

*Láminas para el Laboratorio
de Botánica General (I)*

*Algas, hongos, hepáticas, musgos, helechos y
gimnospermas*

PALOMA CUBAS



LÁMINAS PARA EL LABORATORIO DE BOTÁNICA GENERAL (I)

PALOMA CUBAS

Departamento de Biología Vegetal II
Facultad de Farmacia
Universidad Complutense
Madrid — España

✉ cubas@ucm.es

Control de Edición & Internet: Paloma Cubas & Roberto Oyarzun
Aula2pontonet: www.aulados.net

*Bajo Licencia Creative
Commons (2018)
Reconocimiento No Comercial
(by-nc):*

*Se permite la generación de obras
derivadas siempre que no se haga
un uso comercial. En cualquier
explotación de la obra autorizada
por la licencia hará falta reconocer
la autoría.*

Ediciones Aula2pontonet



2018

Imagen portada: Detalle de los soros en *Polypodium*. Muros del Castillo de Angers (Francia), 10.04.2006.

Paloma Cubas realizó sus estudios de biología en la Universidad Complutense de Madrid (España), donde terminó su licenciatura el año 1976. Fue Becaria F.P.I. doctorado, de 1977a 1980 y Profesor Ayudante de Botánica en la Facultad de Farmacia en la Universidad Complutense de 1980 a comienzos de 1983. Como Becaria predoctoral realizó una estancia en Marsella (Francia) en el Laboratorio de la Profesora Juliette Contandriopoulos, donde aprendió técnicas citogenéticas. Posteriormente trabajó con la Dra Anne Sleep en la Universidad de Leeds (Inglaterra) en citogenética e hibridación experimental de helechos. Obtuvo el Doctorado en Biología en 1983. De 1983 a mediados de 1986 vivió en Concepción (Chile), regresando a Madrid e incorporándose al Departamento de Biología Vegetal II, Facultad de Farmacia (UCM) como Becaria y posteriormente como Ayudante y Profesor Titular desde 1991. Paloma Cubas es además colaborador externo del IGeA (Instituto de Geología Aplicada) de la Universidad de Castilla – La Mancha y junto con Roberto Oyarzun mantiene las páginas web de Systemol, Aula2punto.net y el GEMM.



*Estudiantes de Botánica a comienzos del Siglo XX **

*: Imagen: Students in the Botany Laboratory, University of Adelaide, with students in 1918, photo 1151-0204, University of Adelaide., http://sydney.edu.au/senate/students_early_women_Collins.shtml

PRESENTACIÓN

El objetivo de estas láminas es servir de apoyo a las prácticas de laboratorio en Botánica. Para ello se presentan imágenes macroscópicas y microscópicas de diversos grupos de organismos (algas, hongos, musgos, hepáticas, helechos y gimnospermas), y de las estructuras básicas que los estudiantes deben observar y saber interpretar. La organización de las imágenes deriva en gran parte de cómo se llevan a cabo estas prácticas en la Unidad de Botánica del Departamento de Farmacología, Farmacognosia y Botánica de la Universidad Complutense. El material utilizado es bastante común, fácil de recolectar y fácil de conservar. El objetivo de estas láminas es mostrar detalles morfológicos que a simple vista pasan desapercibidos.

Las imágenes macroscópicas presentan detalles que se pueden ver fácilmente con una lupa binocular sencilla y las de microscopía óptica se han obtenido con técnicas simples, montando preparaciones en agua, realizando cortes a mano alzada con cuchilla, y en general, sin ningún tipo de tinción. El objetivo es que las imágenes se asemejen a lo que los estudiantes pueden observar en unas prácticas de corta duración. La realización de este libro no hubiera



Arquegonióforos jóvenes de una hepática talosa

sido posible sin la colaboración de muchos colegas y compañeros del Departamento, y especialmente de Carmen Navarro, Víctor Jiménez Rico y José Pizarro, que participaron en la recolección y mantenimiento de los materiales utilizados, y sobre todo participaron con su entusiasmo para mejorar la calidad de la docencia.

Espero que este conjunto de láminas ayude a despertar el interés por la observación detallada de los seres vivos, única manera de que valoremos su complejidad e importancia. En esta versión se han añadido algunas imágenes de grupos que antes no se habían incluido, y se han completado algunos aspectos de otros.

Paloma Cubas

Madrid, Diciembre 2018

INDICE (con enlaces a los capítulos)

1. ALGAS DE AGUA DULCE

- 1.1 Cianobacterias ('algas azul-verdosas') **1**
- 1.2. *Spirogyra* (Chlorophyta): un alga verde común en charcas de agua **4**
- 1.3. Otras algas frecuentes en las charcas: *Chlamydomonas* (Chlorophyta) y diatomeas **6**
- 1.4. *Chara* (Charophyceae): un alga verde compleja de agua dulce **11**

2. HONGOS

- 2.1 *Rhizopus* (Mucoromycotina): un saprófito que forma el moho negro del pan **13**
- 2.2 *Lactarius pubescens* (Basidiomycota): un hongo micorrízico **15**
- 2.3 Otros hongos basidiomicetes frecuentes en el Jardín Botánico (UCM) **17**
- 2.4 *Puccinia* (Basidiomycota): un hongo parásito de las malvas **22**
- 2.5 *Phragmidium*: otro basidiomicete parásito de la zarzamora **23**
- 2.6. *Penicillium* y *Aspergillus* (Ascomycota): mohos saprófitos **24**
- 2.7 *Collema*: un líquen homómero formado por un hongo en simbiosis con una cianobacteria **25**
- 2.8. Algunos líquenes heterómeros comunes (Ascomycota): *Evernia*, *Ramalina*, *Parmelina*, *Parmelia*, *Xanthoparmelia*, *Xanthoria*, *Umbilicaria*, *Lasallia*, *Pleopsidium* y *Rhizocarpon* **27**
- 2.9. Apotecios: estructuras de reproducción sexual del hongo (Ascomycota) **34**

3. HEPÁTICAS Y MUSGOS

- 3.1. *Marchantia* (Marchantiophyta): una hepática talosa compleja **36**
- 3.2. *Pellia* (Marchantiophyta): una hepática talosa simple **44**
- 3.3. *Orthotrichum* (Bryophyta): un musgo sencillo **49**
- 3.4. *Polytrichum* (Bryophyta): un musgo común bastante complejo **53**
- 3.5. *Dendroligotrichum* (Bryophyta): un musgo del Hemisferio Sur **57**
- 3.6 *Sphagnum* (Bryophyta): un musgo con adaptaciones especiales **59**

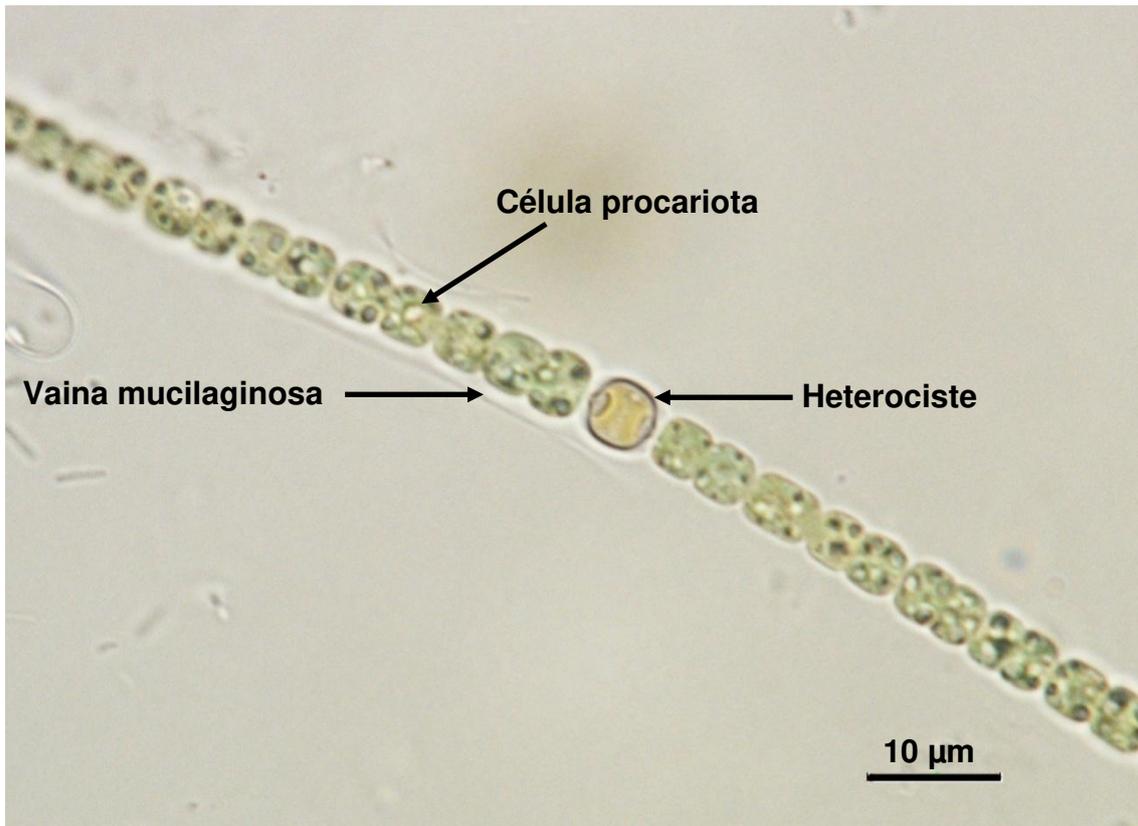
4. HELECHOS

- 4.1. *Asplenium trichomanes* (Pteridophyta): ciclo de vida de un helecho homósporo **61**
- 4.2. Otros helechos comunes **70**

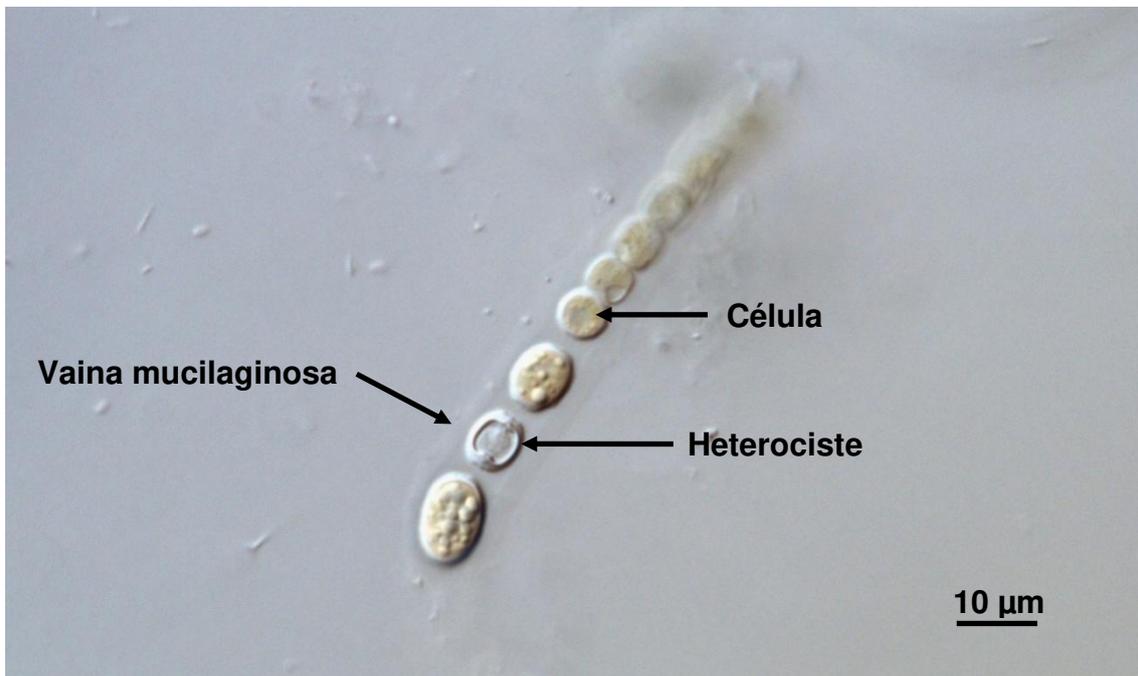
5. GIMNOSPERMAS

- 5.1. *Ginkgo biloba* (Ginkgophyta): representante de un linaje perdido **73**
- 5.2. *Pinus halepensis* (Pinophyta = Coniferophyta): un pino mediterráneo **79**

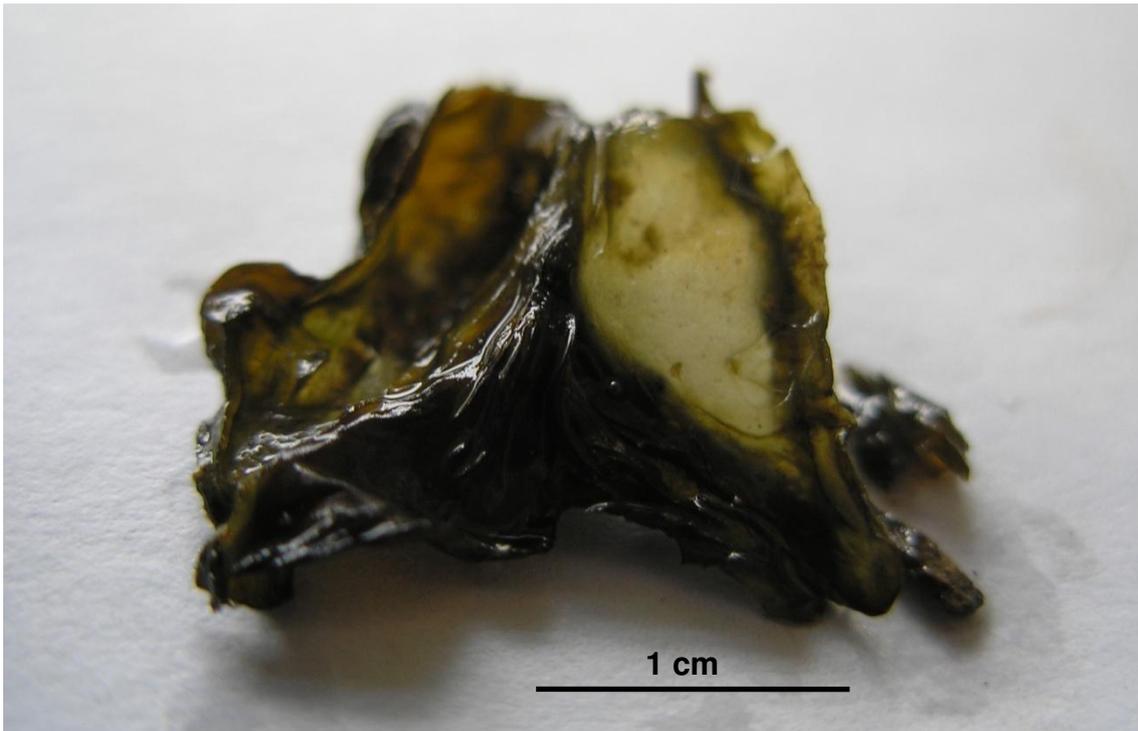
1.1 Cianobacterias (‘algas azul-verdosas’)



