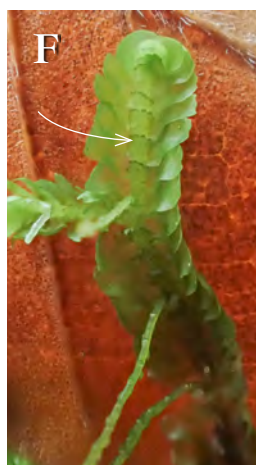
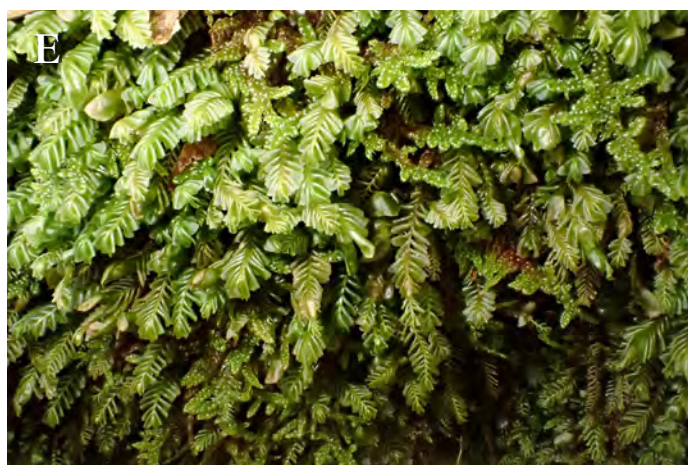
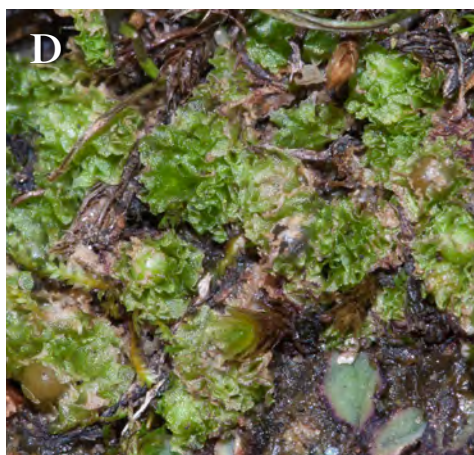


Introducción

Con el término «briófito», en sentido amplio, denominamos a plantas de tres grupos vegetales diferentes (Fig. 1): los musgos, o briófitos en sentido estricto (División Bryophyta), las hepáticas (División Marchantiophyta) y los antocerotas (División Anthocerotophyta). Los tres grupos incluyen plantas que se llaman a veces «no vasculares», porque se consideraba que no tenían tejidos conductores, si bien se ha constatado su presencia, aunque de estructura sencilla. Los tres grupos se caracterizan porque el gametófito es la generación dominante y fotosintética del ciclo biológico, esa verde a la que llamamos «musgo», mientras que el esporófito está simplificado y depende totalmente del gametófito para su desarrollo, no siempre está presente, y tendemos a llamarlo fructificación del musgo. En las plantas vasculares (pteridófitos, gimnospermas y angiospermas) la situación está invertida, ya que la fase dominante y fotosintética, la que vemos, es el esporófito, mientras que los gametófitos están muy reducidos: en el caso de gimnospermas y angiospermas los masculinos se desarrollan dentro del grano de polen y los femeninos dentro del primordio seminal; imposible verlos sin microscopio.

El ciclo de vida de los briófitos (Fig. 2) El gametófito es la generación haploide, término que quiere decir que cada célula tiene un único juego de cromosomas ($1n$), y la generación que en la que se producen los gametos. Los gametos masculinos (espermatozoides) se producen en los anteridios, y los femeninos (oosferas) en los arquegonios. Anteridios y arquegonios pueden desarrollarse sobre un mismo gametófito, y hablamos entonces de plantas monoicas (hermafroditas), o en gametófitos diferentes, y entonces hablamos de plantas dioicas (unisexuales). La fecundación de la oosfera por un espermatozoide genera un cigoto diploide ($2n$), que por sucesivas divisiones da lugar al esporófito, en el que cada célula tiene por tanto dos juegos de cromosomas. El esporófito de los briófitos cuenta con una característica única entre las plantas terrestres: que nunca está dividido, por lo que cuenta con un único esporangio, al que se denomina cápsula. Esta cápsula es el recipiente en donde se producen las esporas, normalmente en el ápice de una seta más o menos larga. Dentro del esporangio se diferencian el arquesporio, que es el tejido formador de esporas y, casi siempre, la columela, una estructura estéril que lo atraviesa. Cada una de las células del arquesporio, diploides, se dividen



