryophytes and phosphorus availability. *New Phytologist*. 149: 461-471.
- Govindaparyi, H., Leleeka, M, Nivedita, M., Uniyal, L. (2010). Bryophytes: indicators and monitoring agents of pollution. *NeBIO*. 1: 35-41.
- Heras, P. & Infante, M. (1993) El papel ecológico de los musgos. *Boletín del Instituto Alavés de la Naturaleza* 3: 5-7.
- Markert, B. A., Breure, A. M., Zechmeister, H. G. (2003). Bioindicators and biomonitors (Vol. 6). Gulf Professional Publishing. Houston.
- Raven, P. H., Evert, R. F., Eichhorn, S. E. (1992). *Biología de las plantas*. Editorial Reverté. Barcelona.
- Reinoso, J., Rodríguez, J., Viera M. C. (2003). Lista roja de los briófitos de Galicia (N.O. de España). *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*. 12: 83-93.
- Rieley, J. O., Richards, P. W., Bebbington, D. L. (1979). The Ecological Role of Bryophytes in a North Wales Woodland. *Journal of Ecology*. 67: 497-527.
- Schofield, W.B. (1985). *Introduction to bryology*. Macmillan Publishing Company. New York.
- Scott, G. A. M., Entwisle, T. J., May, T. W., & Stevens, G. N. (1997) A conservation overview of Australian non-marine lichens, bryophytes, algae and fungi. *Environmental Australia*. Melbourne.
- Tuba, Z., Slack, N. G., Stark, L. R. (2011) *Bryophyte ecology and climate change*. Cambridge University Press. New York.