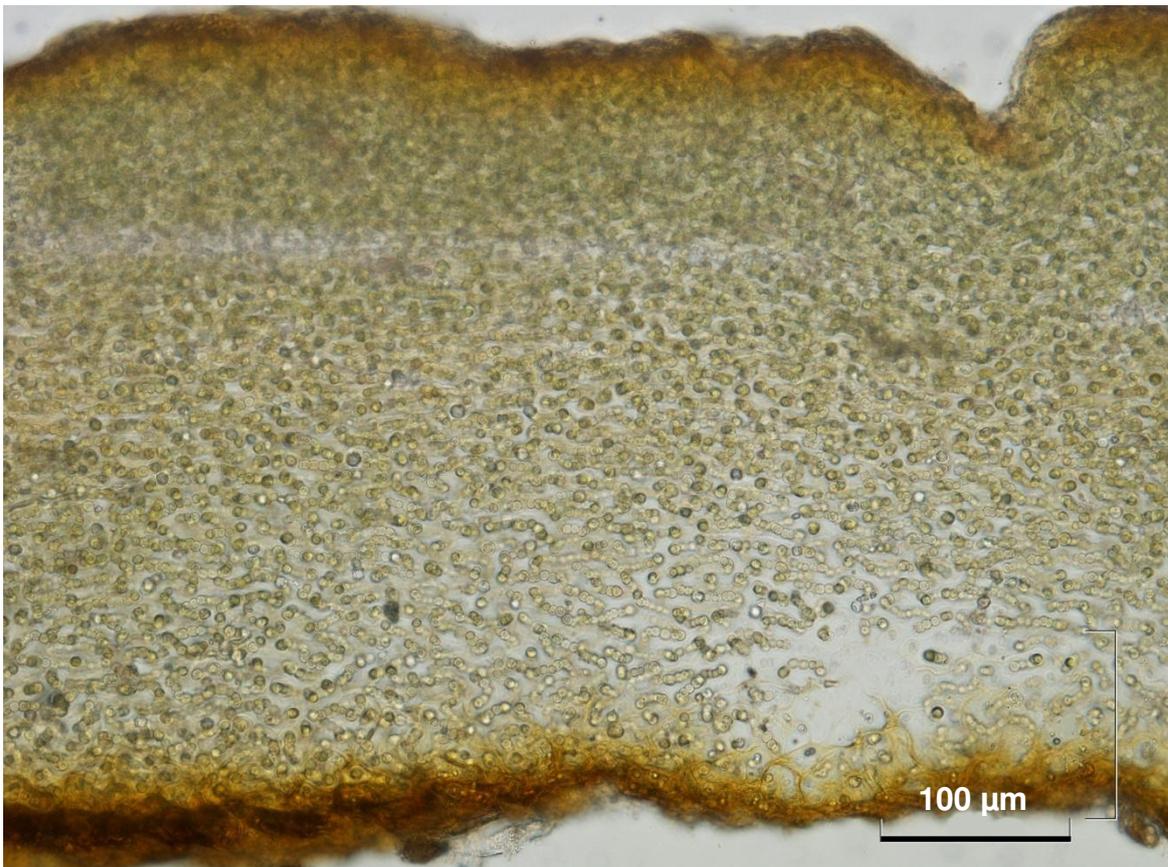
Cianobacteria formada por cadenas de células rodeadas por una vaina mucilaginosa, al microscopio óptico en campo claro.



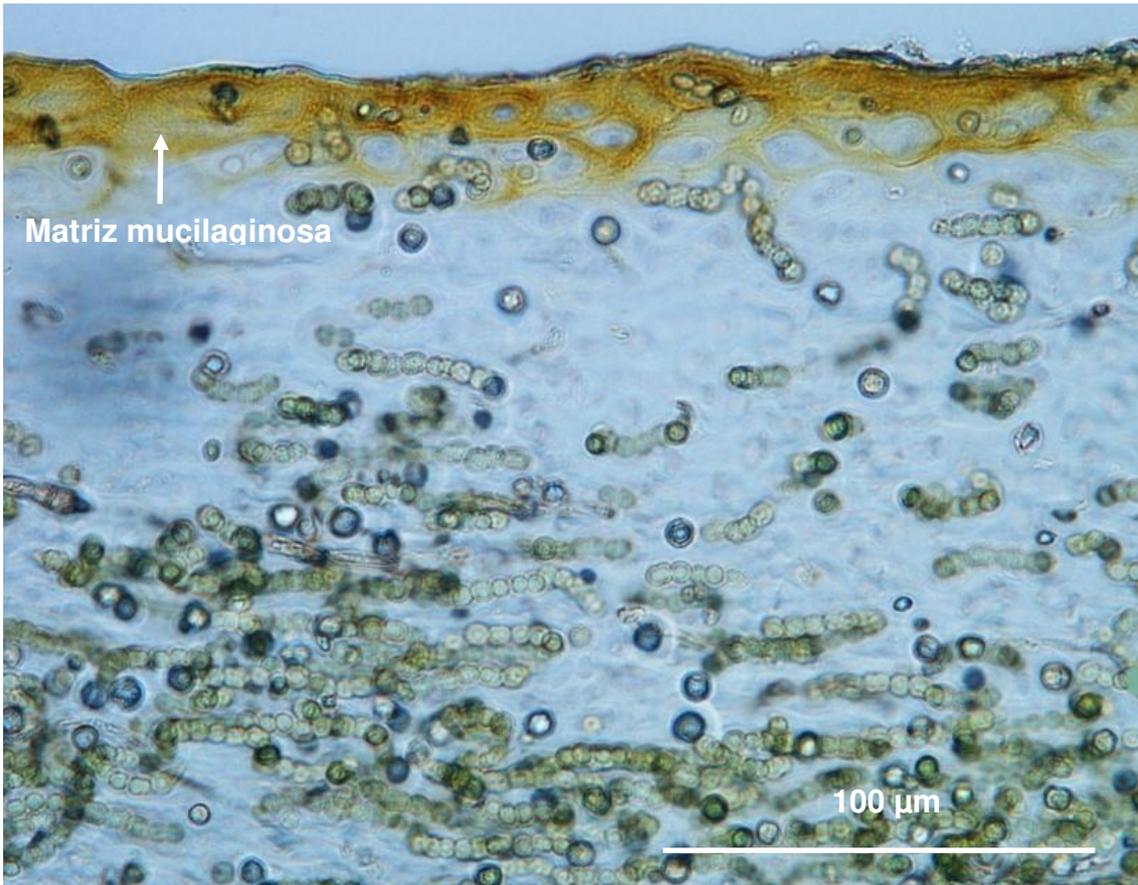
Otra cianobacteria, observada al microscopio óptico con filtro Nomarski.



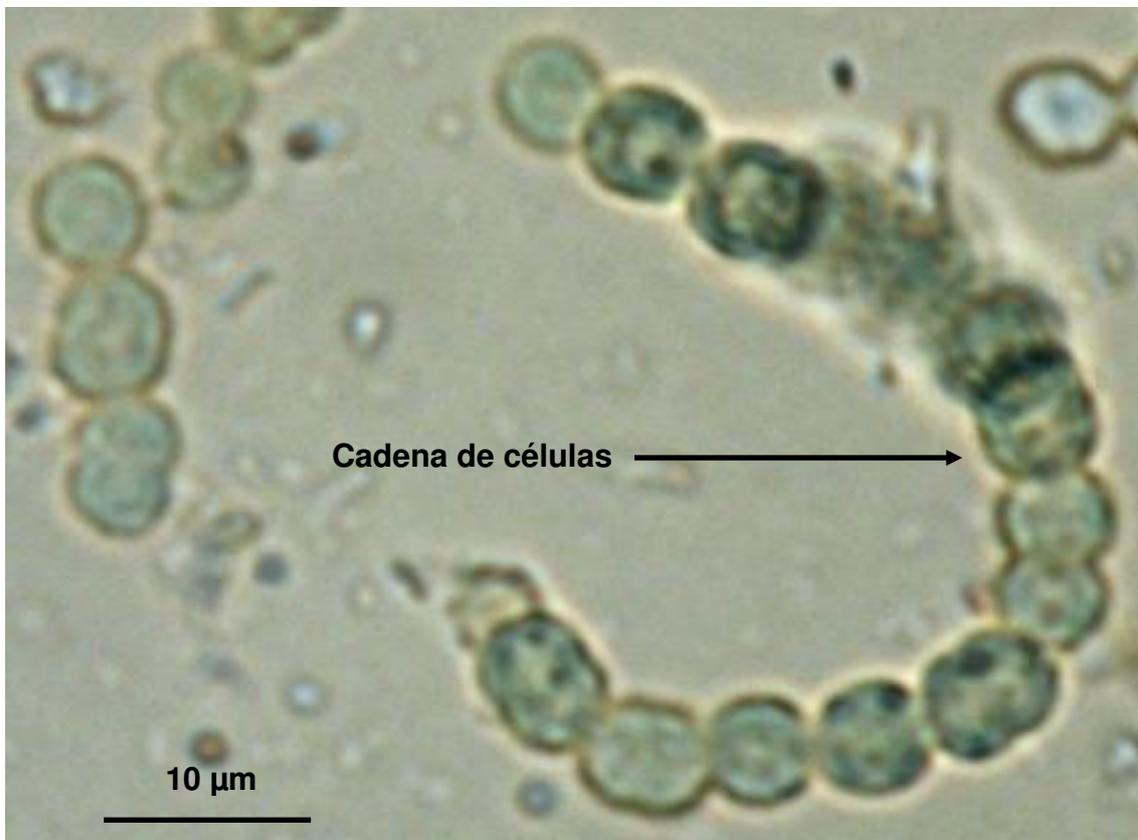
Aspecto macroscópico de *Nostoc*: una colonia de cianobacterias.



Corte transversal de *Nostoc*.



Detalle de la imagen anterior.

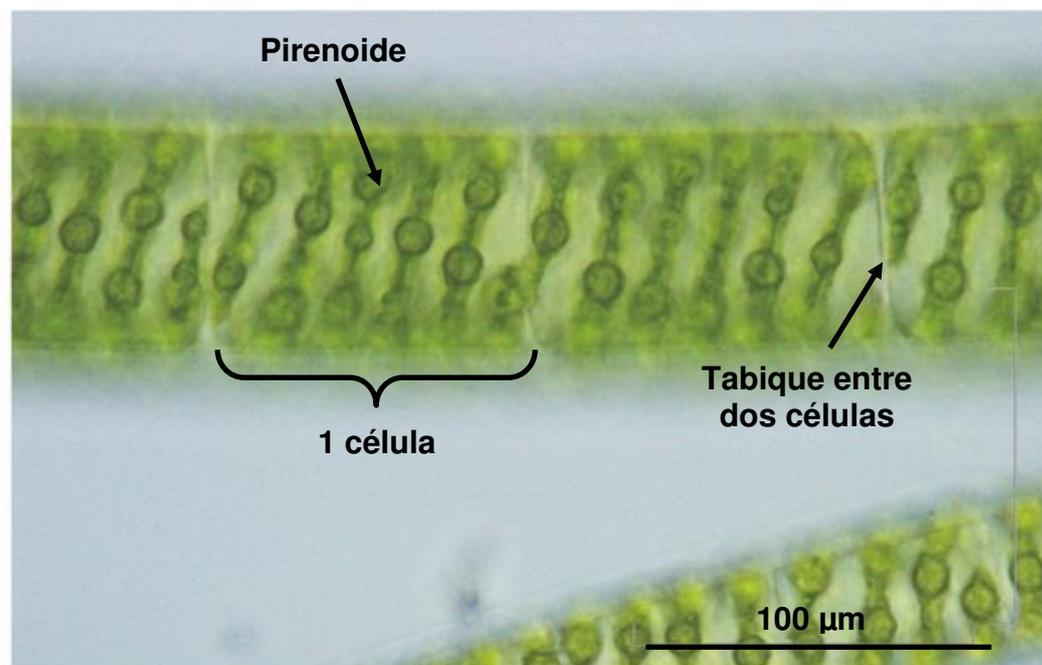
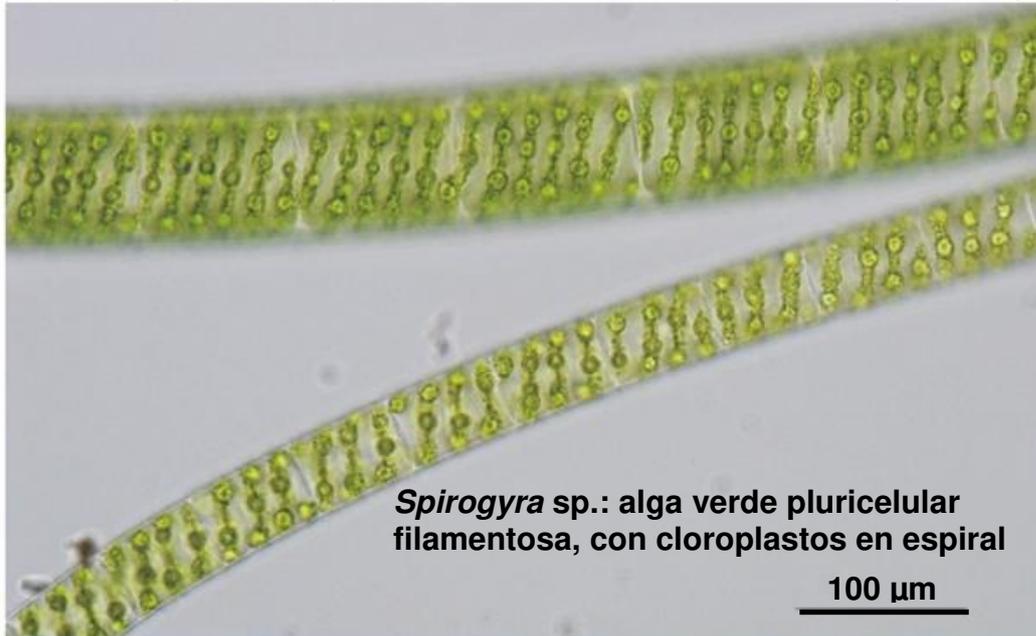


A mayor aumento.