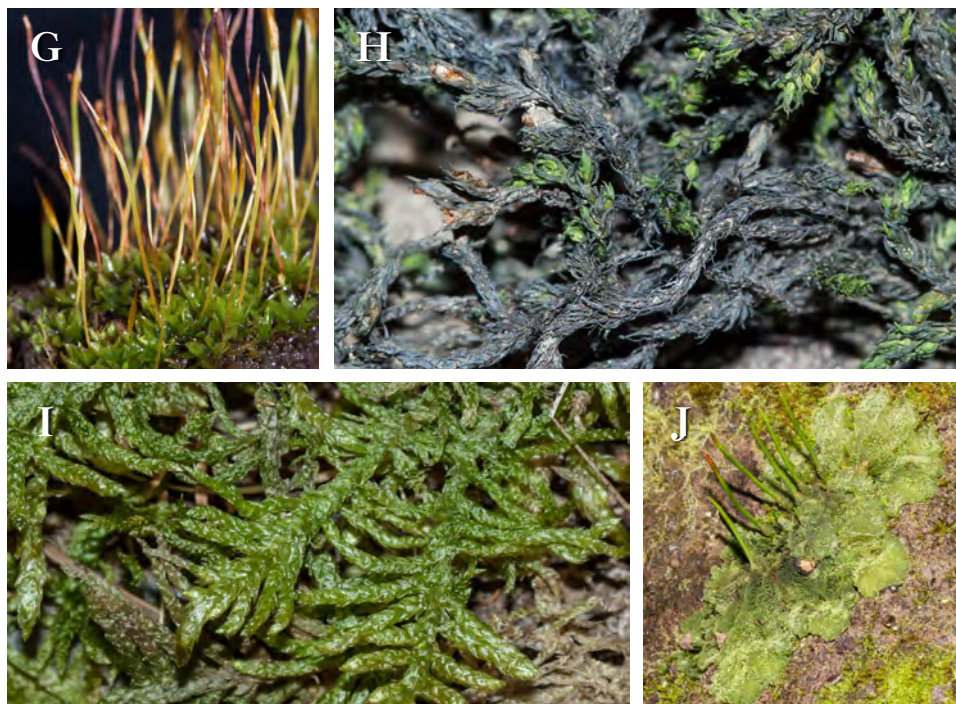


Figura 1.- Ejemplos de briófitos. A: *Marchantia plicata*, hepática de talo complejo de los páramos andinos. B: *Riccia gougetiana*, hepática de talo complejo común en las áreas graníticas del centro de España, en la que se ven los cuellos de los arquegonios como tubitos oscuros asomando por encima del talo. C: *Pellia epiphylla*, hepática de talo simple. D: *Fossombronia caespitiformis*, hepática de talo simple. E: *Plagiochila asplenioides*, hepática foliosa, vista dorsal. F: *Bazzania trilobata* hepática foliosa, en vista ventral mostrando los anfigastros (flecha). G: *Syntrichia laevipila*, musgo acrocárpico. H: *Cinclidotus fontinaloides*, musgo cladocárpico. I: *Pseudoscleropodium purum*, musgo pleurocárpico. J: *Phaeomegaceros squamuligerus*, una antocerota de los páramos andinos.

por mitosis muchísimas veces antes de la división final por meiosis para convertirse en esporas haploides. Los briófitos generan enormes cantidades de esporas gracias a esas múltiples divisiones previas por mitosis; se estima que se pueden producir hasta algo más de 65 millones de esporas en un único esporangio de *Dawsonia*, aunque también hay especies en las que solo se generan 16, como en *Archidium*. Cada espora dará lugar a un protonema, que en el caso de las hepáticas y antocerotas es siempre taloso y da lugar a una única planta, y en el caso de los musgos es un filamento muy ramificado,

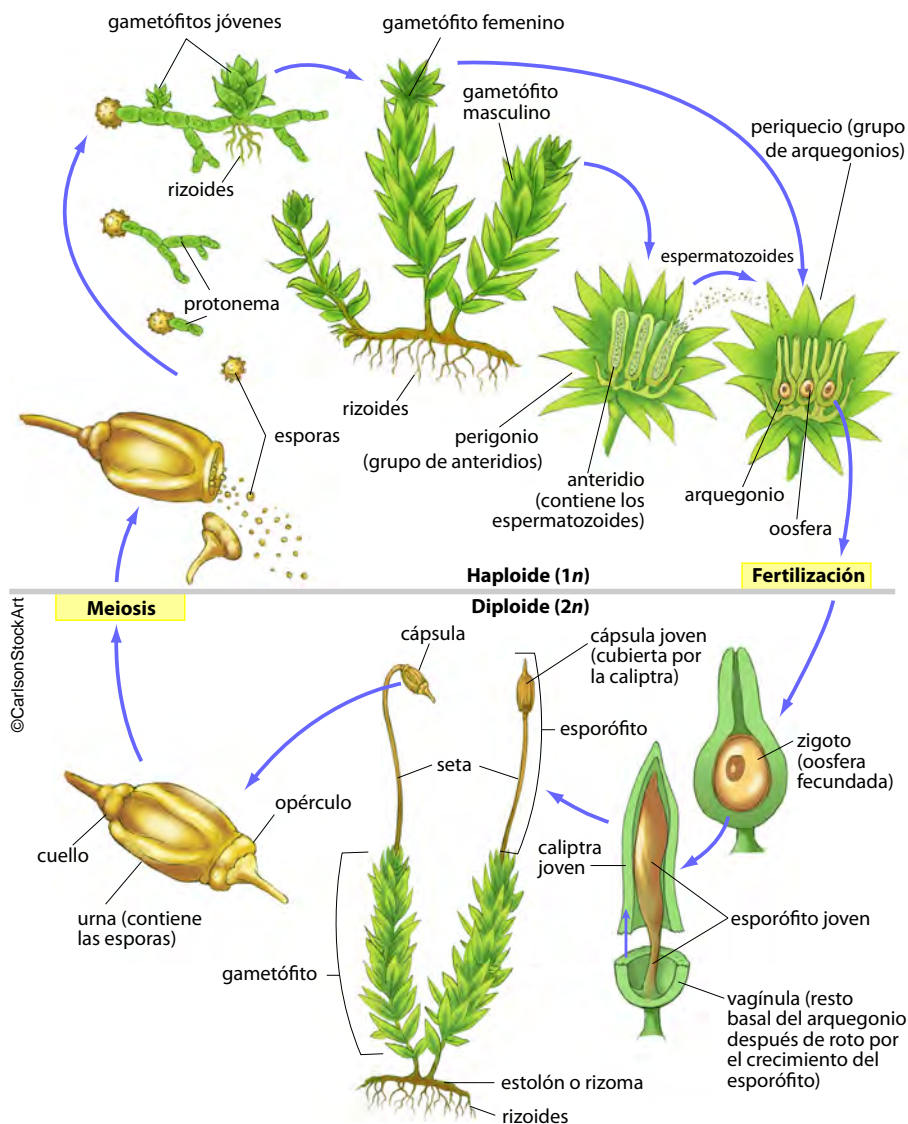


Figura 2.- Ciclo biológico de un musgo tomado como generalización del que sería para cualquier briófito. Más adelante se muestran los casos concretos de las hepáticas de talo complejo y de los antocerotas.

excepto en *Sphagnum* y algún otro grupo basal en el que es taloso, y que puede dar lugar a muchas nuevas plantas.

Además de la reproducción sexual que acabamos de describir, todos los briófitos se dispersan y establecen con facilidad a partir de diásporas asexuales, como fragmentos de gametófitos o estructuras especializadas como yemas que, de existir, suelen ser importantes para la identificación de las especies.