1.2 *Spirogyra*: alga verde común en charcas de agua dulce

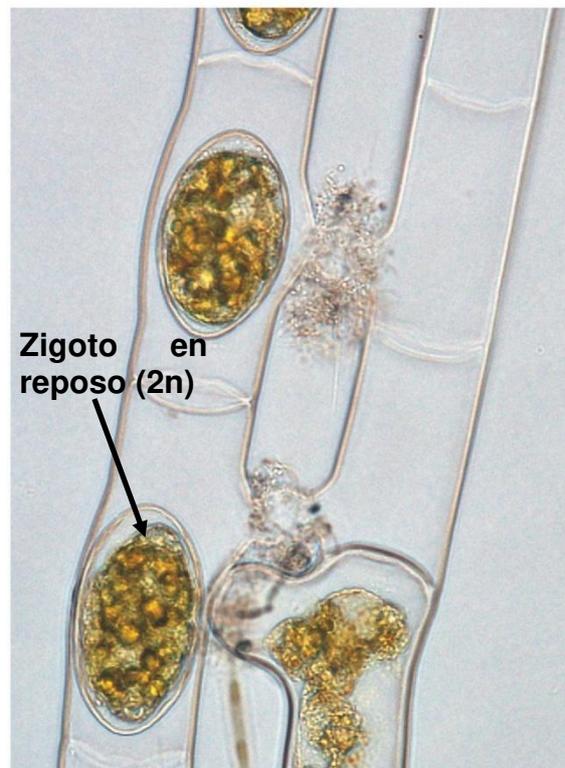
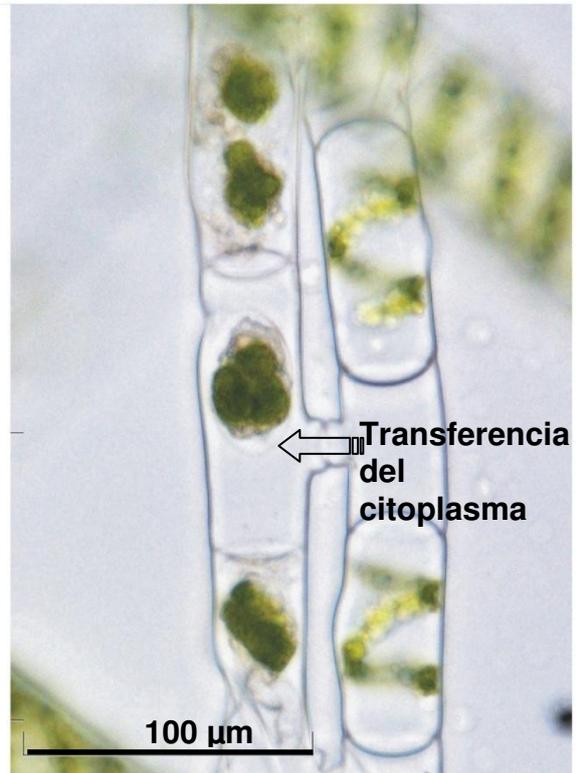
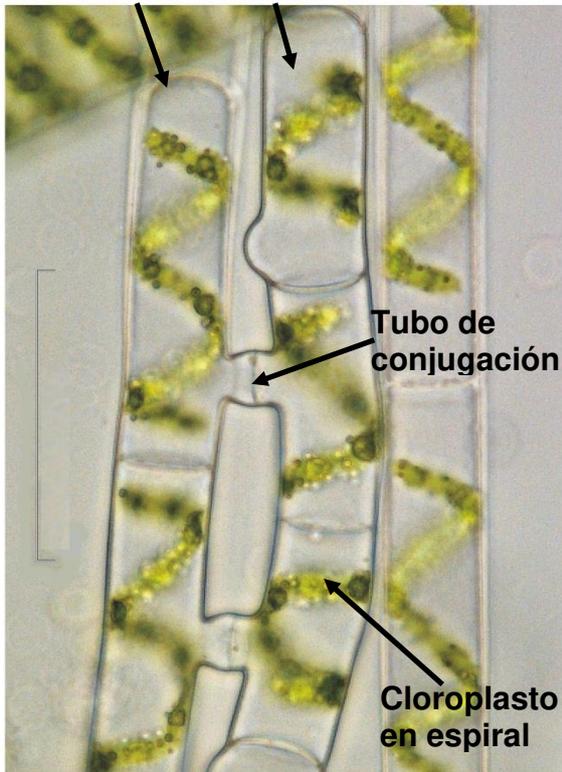


Charca en primavera (Jardín Botánico de la Universidad Complutense).



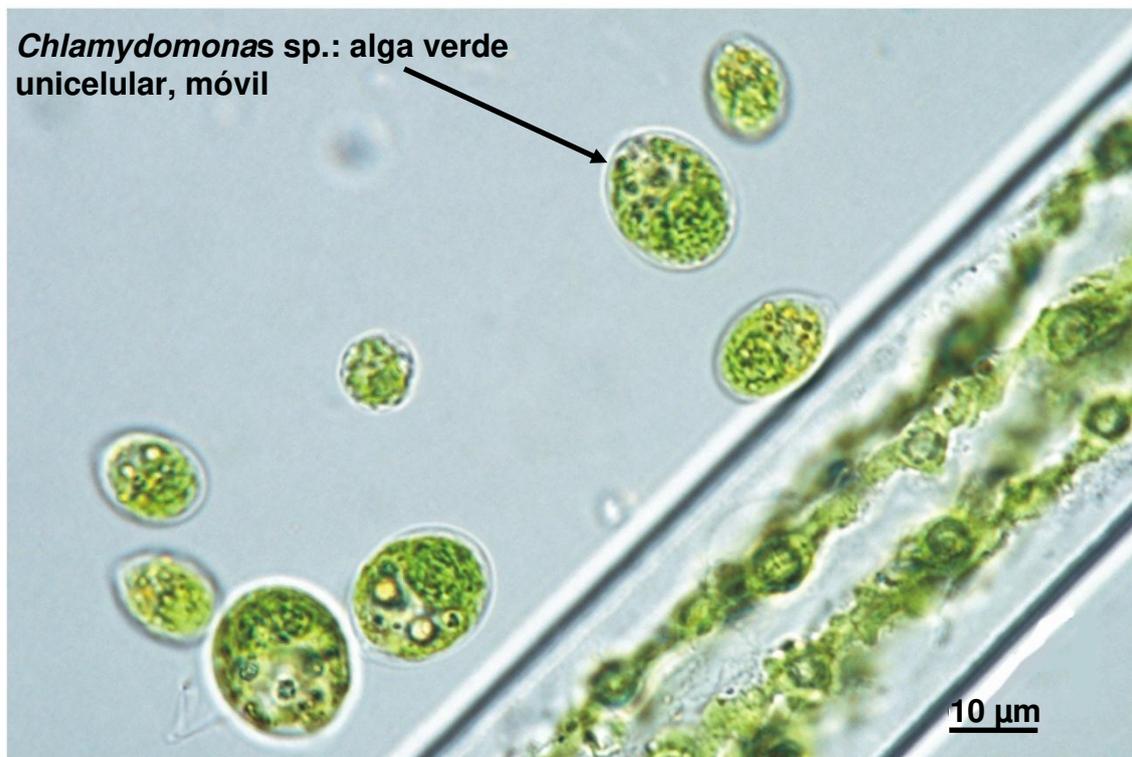
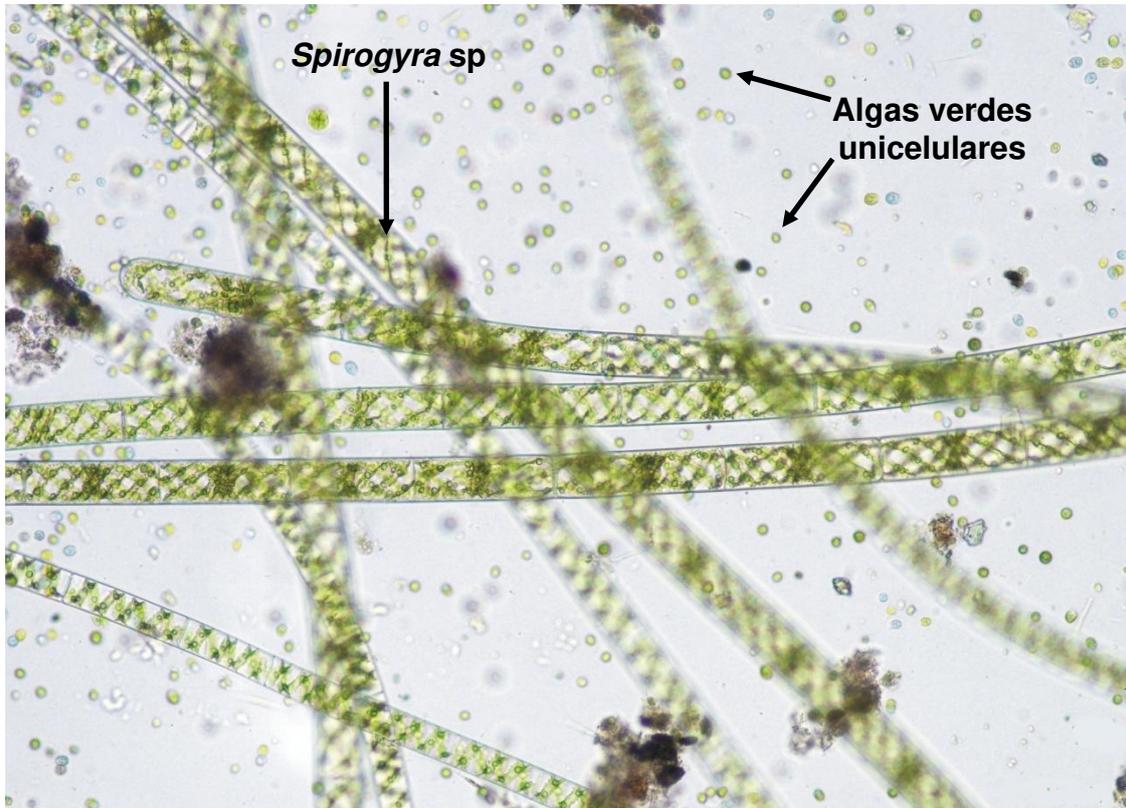
Distintas etapas de la reproducción sexual de *Spirogyra*

Filamentos haploides (+ y -)



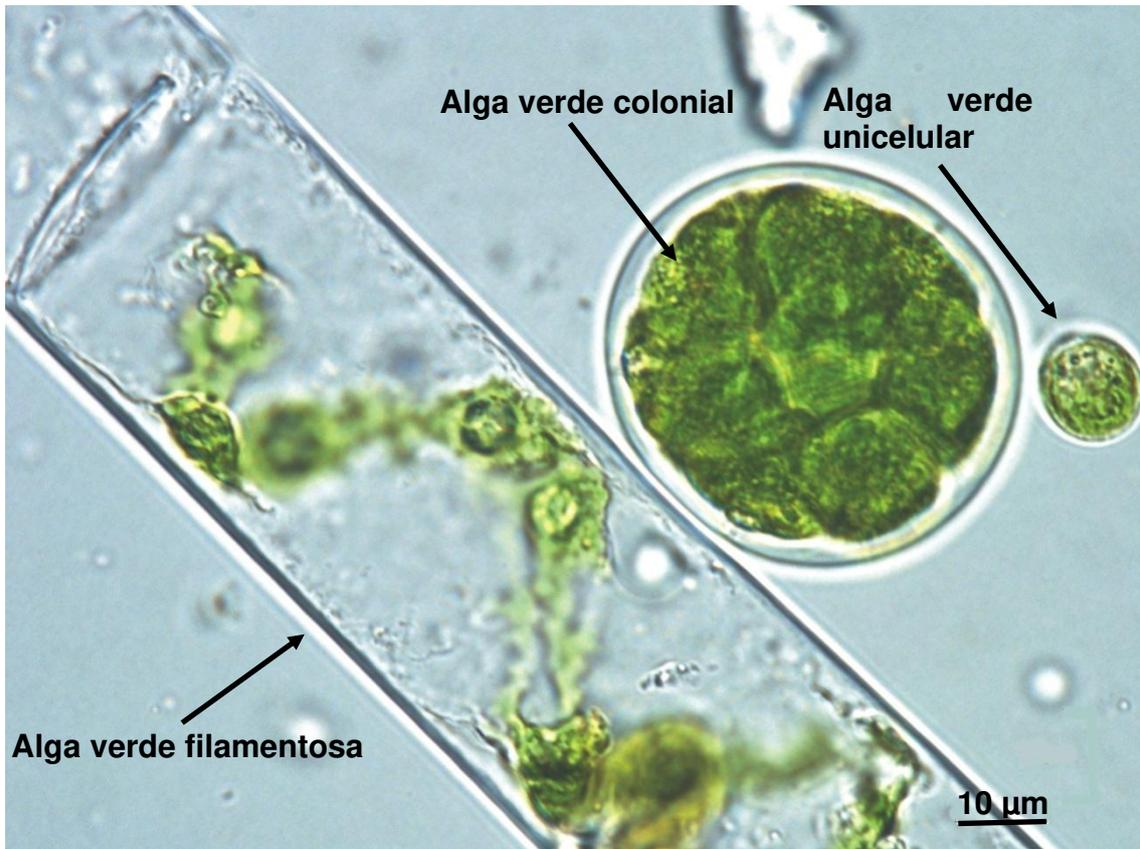
Spirogyra tienen un ciclo de reproducción sexual monogenético haploide. La única fase diploide es el cigoto.

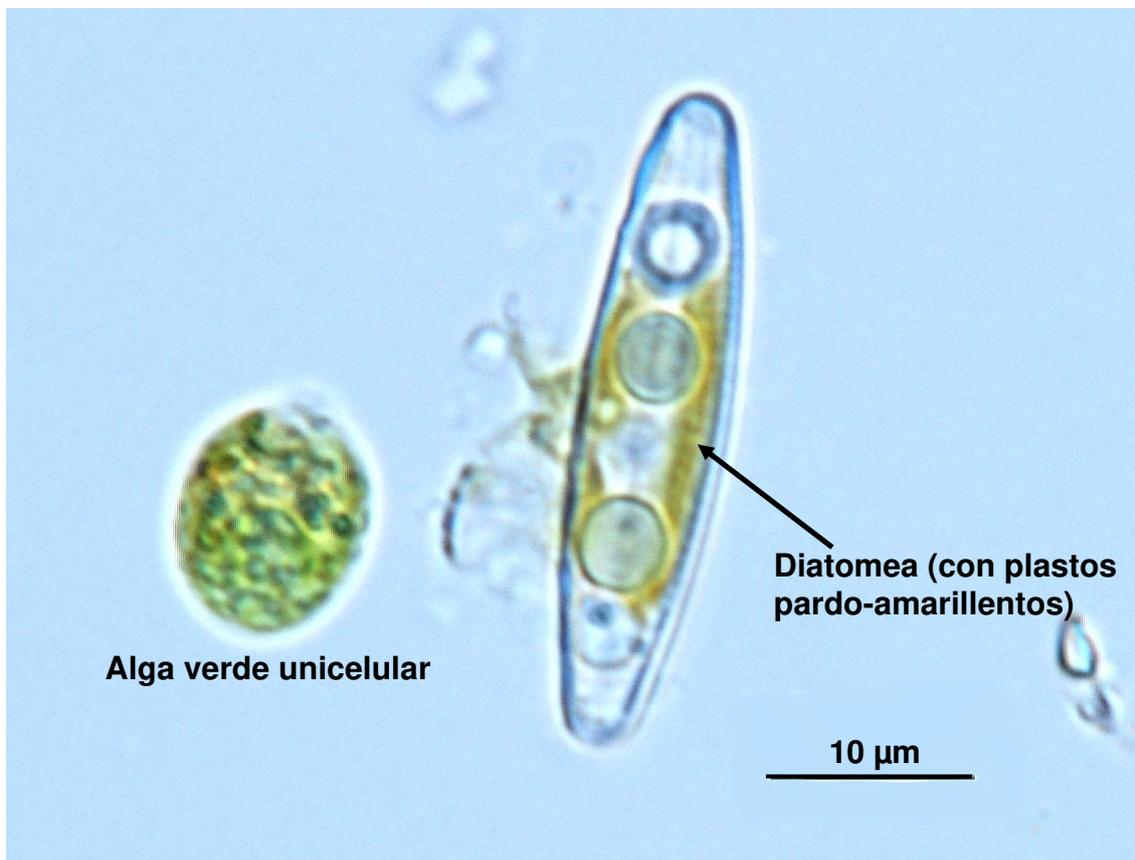
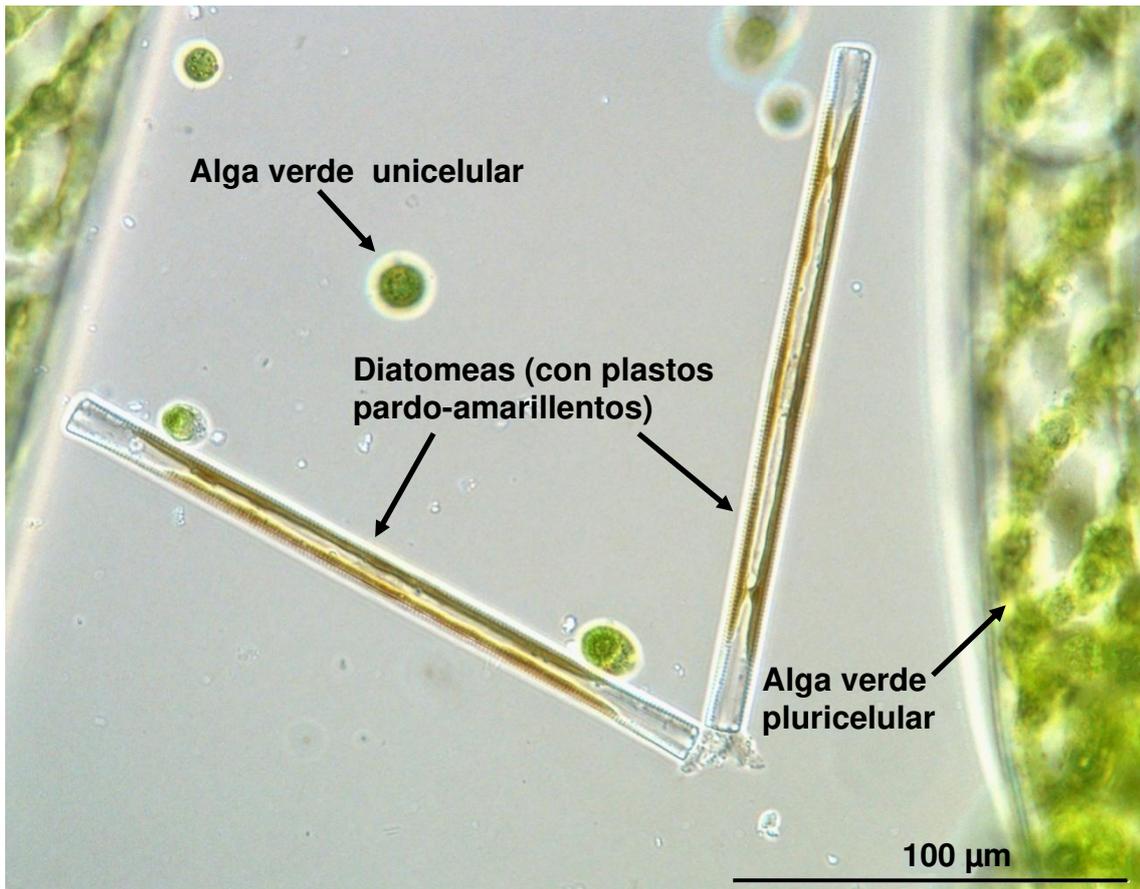
1.3 Otras algas frecuentes en las charcas de agua dulce

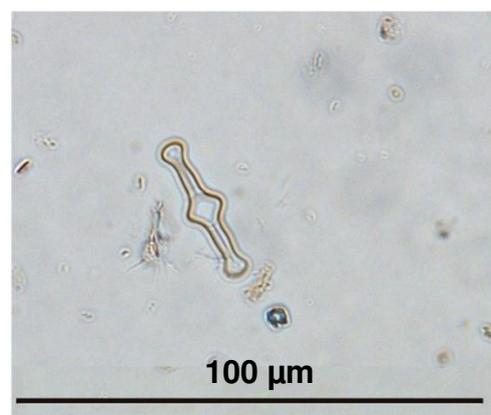
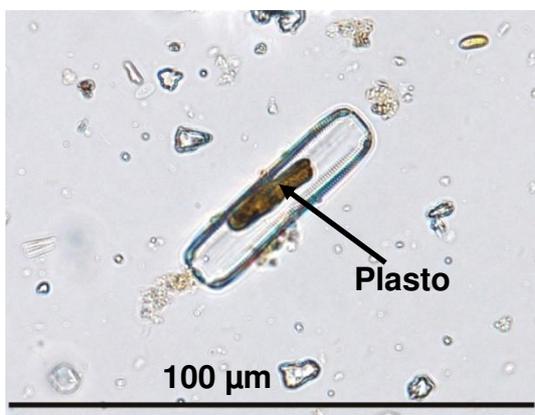
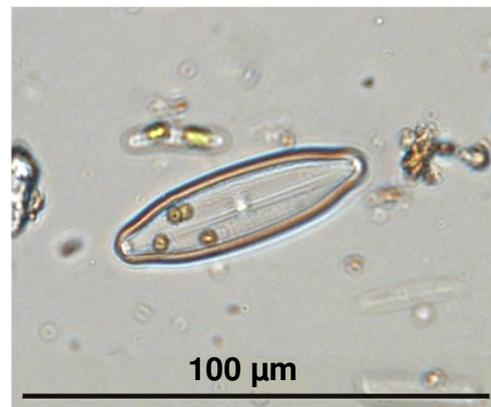
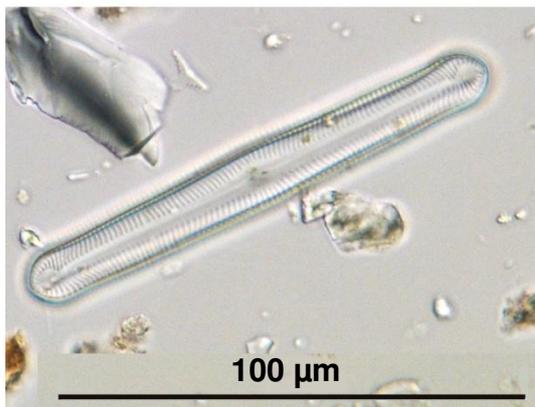
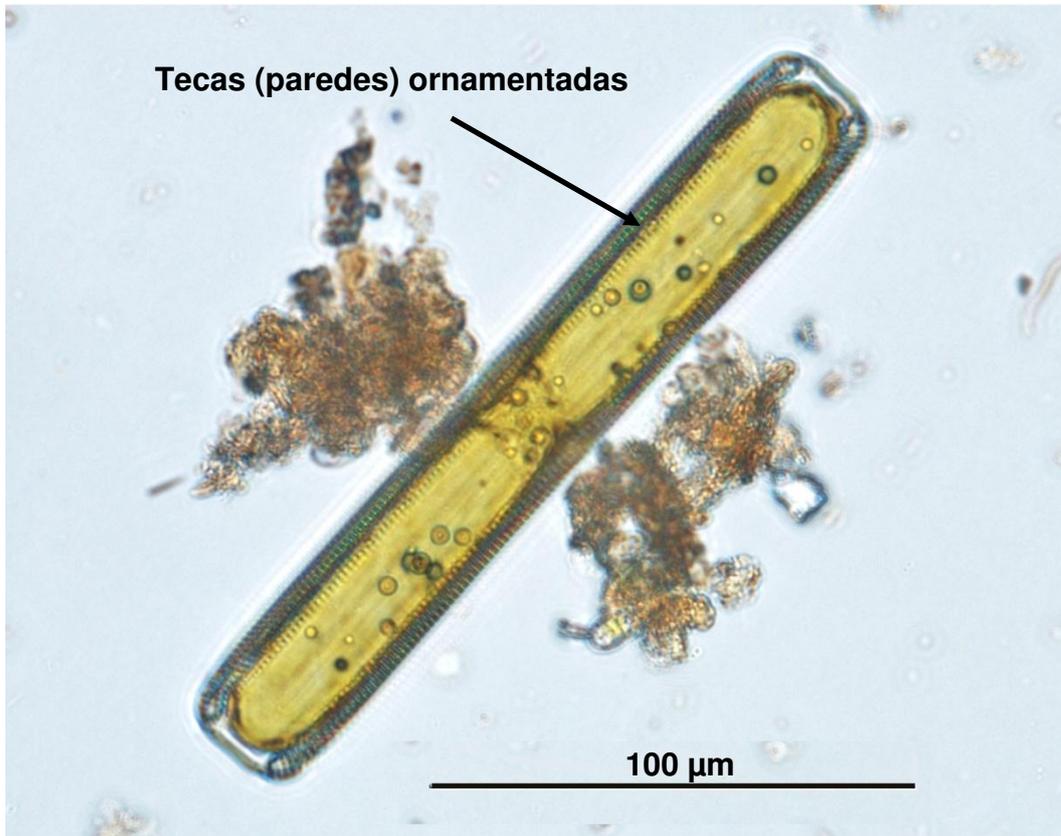




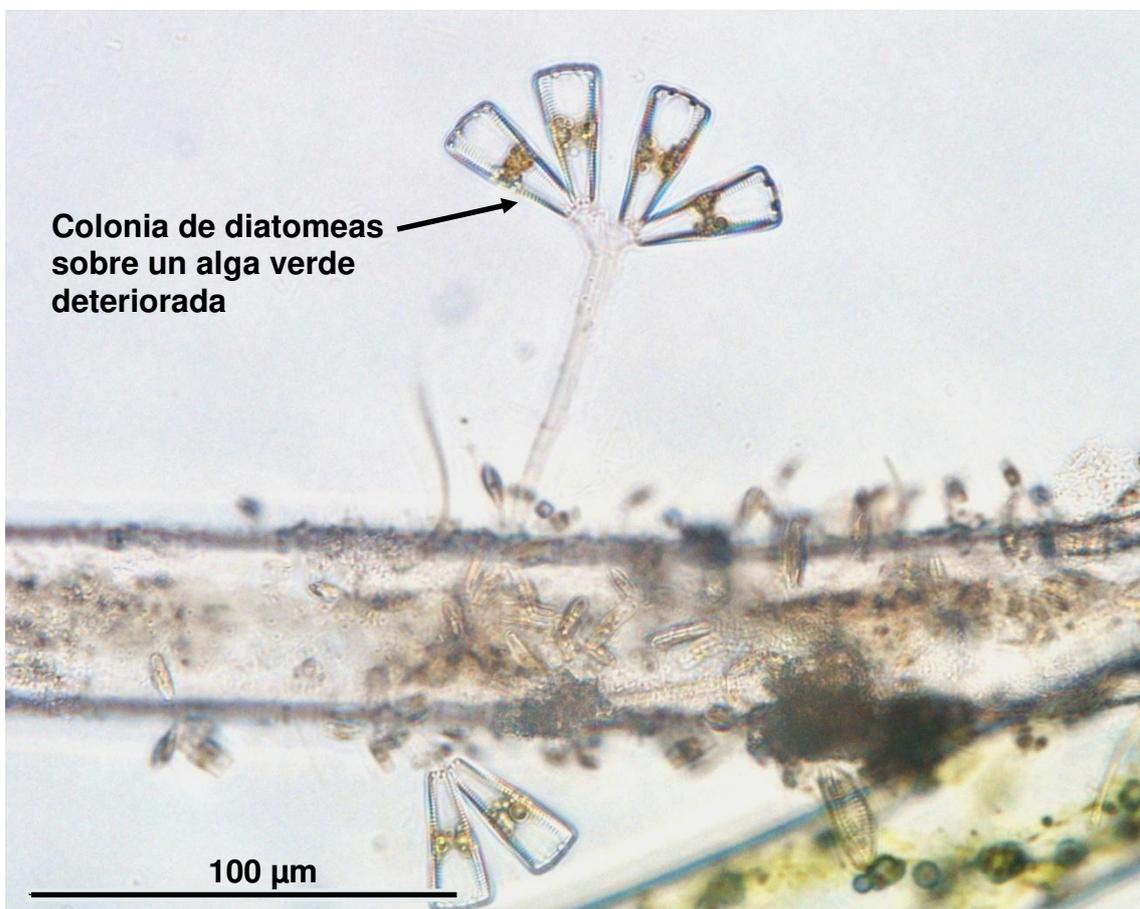
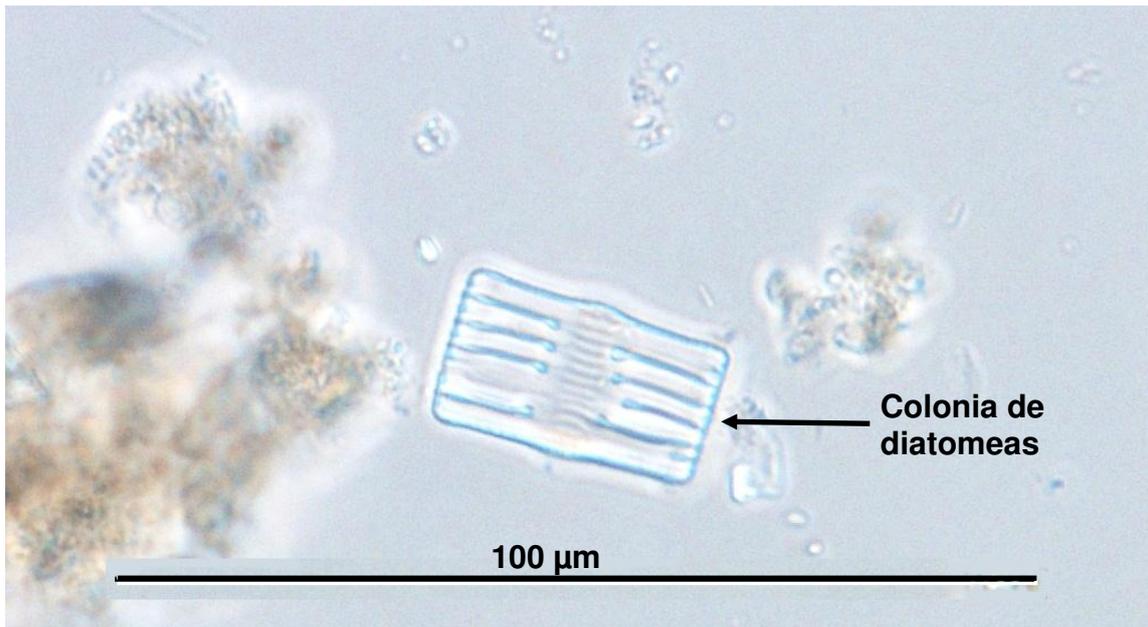
Chlamydomonas (alga verde unicelular, biflagelada)