Cómo reconocer los briófitos Reconocer un briófito como tal es normalmente fácil, ya que suelen ser:

- plantas pequeñas, la mayoría de 2-4 centímetros de largo como mucho.
- variables en color, y aunque lógicamente predomina el verde, muchos tienen tonos pardos, anaranjados, rojizos o violáceos, o incluso negros.
- que, o bien tienen pequeñas hojas con forma parecida a las de otras plantas (Fig. 1 E-I), o bien talos, que son los gametófitos en los que no existen tallos y hojas diferenciados, sino cintas ramificadas, de ~0,2-1 cm de ancho y varios centímetros de largo (Fig. 1A-C) que pueden tener lóbulos laterales que les dan aspecto de lechuga minúscula (Fig. 1D), o rosetas de mayor o menor diámetro (Fig. 1J).

En el caso de los briófitos con ‘hojas’ (musgos y un grupo de hepáticas), los ‘tallos’, las ‘hojas’ o las ‘raíces’, son análogas a las de las plantas vasculares, es decir, cumplen las mismas funciones, pero no son homólogas, porque no tienen el mismo origen evolutivo. Por este motivo los denominamos de forma diferente: los ‘tallos’ se denominan **caulidios**, las ‘hojas’ **filidios** y las ‘raíces’ **rizoides**. Lo mismo ocurre con las ‘flores’: los grupos de arquegonios (‘flores’ femeninas) se denominan **periquecios**, y los grupos de anteridios (‘flores’ masculinas), **perigonios**. Aunque de manera informal hablemos de las hojas, del tallo o de flores, que son nombres que todo el mundo entiende, técnicamente son inapropiados.

Vamos a ver ahora con algo más de detalle cómo podemos identificar a cada uno de los grupos, formales e informales, que se pueden reconocer dentro de los briófitos, y mostraremos las principales partes de cada uno. Aquí hay que recordar algo que en la naturaleza es la norma, y es que cada norma tiene muchas excepciones. Y tampoco está de más decir que las plantas varían, y mucho. Los grandes grupos taxonómicos se definen por reunir un conjunto de caracteres muy estables, pero normalmente muy difíciles de ver

(p. ej., cómo es la microestructura de la unión entre gametófito y esporófito), mientras que las estructuras visibles muestran convergencias adaptativas que pueden confundirnos.

Hepáticas (División Marchantiophyta). Técnicamente, todas las hepáticas comparten la total falta de estomas, el tener rizoides unicelulares, que la cápsula no tiene columela pero sí eláteres, unas células vacías que por movimientos higroscópicos ayudará a dispersar las esporas, y que las células del gametófito tienen oleocuerpos, que son unos orgánulos rodeados de membrana en donde acumulan terpenoides y que tienen mucha importancia para identificar a las especies. En general, la seta es hialina y crece por alargamiento de sus células, no por división, y la cápsula se abre normalmente en cuatro valvas. Excepciones reseñables por su abundancia en la península ibérica son *Targionia*, con un esporófito cubierto por una estructura con forma de mejillón en el ápice de los gametófitos, las especies de la familia Ricciaceae, en las que el esporófito está totalmente incluido dentro del gametófito, o *Fossombronia*, cuyas cápsulas se rompen irregularmente. En las hepáticas, cada célula del arqueosporio dará lugar a un esporocito, o célula madre de esporas, y a un elaterocito, que no sufrirá más divisiones y generará por tanto un único eláter unicelular diploide. Los esporocitos, sin embargo, se dividirán por mitosis muchas veces antes de convertirse en esporas por meiosis, por lo que en las hepáticas se producen muchas más esporas que eláteres.

Dentro de las hepáticas podemos reconocer tres grupos informales: las hepáticas de talo complejo, las hepáticas de talo simple y las hepáticas foliosas. En total incluyen unas 7500 especies.

Las **hepáticas de talo complejo** (Fig. 1A, B) tienen un gametófito con forma de cinta ramificada con una notable diferenciación de tejidos. El gametófito puede tener 0,5-1, o hasta 2 cm de ancho, y entre 1 y 15 cm de largo en las especies grandes, y suele ser relativamente grueso, de 0,4-0,8 cm de alto en su parte media. En la parte central tienen cámaras aeríferas que se abren al exterior mediante un poro más o menos complejo, pero que no es un estoma, ya que carece de movimiento. Internamente, las cámaras pueden tener filamentos fotosintéticos en forma de empalizada, más o menos apretados entre sí. La cara dorsal del talo suele tener aspecto reticulado, con un poro en el centro de cada celdilla, aunque hay especies en las que esta superficie es totalmente lisa. En la cara ventral hay una banda más o menos gruesa

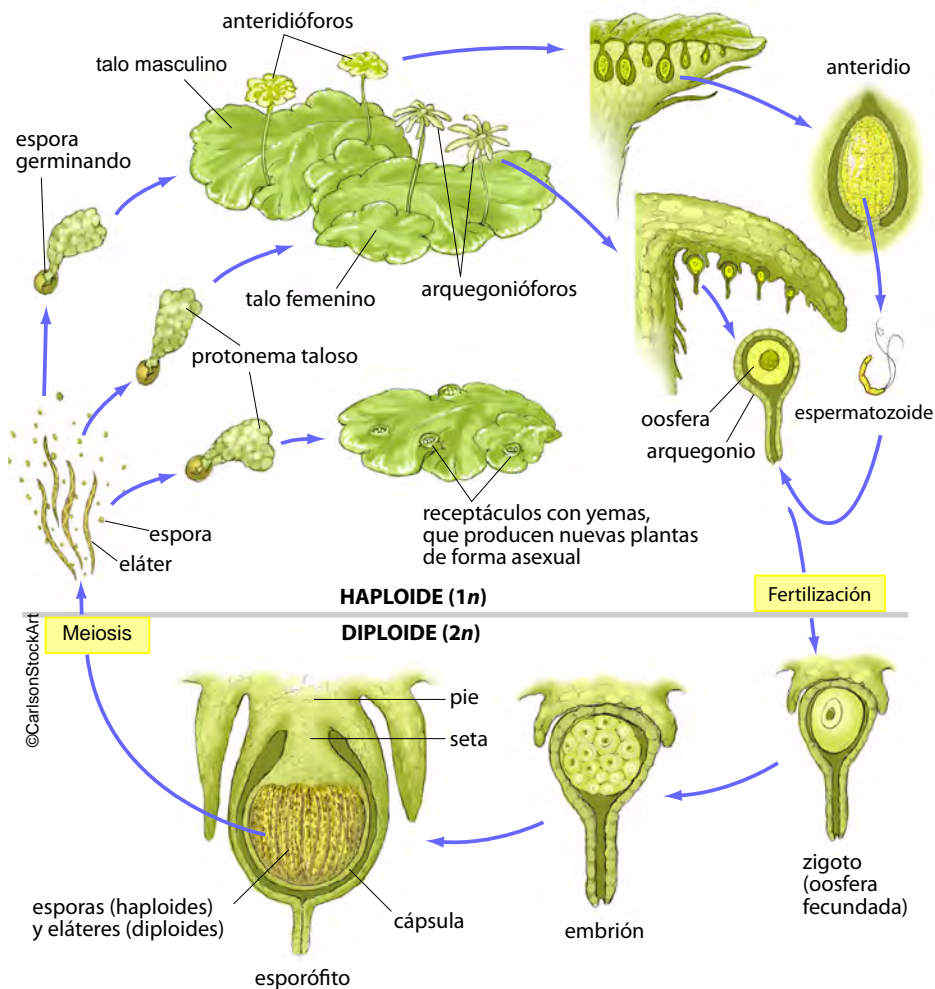


Figura 3.- Ciclo biológico de una hepática de talo complejo.

de capas de tejido de almacenamiento, y externamente unas escamas que protegen al talo cuando se seca, envolviéndolo. También en la cara ventral se desarrollan los rizoides, que en este grupo son muy característicos: unos lisos y otros con engrosamientos internos parecidos a ganchos. Los esporófitos suelen desarrollarse en el vientre de un arquegoniíforo, que es una estructura pedunculada que surge del gametófito con forma de sombrilla, aunque su forma varía mucho entre géneros. Los anteridios pueden estar también dispuestos en estructuras pedunculadas, llamadas anteridíoforos, o hundidos

en la cara superior del talo. La Fig. 3 muestra las características particulares del ciclo de este grupo. En la guía las hemos identificado mostrando al margen el icono.



Una excepción importante a la descripción anterior la forman algunas familias de especies netamente mediterráneas, como las Exormotecáceas, Oxymitráceas y Ricciáceas, en las que el gametófito está muy reducido, como comprimido en pequeñas cintas o cilindros de ~1-10 mm de ancho y pocos centímetros de longitud, y que son típicas de ambientes que se secan por completo, siendo entonces casi imposible verlas porque quedan ocultas por la tierra en la que viven.

Las **hepáticas de talo simple** (Fig. 1C, D) tienen también un gametófito con forma de cinta ramificada, pero sin poros ni escamas, y aunque en dimensiones pueden emular a las de talo complejo, el tejido interno es un parénquima bastante indiferenciado, aunque en algunas especies puede haber tejidos con apariencia de nervio. En la guía las hemos identificado mostrando al margen el icono.



En las **hepáticas foliosas** (Fig. 1E, F) no hay un talo, sino un caulidio diferenciado sobre el que se disponen dos hileras de filidios sin nervio, normalmente insertados en el caulidio de manera longitudinal y aplanados dorsiventralmente, pero muy variables en su disposición con respecto al caulidio; por ejemplo, con la inserción formando una U o una V en los filidios que se llaman conduplicados. También puede haber una tercera hilera ventral de filidios reducidos que se insertan transversalmente al caulidio, y que se denominan anfigastros (Fig. 1F). Los filidios en este grupo se forman a partir de dos o tres células iniciales, lo que da lugar a una enorme variedad

de formas y disposición de los filidios: simples, conduplicados, divididos, con dos o más lóbulos, con lóbulos planos o tomando formas complejas, como cascós, etc. En la guía los hemos identificado mostrando al margen el icono.



Musgos (División Bryophyta). Con aproximadamente 12000 especies, es el grupo de plantas terrestres más diverso después de las angiospermas, y el más conocido por el gran público entre los briófitos. El gametófito siempre consiste en un caulidio sobre el que se disponen los filidios de forma radial, aunque hay grupos en los que desplazamientos del primordio foliar colocan a los filidios en un mismo plano, como en el género *Fissidens*. Los rizoides son siempre pluricelulares. La fertilización de la oosfera dará lugar a un esporófito que primero completa el desarrollo de la seta y luego generará las esporas en un esporangio terminal, que suele tener columela. Todas las células del arqueosporio se convertirán en esporocitos, y por tanto en esporas, por lo que no hay eláteres ni pseudoeláteres. El protonema es filamentoso, al menos en alguno de sus estadios, y da lugar generalmente a varias plantas. Las cápsulas pueden tener estomas, aunque no tienen la misma funcionalidad que en traqueófitos, ya que el poro permanece abierto durante la maduración del esporófito. Se cree que su función es acelerar la deshidratación del contenido de la cápsula, lo que favorecería su apertura y la separación entre sí de las esporas, permitiendo su liberación.

La cápsula suele tener una tapa, llamada opérculo, que al caer permite la liberación de las esporas. Alrededor de la apertura o boca de la cápsula se suelen disponer una serie de dientes —el peristoma— que mediante movimientos higroscópicos cierran más o menos la apertura, lo que regula la velocidad de liberación de las esporas. Estos dientes están formados a partir de restos de paredes celulares, y pueden ser bastante complejos. Los peristomas **nematodontos** son los que resultan del engrosamiento homogéneo de las paredes de células enteras. Se encuentran en muy pocas especies en el mundo porque son exclusivos de las clases que incluyen a *Polytrichum* (Polytrichopsida, con ~220 especies), en donde las puntas de los 16, 32 o 64 dientes del peristoma están unidas por una membrana que se llama



Figura 4: *Polytrichum ohioense* Renauld & Cardot. A: vista lateral de la cápsula con el peristoma nematodonto a la izquierda y muchos estomas en la base. B: vista frontal de la boca de la cápsula, con los dientes en el círculo externo unidos por el epifragma, con aberturas entre los dientes que permiten la liberación de las esporas.

epifragma (Fig. 4), y *Tetraphis* (Tetraphidopsida, con apenas 5 especies, ninguna incluida en esta guía), con 4 dientes y sin epifragma.