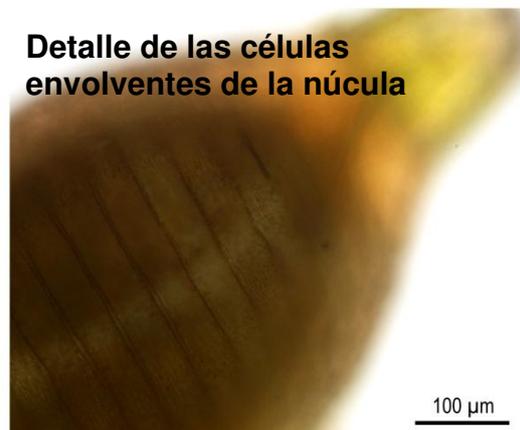
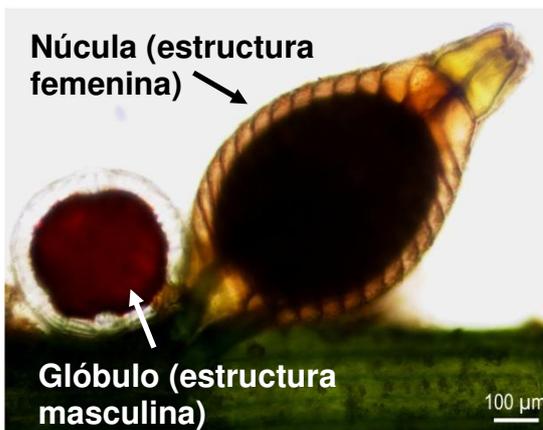
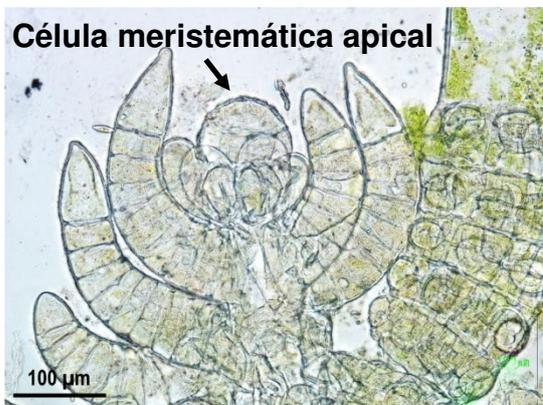
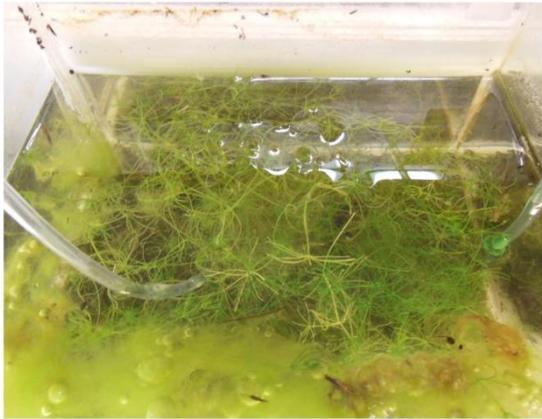


Diatomeas de agua dulce: libres, epífitas y del barro del fondo. Gran variedad de formas y tamaños.

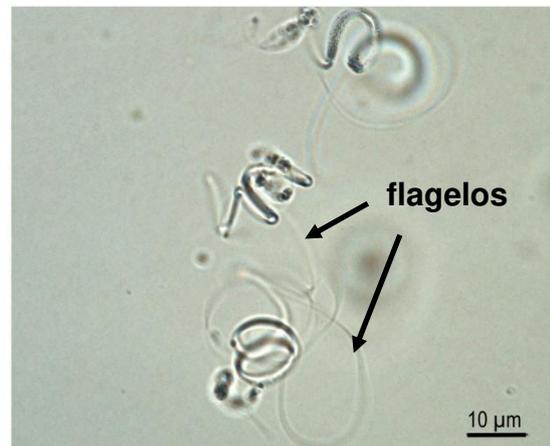
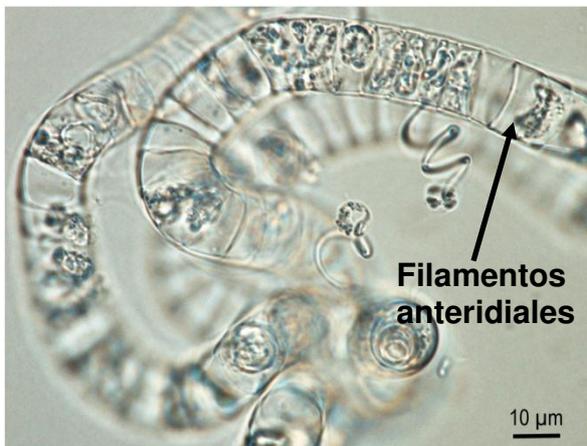
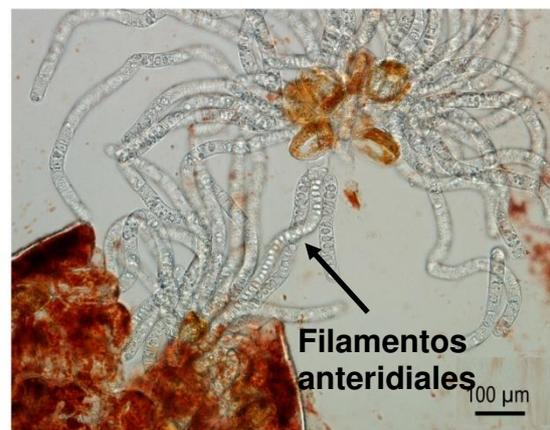
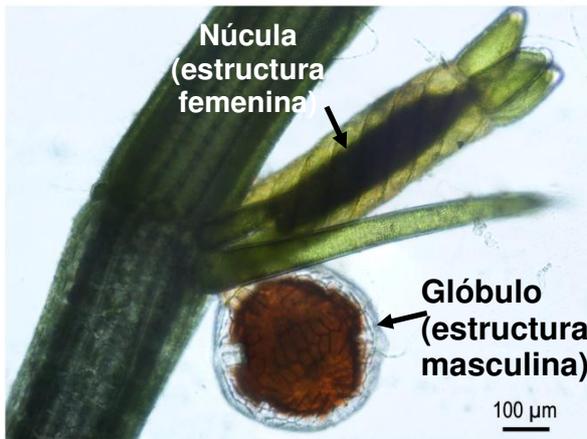


Diatomeas de agua dulce: colonias.

1.4 Chara: un alga verde charofícea compleja, de agua dulce



Chara es un alga macroscópica compleja. Presenta ramificación verticilada, y forma estructuras reproductoras mucho más elaboradas que otras algas verdes.

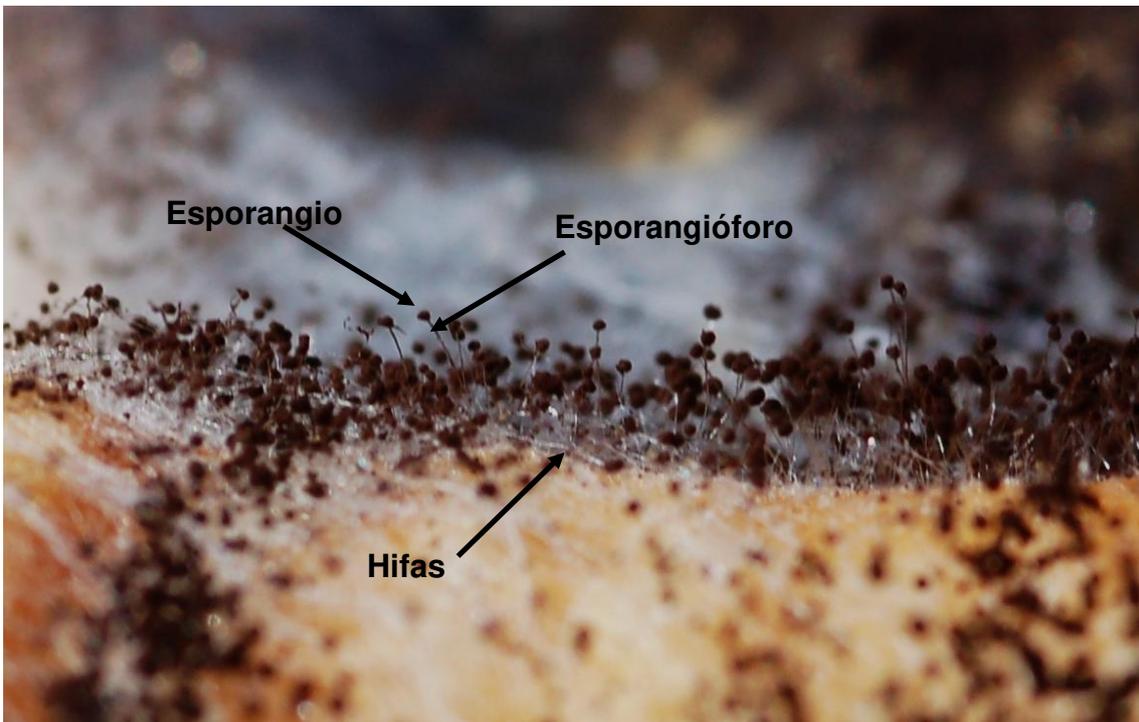


En el interior del glóbulo hay una serie de células (filamentos anteridiales) que forman los gametos masculinos, enrollados en espiral y con dos largos flagelos.

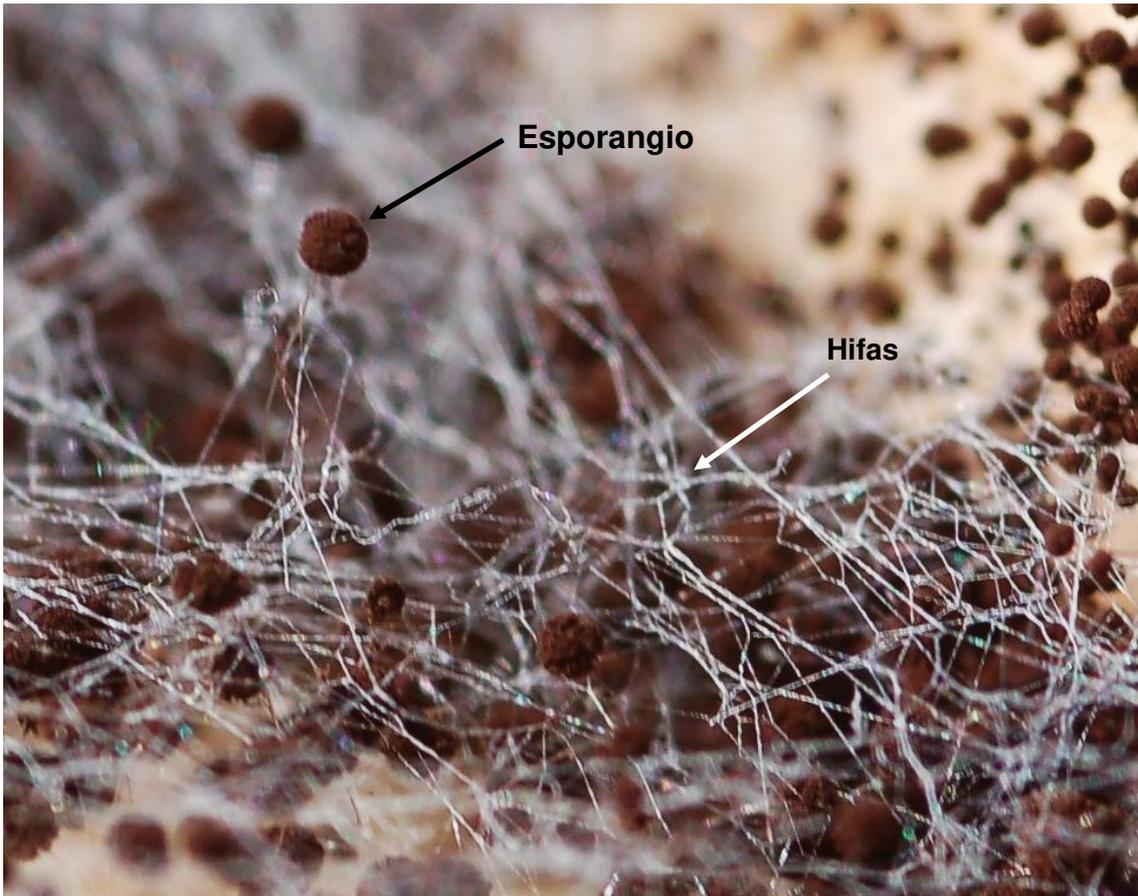
2.1 *Rhizopus* (Mucoromycotina): un hongo saprótrofo que forma el moho negro del pan



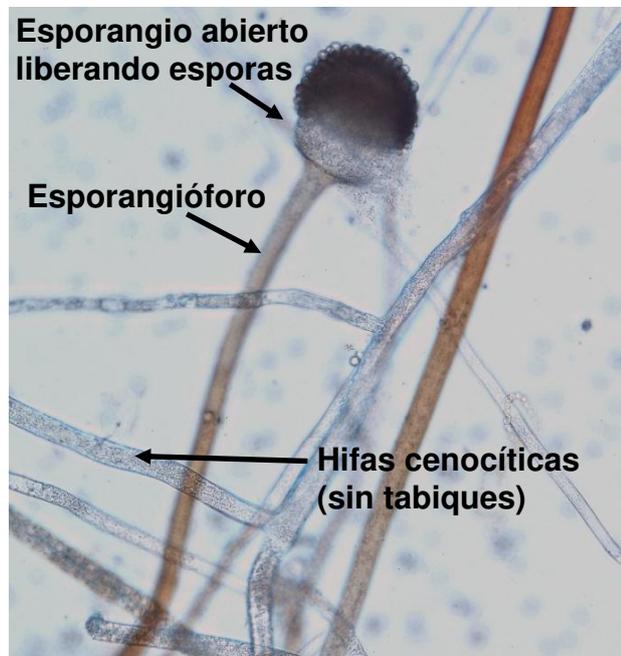
Rhizopus sp., en este caso sobre un trozo de empanada.



Detalle de la imagen anterior. Se observan las hifas blancas del micelio y los esporangios marrones sostenidos por el esporangióforo.



Detalle con más aumento.



Al microscopio óptico.

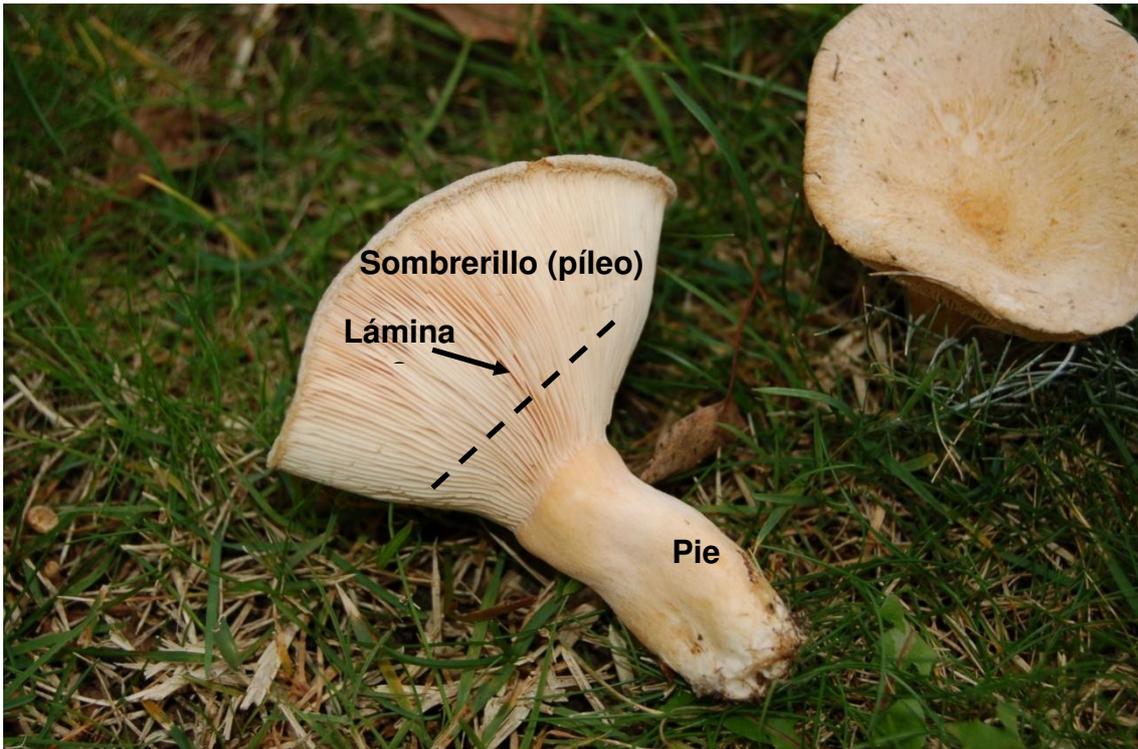
2.2 *Lactarius pubescens* (Basidiomycota): un hongo micorrízico



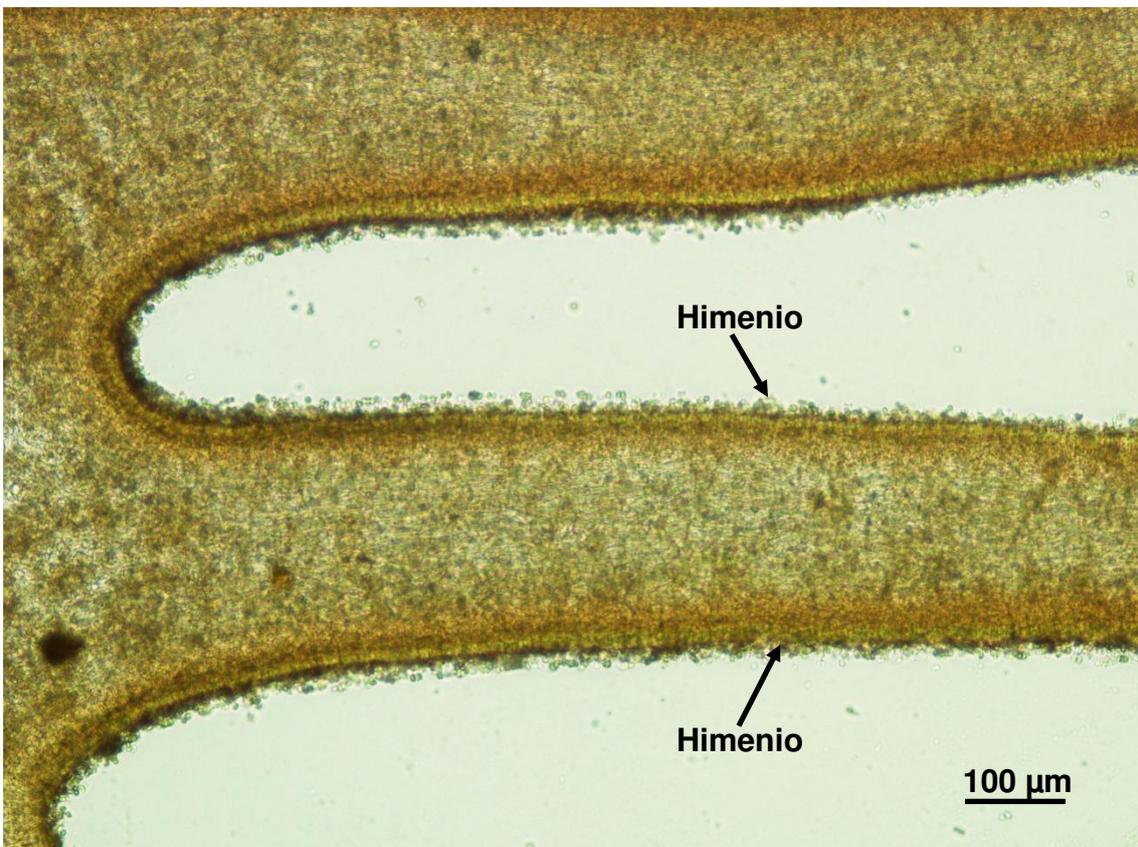
El micelio (conjunto de hifas) crece bajo tierra, asociado a las raíces de los abedules y en otoño se forma la seta que emerge del suelo. Imágenes tomadas en el Jardín Botánico de la Universidad Complutense de Madrid, 11.11.2008.



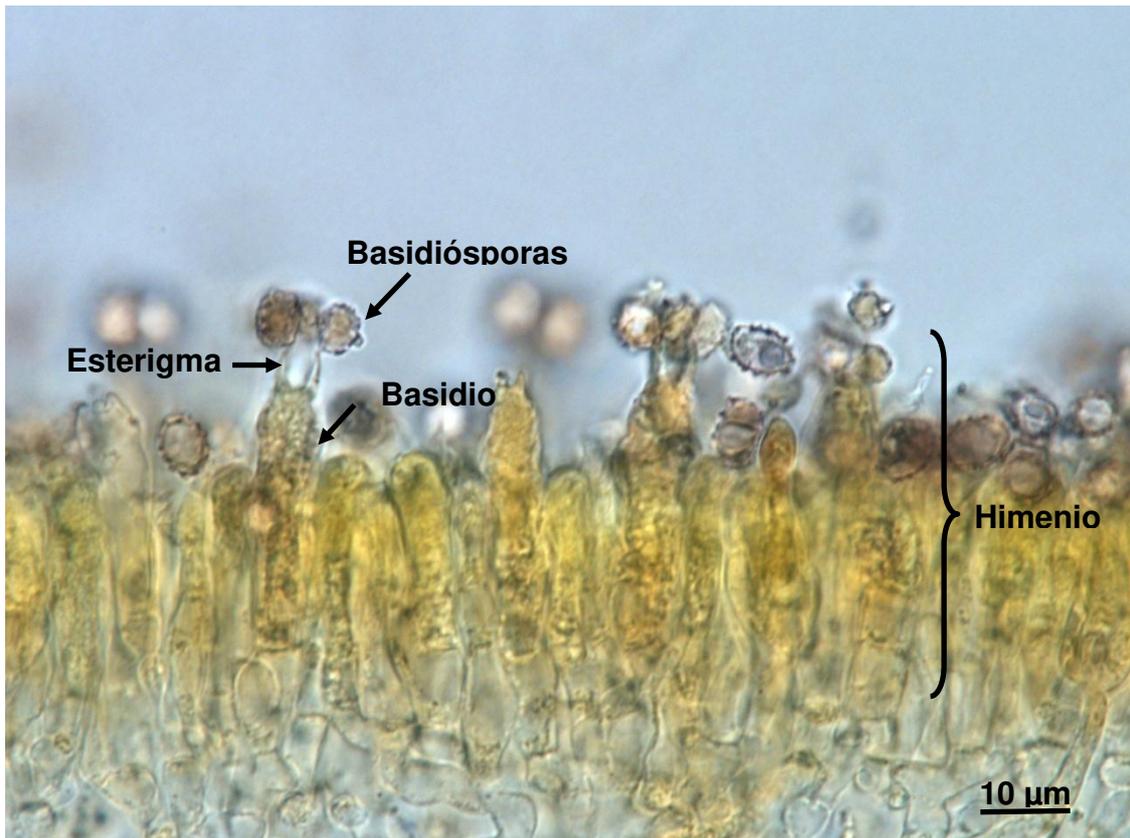
La seta es la estructura que produce las esporas, que se dispersarán para formar nuevos individuos.



La seta está compuesta por un sombrerillo y el pie. En la imagen inferior corte transversal a nivel de la línea de segmentos.



Detalle del corte transversal del sombrerillo mostrando las laminillas con el himenio (parte fértil con basidios y basidiósporas) recubriendo la parte externa.



Detalle del himenio con basidiósporas ornamentadas y basidios con esterigmas.

2.3 Otros hongos basidiomicetes frecuentes en otoño (Jardín Botánico, UCM). Identificaciones de campo: J. C. Zamora.



Hebeloma sp.



Lycoperdum lividum



Scleroderma cf. cepa



Psatyrella sp.



Detalle de la imagen anterior.



Pholiota sp.



Suillus collinitus.



Suillus collinitus. Detalle de la parte inferior del sombrero con poros.

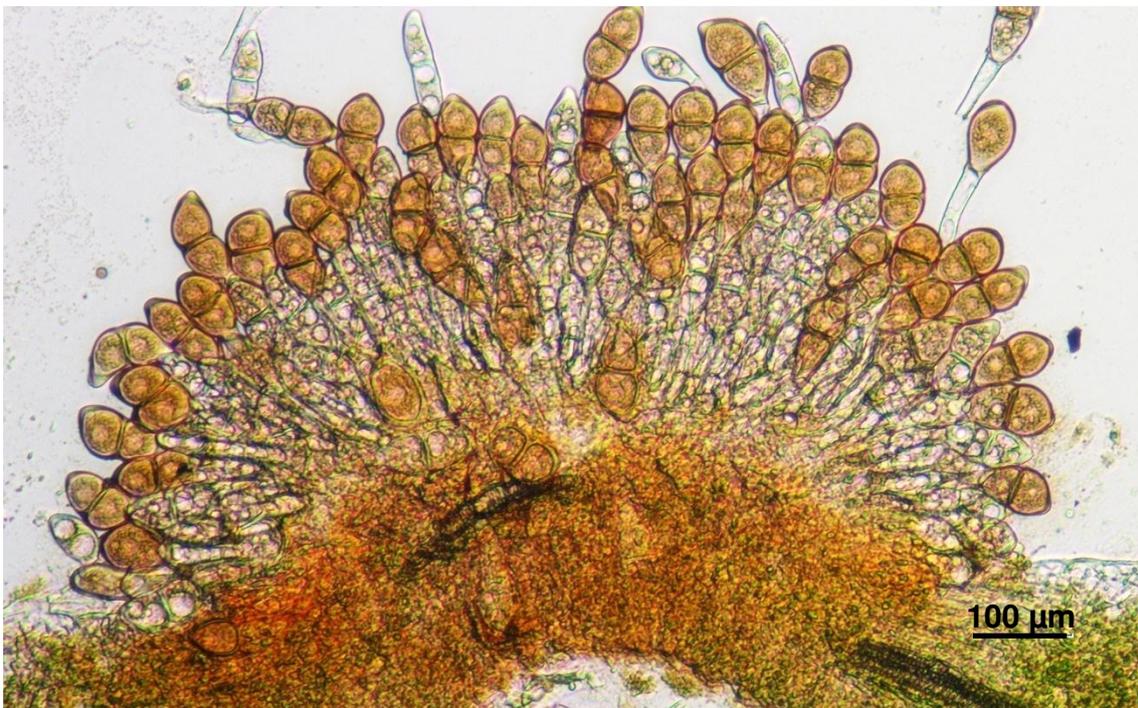


Los poros corresponden al extremo de tubos, que están recubiertos interiormente por el himenio. A la derecha detalle de los tubos.

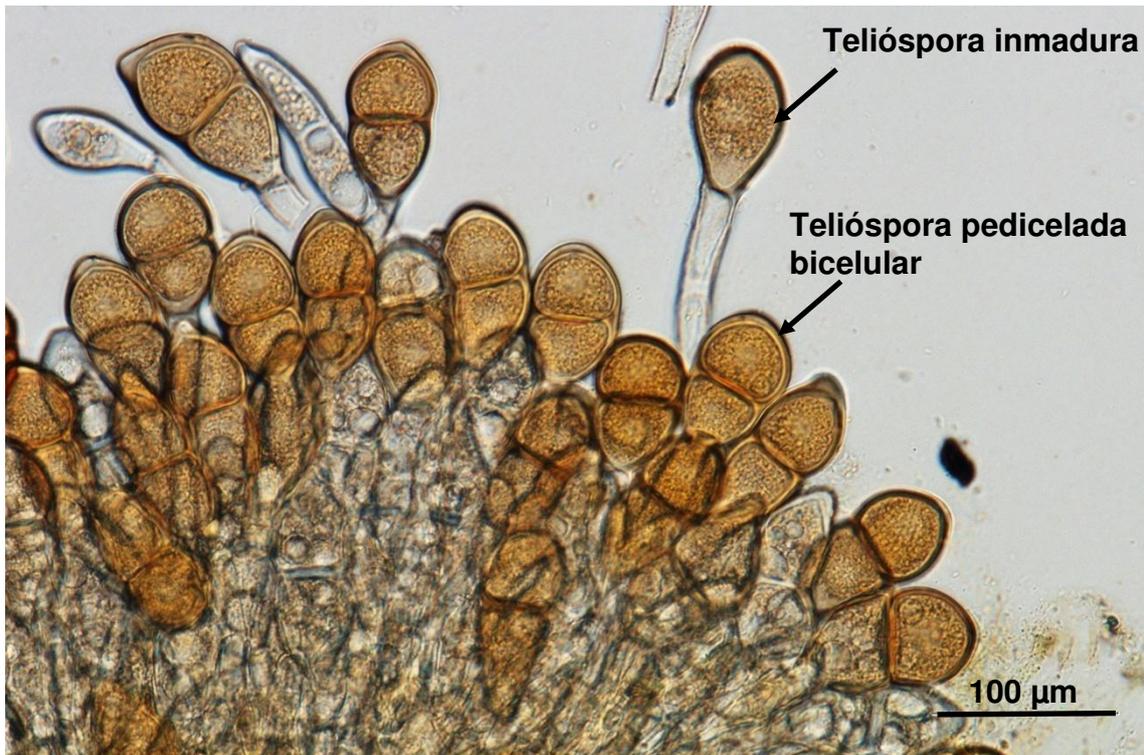
2.4 *Puccinia malvacearum* (Basidiomycota): un hongo parásito de las malvas



Hoja de *Malva sylvestris* infectada por *Puccinia malvacearum* (fase de telio). A la derecha detalle de los telios.



Corte transversal de un telio.