La inmensa mayoría de los musgos tienen peristoma **artrodonto**, formado por restos de grosor variable de las paredes de células de tres capas celulares contiguas (Figs. 5, 6). Independientemente de cómo se desarrollen, se reconocen dos tipos principales de peristomas artrodontos: los que tienen un único anillo de dientes (peristomas simples o haplolépidos, Figs. 5A, B; 6A) y los que tienen dos anillos (dobles o diplolépidos, Figs. 5C, D; 6B). Los peristomas simples suelen estar formados por dientes relativamente robustos y de color crema, anaranjado o rojizo, triangulares y planos, o como pelos enrollados en una espiral. En los peristomas dobles el anillo externo o exostoma está formado por dientes robustos y normalmente de color crema a rojizo, mientras que el anillo interno o endostoma es de consistencia membranácea, más frágil que el exostoma, y mucho más variable en su morfología, ya que puede estar muy reducido, formado solo por unos segmentos más o menos estrechos y frágiles, o por una membrana alta con o sin segmentos. Las características del peristoma tienen gran importancia en la taxonomía de los musgos, aunque muchos caracteres solo pueden verse al microscopio.

Los dientes del peristoma están formados por las paredes celulares engrosadas de al menos tres capas celulares concéntricas (Fig. 6). En el caso de los dientes simples o haplolépidos, la cara externa de los dientes está formada

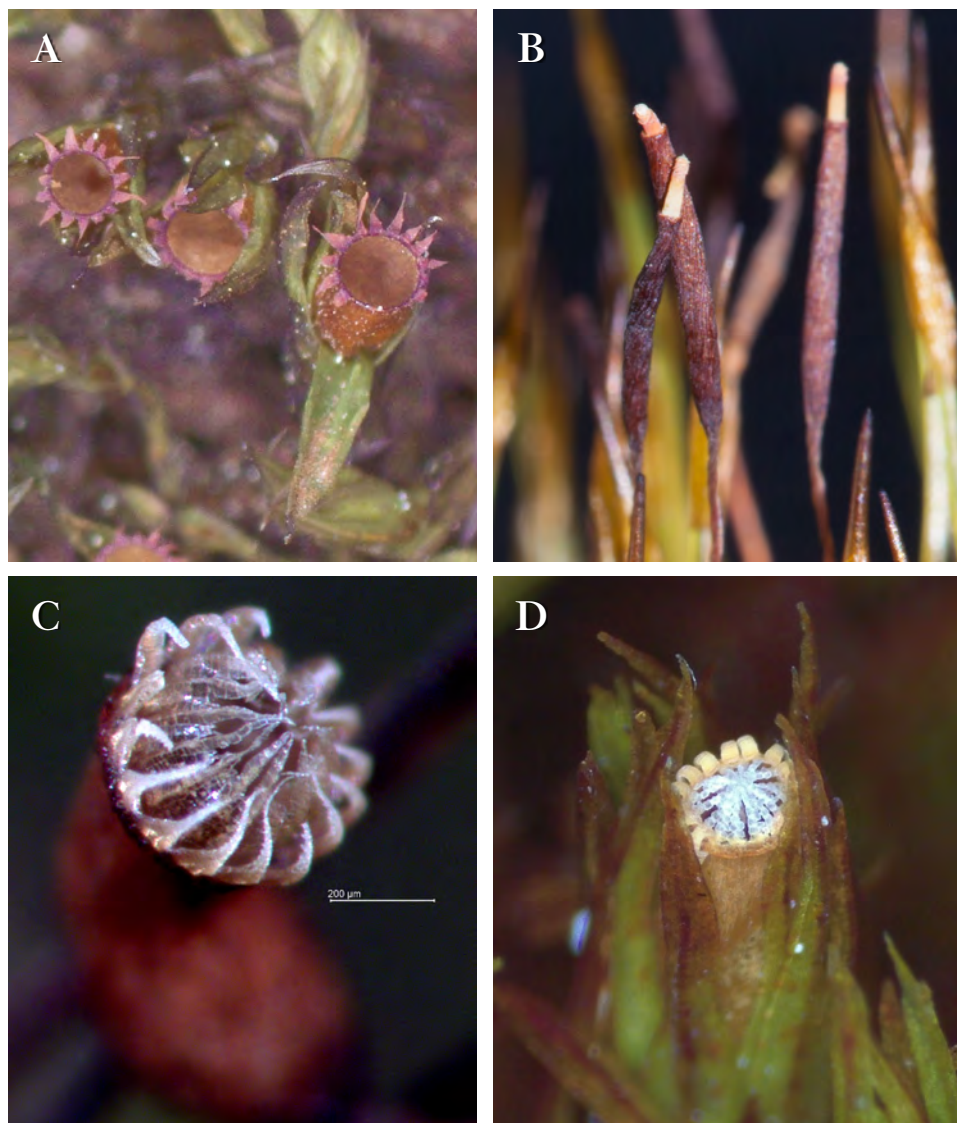


Figura 5.- A: Peristoma simple de *Schistidium memnonium*, con dientes triangulares y planos. B: Peristoma simple de *Tortula subulata*, que consiste en una membrana basal alta y dientes dividido en procesos filiformes y enrollados en espiral. C: Peristoma doble de *Brachytheciastrum velutinum*, en el que el exostoma es de color crema y el endostoma tiene una membrana alta y unos segmentos membranáceos transparentes. D: *Lewinskya striata*, con el exostoma de color crema y recurvado y los segmentos del endostoma blancos que casi cierran la boca de la cápsula.

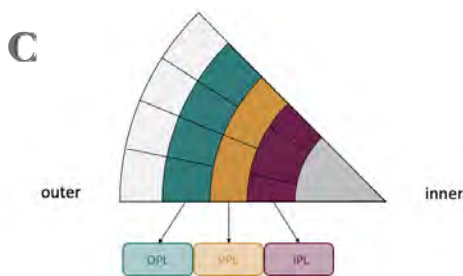
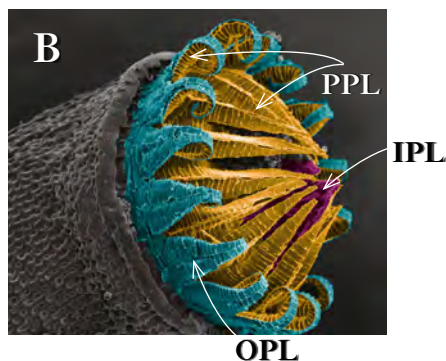
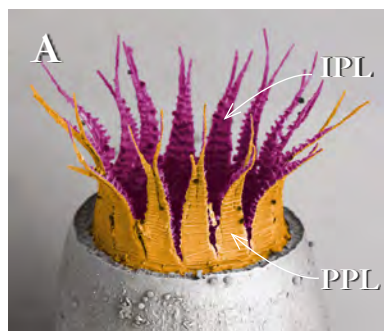


Figura 6. A: Peristoma simple o haplolépid. B: Peristoma doble o diplolépid. C: Esquema básico de la configuración de las capas peristomiales. PPL = *primary peristomial layer* (capa peristomial primaria), IPL = *inner peristomial layer* (capa peristomial interna) y OPL = *outer peristomial layer* (capa peristomial externa).

por las paredes internas de una capa denominada PPL (*primary peristomial layer*, Figs. 6A, C, color marrón), y la cara interna por las paredes externas de la capa IPL (*inner peristomial layer*, Figs. 6A, C, morado). En el caso de los peristomas dobles o diplolépidos, la cara externa (Figs. 6B, C, azul) de los dientes externos está formada por las paredes internas de dos columnas de células de la OPL (*outer peristomial layer*), y la cara interna por las paredes externas de una única columna de células de la PPL (Figs. 6B, C, marrón). En los dobles el peristoma interno es homólogo al peristoma haplolépid, por lo que su composición es similar a la descrita más arriba. Este esquema básico es muy variable incluso en especies distintas del mismo género, con dientes reducidos, rudimentarios o incluso que faltan por completo en grupos en los que otras especies tienen el peristoma perfectamente desarrollado. La estructura y morfología del peristoma tiene mucha importancia para identificar

musgos, especialmente en grupos como las Orthotrichaceae (como se verá más adelante en las descripciones de las especies), o en las Bryaceae.

El crecimiento del gametófito se produce por división a lo largo de los tres planos internos de una única célula apical tetraédrica. Los tres metámeros generados forman un módulo, en el que están intercaladas células iniciales de filidios y células iniciales de ramas. Esta estructura modular en la que hay una alternancia entre células iniciales de filidios y de ramas permite reconocer tres morfotipos, lo que además es útil a efectos de identificación de las especies. Los dos principales son el de los acrocárpicos y el de los pleurocárpicos, y hay un tercero con muy pocas especies en comparación con los anteriores, los cladocárpicos:

Los **musgos acrocárpicos** (Fig. 1G) son aquellos en los que los periquecios, y por tanto los esporófitos, son terminales en un eje principal. Este crecimiento se denomina simpodial, y los caulidios suelen ser erectos o ascendentes, y normalmente poco ramificados. Las formas de crecimiento más habituales son los céspedes (Fig. 7A), las almohadillas (Fig. 7B) y las matas. En la guía los hemos identificado mostrando al margen el icono.



En los **musgos pleurocárpicos** (Fig. 1I) los periquecios se disponen a los lados del caulidio en módulos muy especializados que consisten exclusivamente en el periquecio y algunos filidios protectores, y por tanto los esporófitos parecen nacer directamente sobre el caulidio. A su vez, el eje principal crece de forma indefinida por división ininterrumpida de la célula apical. Este crecimiento se denomina monopodial y los caulidios suelen estar tendidos sobre el sustrato y normalmente muy ramificados. Las formas de crecimiento principales de los pleurocárpicos son las matas (Fig. 7C), los tapices (Fig. 7D) y las tramas (Fig. 7E). En la guía los hemos identificado con el icono.





Figura 7.- Formas de crecimiento de los musgos. A: Césped de *Syntrichia princeps*. B: Almohadillas de *Leucobryum glaucum* que se van uniendo al crecer, algo muy habitual en las especies que forman almohadillas. C: Mata de *Fontinalis hypnoides*. D: Tapiz de *Hypnum cupressiforme*. E: Trama de *Antitrichia californica*.

Los **musgos cladocárpicos** (Fig. 1H) son aquellos en los que los periquecios y los esporófitos son terminales en ramas laterales de longitud muy variable que, además del periquecio, tienen filidios vegetativos totalmente desarrollados, mientras que el eje principal tiene crecimiento indefinido. Los caulidios suelen estar tendidos sobre el sustrato. La mayoría de las especies de musgos cladocárpicos se incluyen en familias en las que predominan las especies acrocárpicas, por lo que parece que el morfotipo cladocárpico ha derivado varias veces de forma independiente a partir del morfotipo acrocárpico. Las formas de crecimiento principales de los cladocárpicos son las matas, los tapices y las tramas. Ejemplos típicos serían las especies de *Cinclidotus* (Fig. 1H) o *Racomitrium* (pág. 157). En la guía los hemos identificado con el icono.