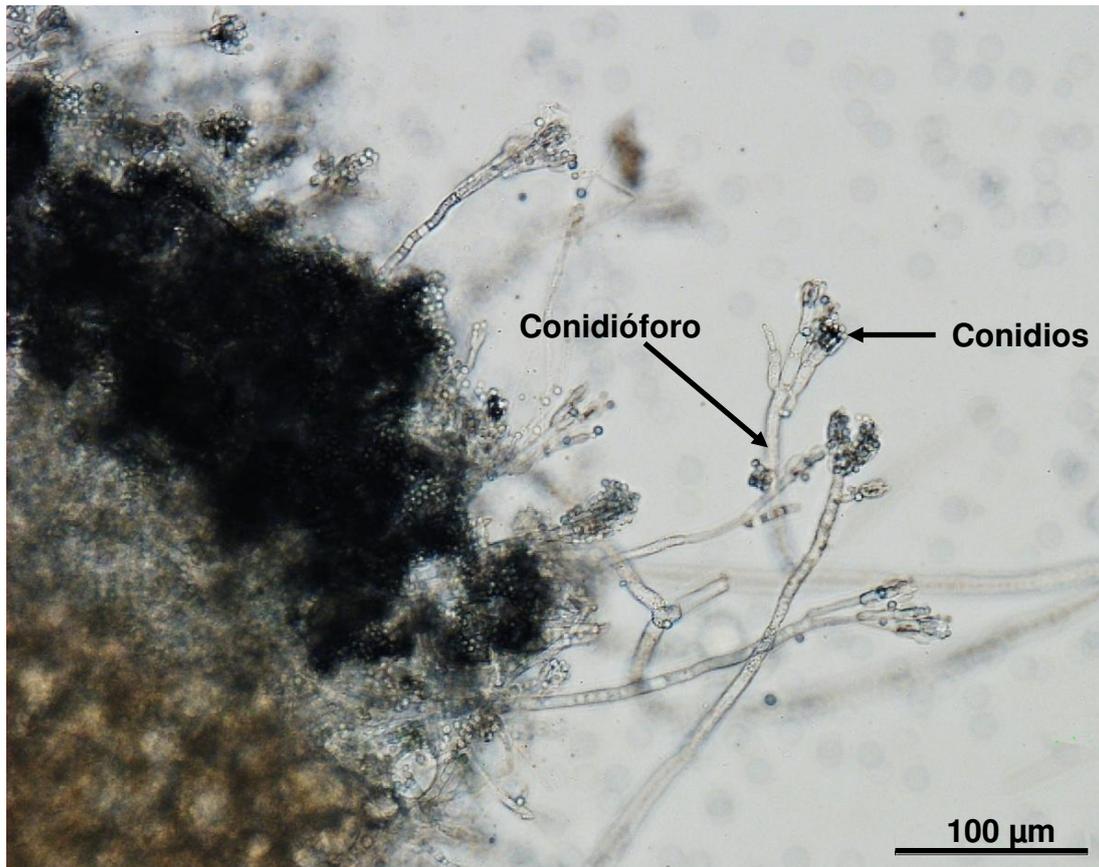
Detalle de las teliósporas en distintos grados de desarrollo.

2.5 *Phragmidium*: Otro basidiomicete, parásito de la zarzamora

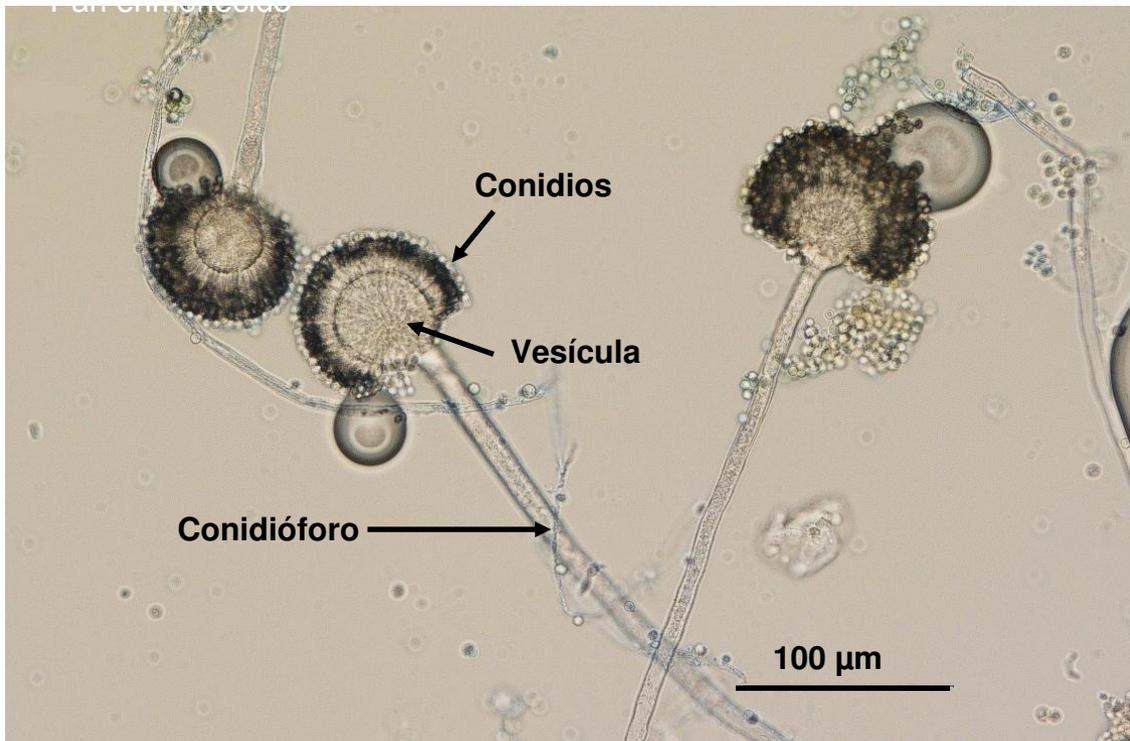


Las teliósporas presentan más compartimentos que en *Puccinia* y la pared está ornamentada por pequeñas papilas.

2.6 *Penicillium* y *Aspergillus* (Ascomycota), mohos saprótrofos

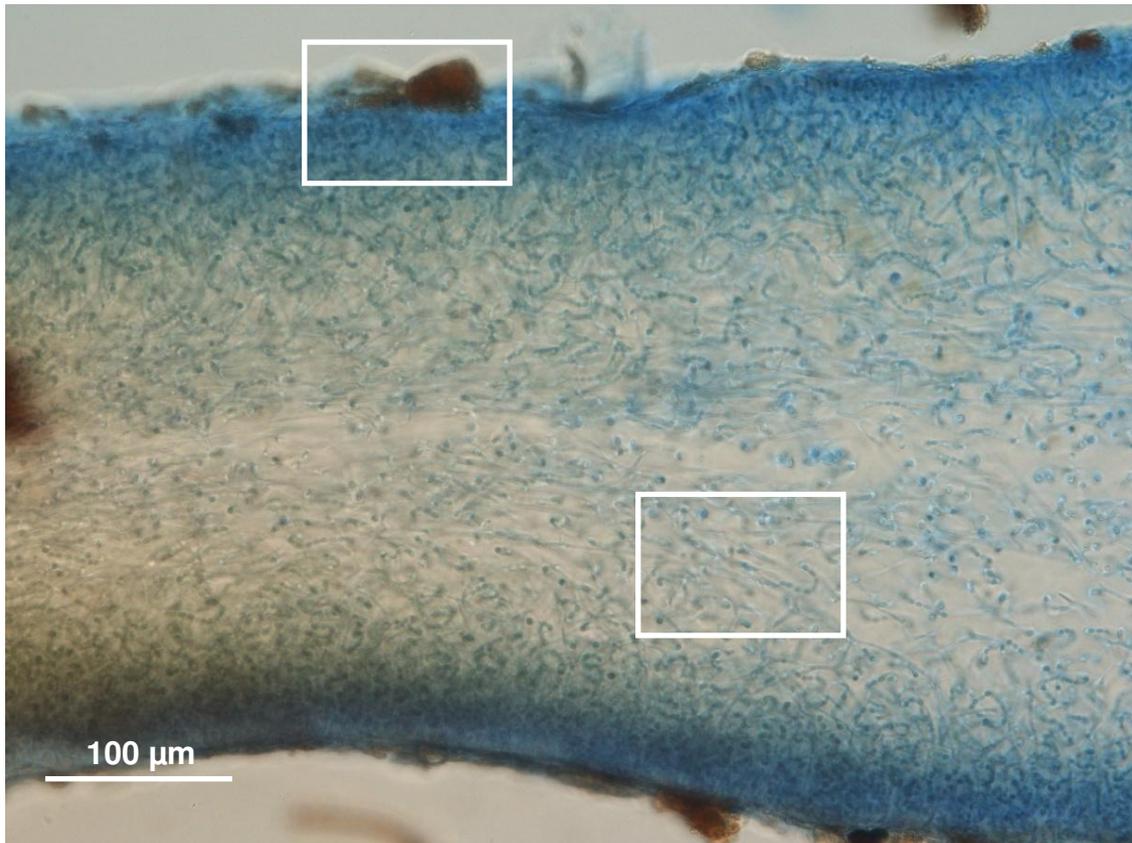


Penicillium sp. creciendo sobre pan. Fase asexual.

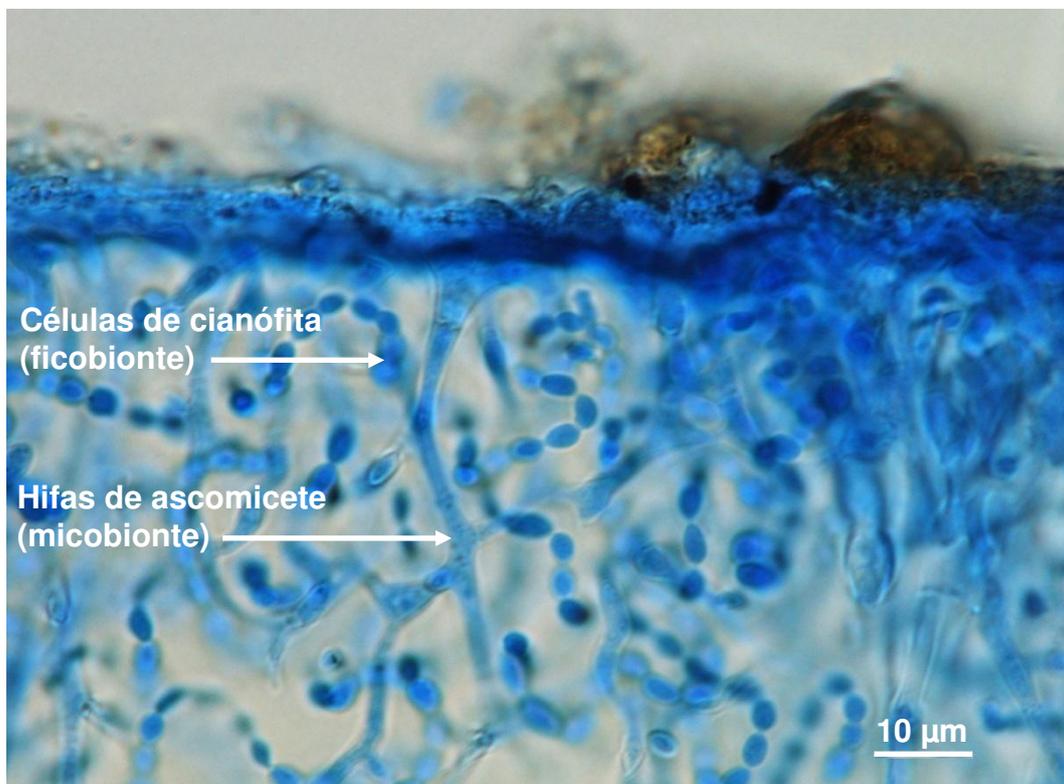


Aspergillus sp. Fase asexual.

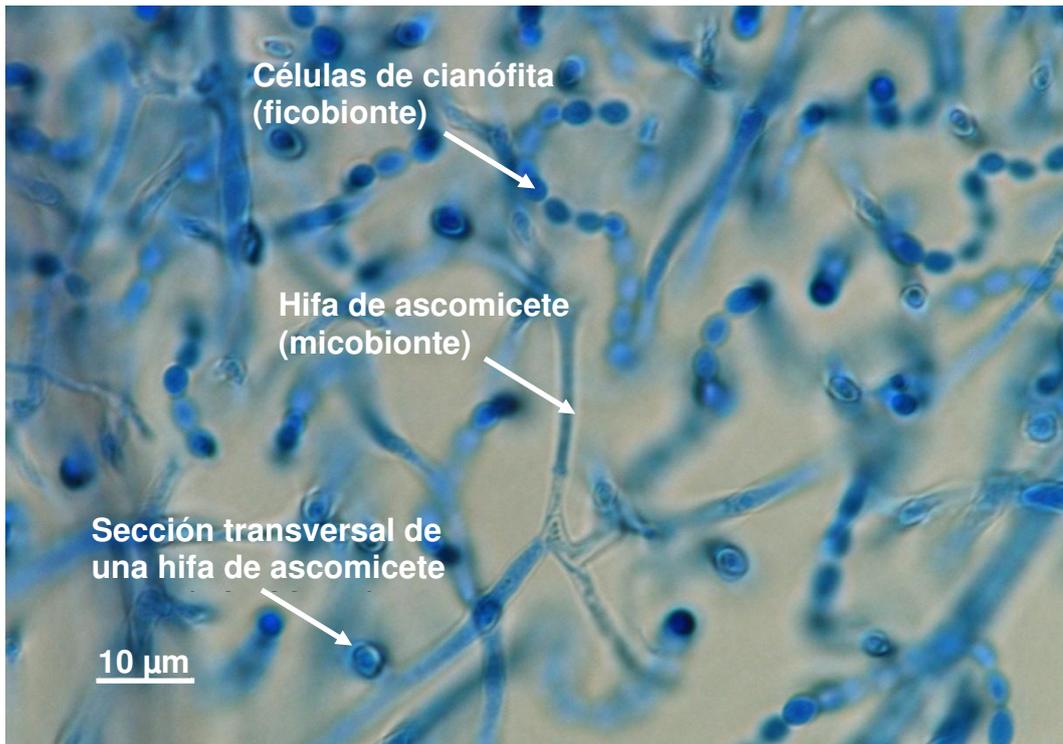
2.7 *Collema* (Ascomycota): un hongo en simbiosis con una cianobacteria formando un líquen homómero.



Corte transversal del talo, teñido con azul de lactofenol.



Detalle de la parte superior de la sección del talo.