Antocerotas (División Anthocerotophyta). Este es el grupo con menos especies, solo unas 250, y más homogéneo en cuanto a la morfología (Fig. 1J). Las características de su ciclo de vida varían ligeramente con respecto al de los musgos y hepáticas (Fig. 8). El gametófito es siempre taloso, y en él hay cámaras en las que viven colonias de cianobacterias del género *Nostoc*, que se pueden ver por transparencia como puntos más oscuros en un talo homogéneamente verde. Las células del talo tienen un único cloroplasto, al igual que muchas algas, mientras que los musgos y las hepáticas tienen muchos cloroplastos por célula. Los esporófitos no tienen seta, sino que están firmemente anclados en el gametófito mediante el pie, por el que se nutren. Crecen de manera indefinida gracias a un meristemo intercalar situado en su base, por encima del pie. Son cilíndricos y se abren desde arriba en dos valvas longitudinales que al principio permanecen unidas por el ápice, con la columela plana en el medio. Las esporas se forman de manera continua en la base y van madurando gradualmente a medida que son empujadas hacia arriba; por el contrario, en hepáticas y musgos maduran todas a la vez. En las antocerotas cada célula del arqueosporio se divide en un esporocito que sufrirá meiosis inmediatamente para generar las esporas haploides, y una célula que se divide por mitosis muchas veces para dar lugar a pseudoeláteres diploides, que son estructuras uni- o multicelulares que ayudan —como en las hepáticas los eláteres— a dispersar a las esporas mediante movimientos higroscópicos.

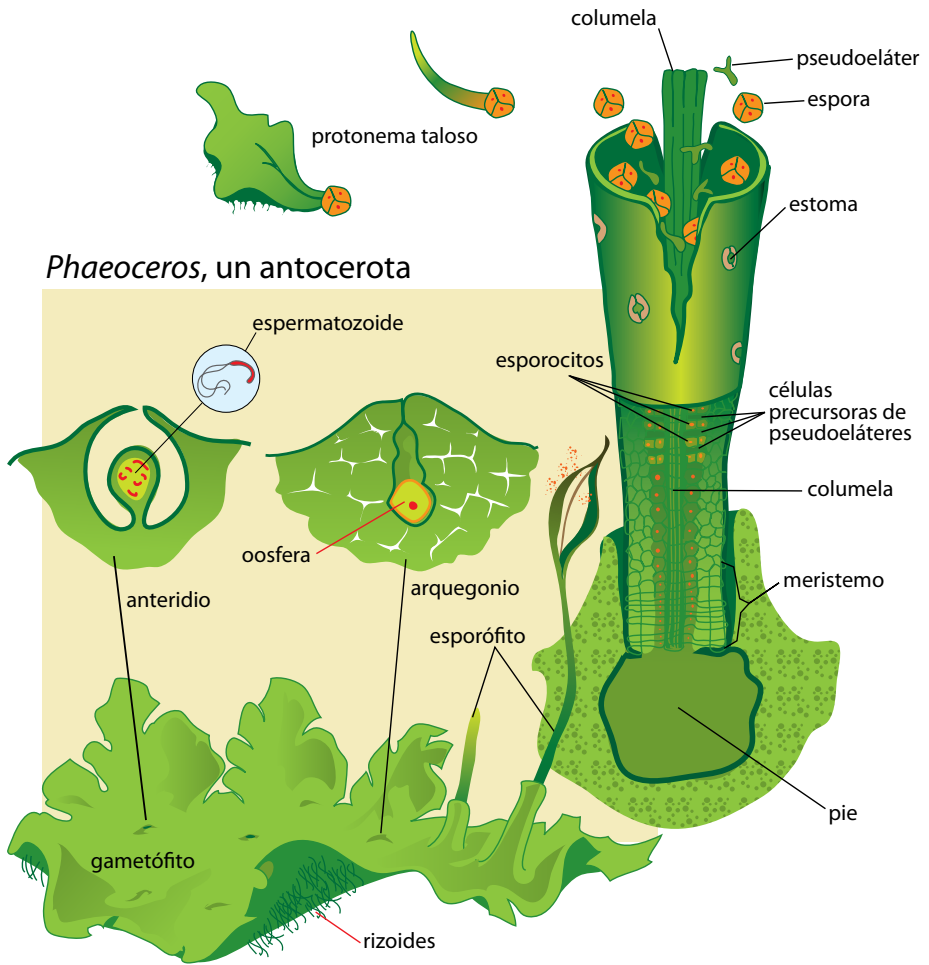


Figura 8.- Ciclo biológico de un antocerota.

Al contrario de lo que ocurre en las hepáticas, en los antocerotas son las células precursoras de los pseudoeláteres las que se dividen por mitosis, por lo que un esporófito produce muchos más pseudoeláteres que esporas. Como en los musgos, los esporófitos tienen estomas que favorecen la maduración de las esporas, pero no el intercambio gaseoso activo.

Posibles confusiones Los organismos que más fácilmente pueden confundirse con briófitos en el campo son algunos líquenes y helechos. Los

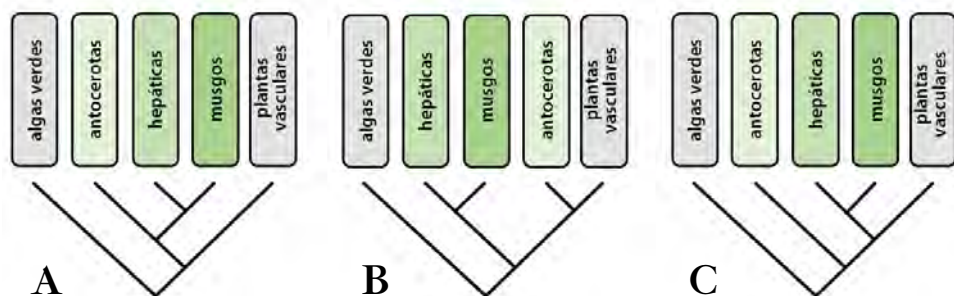


Figura 9.- Las tres propuestas de relaciones de los briófitos con el resto de plantas. Puttick & *al.* (2018) defienden la propuesta A, que muestra a los briófitos monofiléticos, y proponen el término Setaphyta para el conjunto de hepáticas y musgos. Sin embargo, Rensing (2018) propone que las propuestas B y C no pueden ser rechazadas de plano sin tener más datos (imagen modificada a partir de Rensing, 2018).

líquenes foliosos parecen hepáticas talosas o antocerotas porque también tienen un cuerpo vegetativo taloso. Sin embargo, los líquenes, en caso de ser verdosos, tendrán la superficie ventral blanquecina o grisácea. Por el contrario, las hepáticas y antocerotas son todas verdes excepto *Aneura mirabilis*, una hepática muy rara que no tiene clorofila y que ‘roba’ los productos fotosintéticos engañando a un hongo que forma micorrizas con pinos o abedules. En el caso de los musgos, la principal confusión se dará con algún helecho del grupo de los licófitos, principalmente *Selaginella*, aunque este género tiene las hojas bastante rígidas y punzantes y es bastante más grande que la mayoría de los musgos.

Históricamente, los briófitos se han estudiado como un único grupo dado que comparten ciclo biológico y también a su similitud morfológica, biológica y ecológica. Sin embargo, y como ya como hemos dicho, son en realidad tres grupos cuyas relaciones entre sí y con las plantas vasculares no está totalmente clarificada, habiendo tres principales hipótesis en discusión (Fig. 9), y que seguro que serán objeto de estudio en los próximos años.

Relación de los briófitos con el agua Una característica fundamental de los briófitos, y que les diferencia del resto de plantas terrestres, es que son poiquilohídricos. Esto quiere decir que su nivel de hidratación está en equilibrio con la humedad ambiental; no regulan activamente su nivel de agua interna. La consecuencia es que el gametófito no necesita estomas, tejidos de protección o cutícula que eviten la evaporación, ni raíces para

captar agua como tienen el resto de plantas terrestres. El agua interna se evapora sin que el briófito pueda hacer mucho por evitarlo, entrando en un periodo de dormancia o criptobiosis que puede prolongarse incluso años. A menudo basta un breve periodo de hidratación para que el briófito recupere su actividad normal. Gracias a esta estrategia, los briófitos pueden colonizar sustratos inhóspitos para otras plantas, como rocas desnudas por las que nunca corre agua o cortezas de árboles en ambientes áridos. En zonas con baja humedad ambiental los briófitos aprovechan el agua que se condensa sobre ellos con el frío de la noche, o cualquier pequeña niebla, para realizar la fotosíntesis durante suficiente tiempo para crecer.

Desde el punto de vista fisiológico, los briófitos no deben considerarse como plantas vasculares en miniatura, ya que están sometidos a presiones ambientales diferentes. En las plantas vasculares la fuerza de la gravedad es la que permite o no que la planta consiga el agua que necesita, mientras que la tensión superficial es irrelevante. En los briófitos, que no tienen tejidos conductores plenamente desarrollados, la gravedad no juega un papel relevante, mientras que la tensión superficial es la responsable del movimiento del agua hasta hacerla accesible a las células del briófito. Por eso los briófitos desarrollan estrategias para aumentar la tensión superficial y facilitar el transporte de agua, como tomento de rizoides alrededor de los caulidios en algunos musgos (p. ej., *Dicranum scoparium*, pág. 105) o estructuras foliares complejas en las hepáticas foliosas (p. ej., *Frullania dilatata*, pág. 69). Al ser organismos poiquilohídricos, los briófitos están sometidos a un ritmo constante de sequedad-humedad, con fases de sequedad que pueden ser muy largas, pero para las que están perfectamente preparados. Siempre que se des sequen de forma natural, la capacidad que tienen de recuperarse una vez se les humedece es increíble: se han revivido musgos que llevaban 20 años secos y dentro de un sobre en un herbario, que es una colección científica de plantas. Intenta hacer eso con un geranio.

Gracias a la capacidad que tienen los briófitos de utilizar el agua de condensación, muchas zonas con climas secos o incluso áridos tienen una brioflora relativamente rica. De hecho, los bosques de la región Mediterránea son importantes por albergar una flora briofítica muy diversa e interesante. Por supuesto, no pueden competir en términos de cobertura o de número de especies con los bosques andinos en los que la humedad constante, sobre todo como «lluvia horizontal», los convierte en el paraíso de los briófitos, pero sí que albergan un conjunto de especies únicas.

En las zonas áridas, incluidos los bosques y matorrales mediterráneos, se generan unas estructuras muy peculiares denominadas **costras biológicas**, en las que las partículas de suelo están íntimamente asociadas con líquenes, cianobacterias, briófitos e hifas de hongos para formar en los primeros milímetros del suelo una costra que cubre el suelo y le protege de la erosión eólica. Todos estos organismos forman un entramado denso que al mojarse se esponja, pero que al secarse tiene consistencia casi vítrea, cuando es casi imposible reconocer cada uno de los organismos que la componen, de tan íntimamente que están ligados. En el caso de lluvia intensa, como es habitual en los climas áridos y mediterráneos, el agua resbala sobre esta costra sin erosionar el suelo. Estas costras biológicas no sufren demasiado con el pisoteo del ganado lanar, pero lo que sí es preocupante es el uso de bicicletas de montaña y sobre todo motos o quads, que las destruyen, lo que hace que aumente la erosión por viento o agua superficial, con la consiguiente pérdida de suelo en zonas en las que apenas hay.

Los briófitos como indicadores de cambio climático Las comunidades de briófitos de los bosques mediterráneos son muy características, y es fácil notar si la composición de especies varía en un periodo relativamente corto de tiempo. Esto sería mucho más difícil de detectar con las especies arbóreas e incluso con los matorrales, ya que las sabinas o carrascas adultas, o las matas de tomillo añosos, pueden resistir cambios profundos durante largos periodos sin dar señales claras de que algo vaya mal. En realidad, estaríamos ante un bosque o un matorral detenido en el tiempo, pero en el que no hay árboles jóvenes ni reclutamiento. En esta situación los briófitos pueden ayudarnos a entender qué está pasando. Una vez que conocemos la composición actual de especies de briófitos, podemos estudiar la 'lluvia' de diásporas que llega y confirmar si hay establecimiento de nuevas especies provenientes de otros tipos de hábitats, más áridos o más húmedos, y predecir en qué sentido puede evolucionar el bosque actual. También podemos forzar el calentamiento en pequeñas parcelas experimentales y ver qué pasa a tres, cuatro o cinco años vista, algo que no podríamos hacer utilizando como sujetos experimentales a las sabinas o a las carrascas. Esta guía nació dentro del proyecto LIFE Soria ForestAdapt (LIFE19-CCA/ES/001181) para conocer qué briófitos viven en los bosques de Soria, y evaluar la evolución de estos bosques en un contexto de cambio climático, pero sirve para identificar los briófitos de otros muchos bosques del interior de la península ibérica.