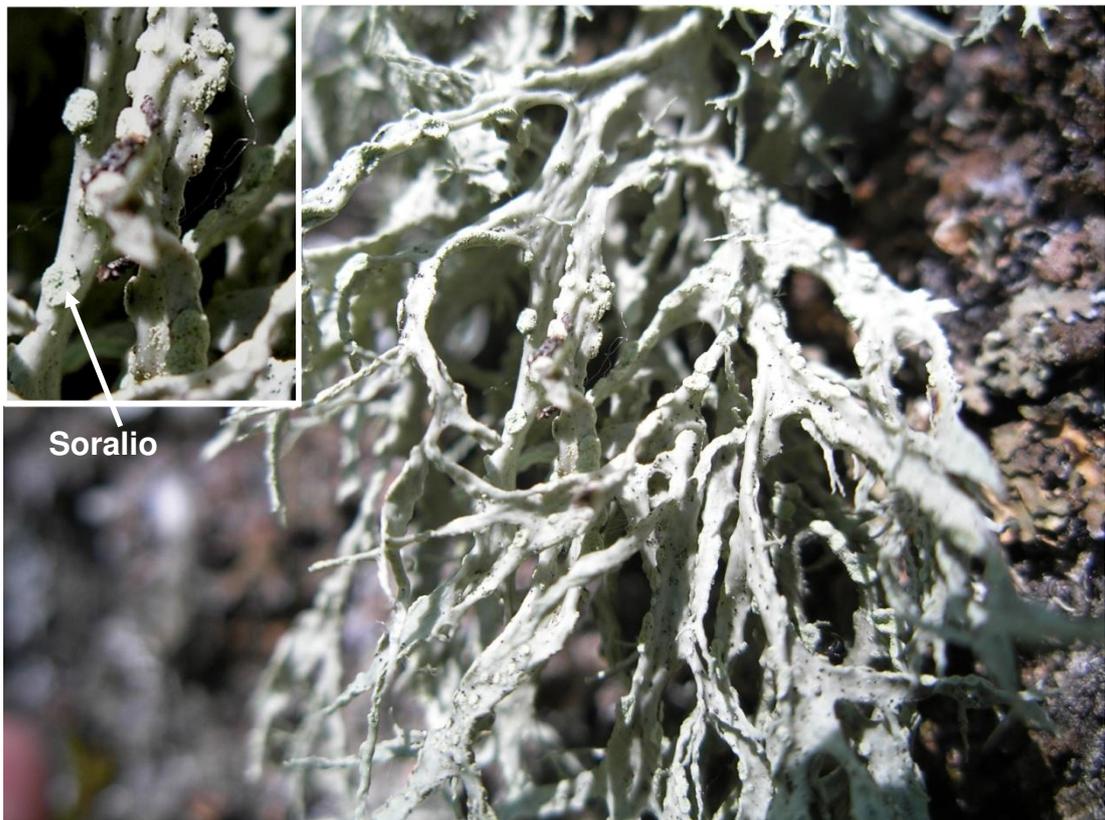


Detalle de la zona central de la sección del talo. Compare con *Nostoc*.

2.8 Algunos líquenes heterómeros comunes (Ascomycota)



Evernia prunastri, un líquen fruticuloso.



Ramalina farinacea, un líquen fruticuloso. En el recuadro, soralios (estructuras de reproducción asexual del líquen completo).



Parmelina tiliacea, un líquen foliáceo con isidios (estructura de reproducción asexual del líquen completo).



Detalle de los isidios.



Parmelina quercina, un líquen foliáceo con apotecios marrones.



Detalle de los apotecios (estructuras de reproducción sexual del hongo).



Parmelia sulcata, un líquen foliáceo con pseudocifelas (roturas del córtex a través de las que se observa la médula) y ricinas en la cara inferior.



Detalle de la imagen anterior.



Xanthoparmelia stenophylla, un líquen foliáceo. En el recuadro, apotecios (estructuras de reproducción sexual del hongo).



Xanthoria parietina, otro líquen foliáceo con talo y apotecios amarillo-anaranjados, en este caso saxícola (creciendo sobre roca).



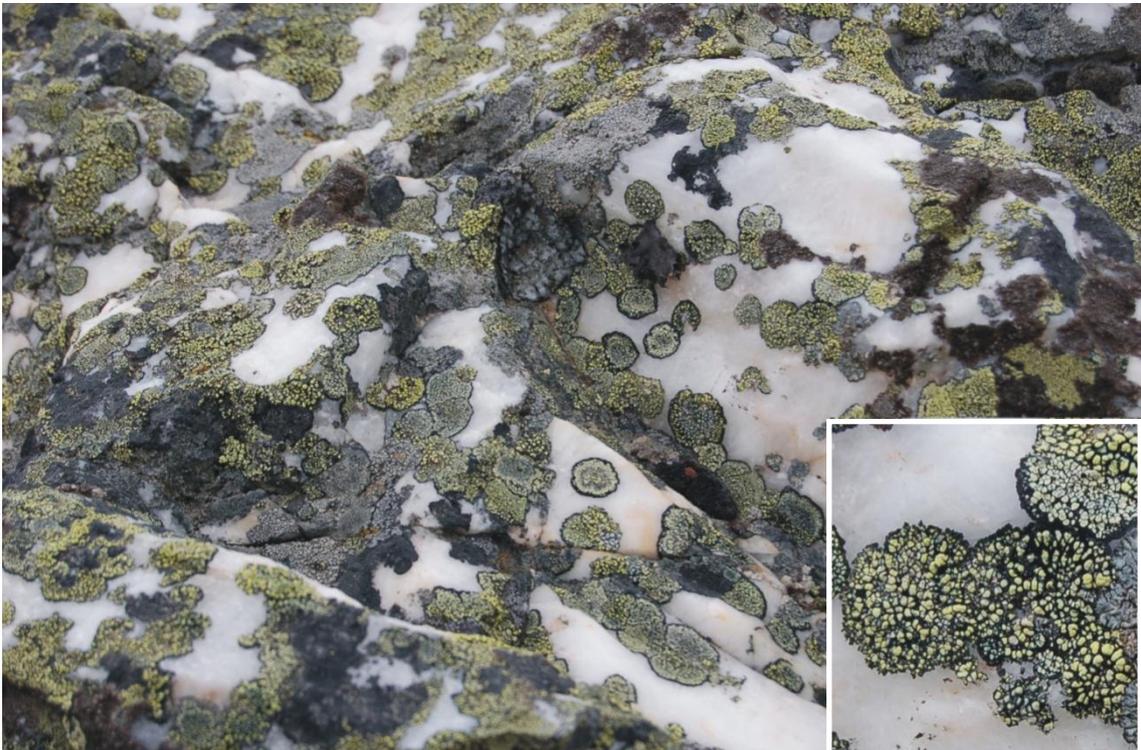
Umbilicaria grisea, líquen umbilicado (unido al sustrato por la zona central del talo) con talo de color pardo. Sobre la misma roca crecen diversos líquenes crustáceos.



Lasallia pustullata, otro líquen umbilicado



Líquenes crustáceos en filitas, coloreando el paisaje. El color amarillo lo da *Pleopsidium oxytonum* (antes llamado *Acarospora oxytona*).

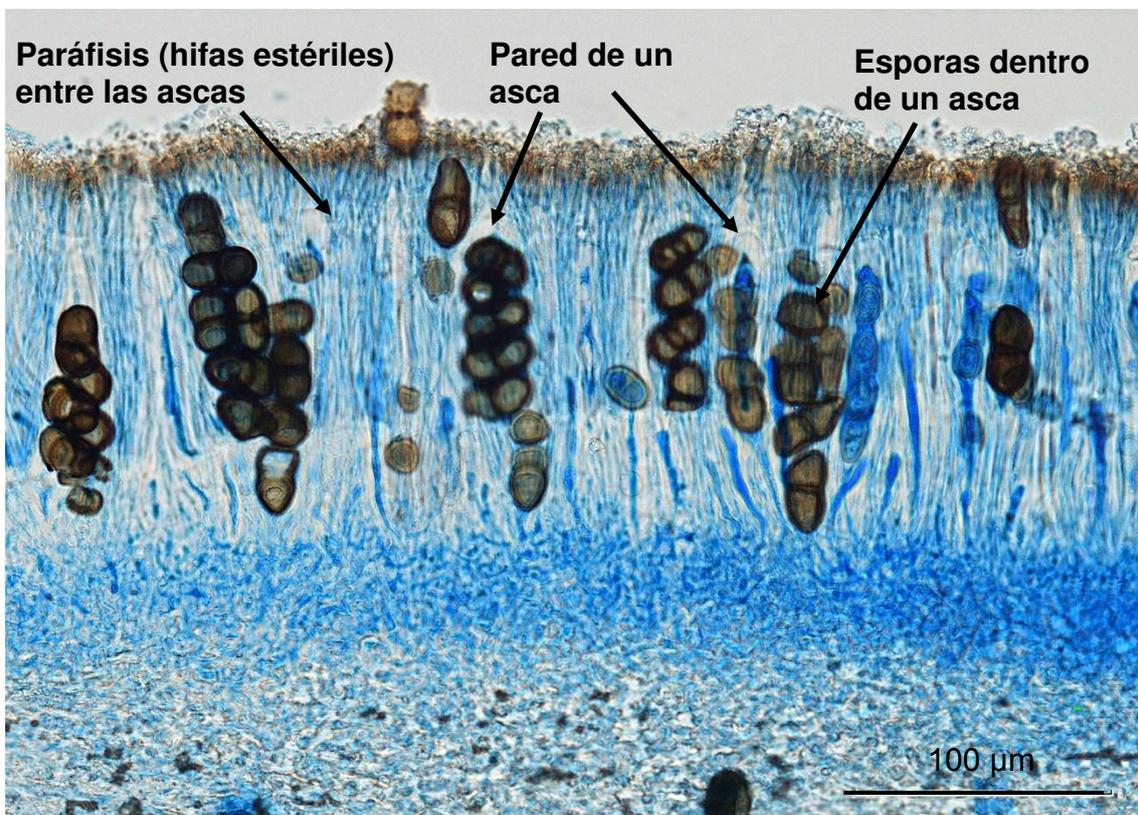


Sobre esta vena de cuarzo masivo domina el color de los talos amarillos con reborde negro de *Rhizocarpon geographicum*, otro líquen crustáceo. Con más detalle en el recuadro.

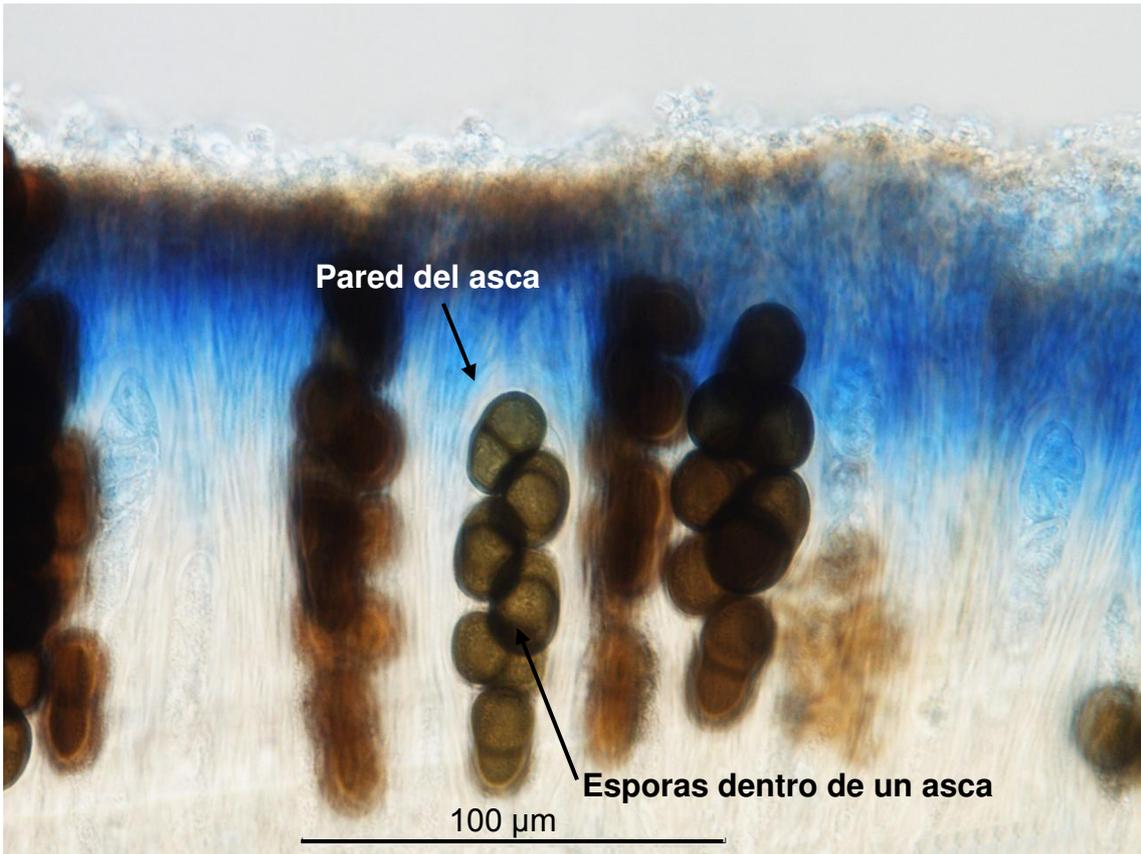
2.9. Apotecios: estructuras de reproducción sexual del hongo (Ascomycota)



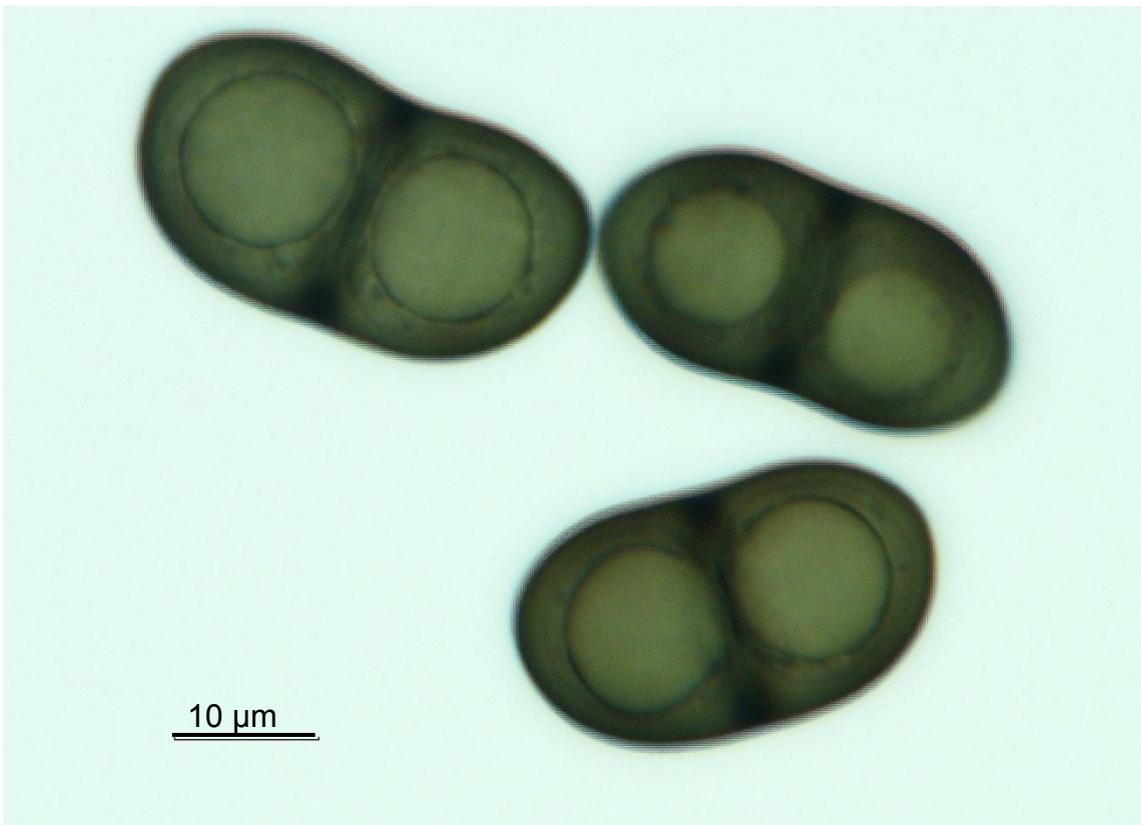
Corte transversal de un apotecio.



Detalle del himenio y subhimenio. Apotecio teñido con azul de lactofenol.



Detalle del himenio.

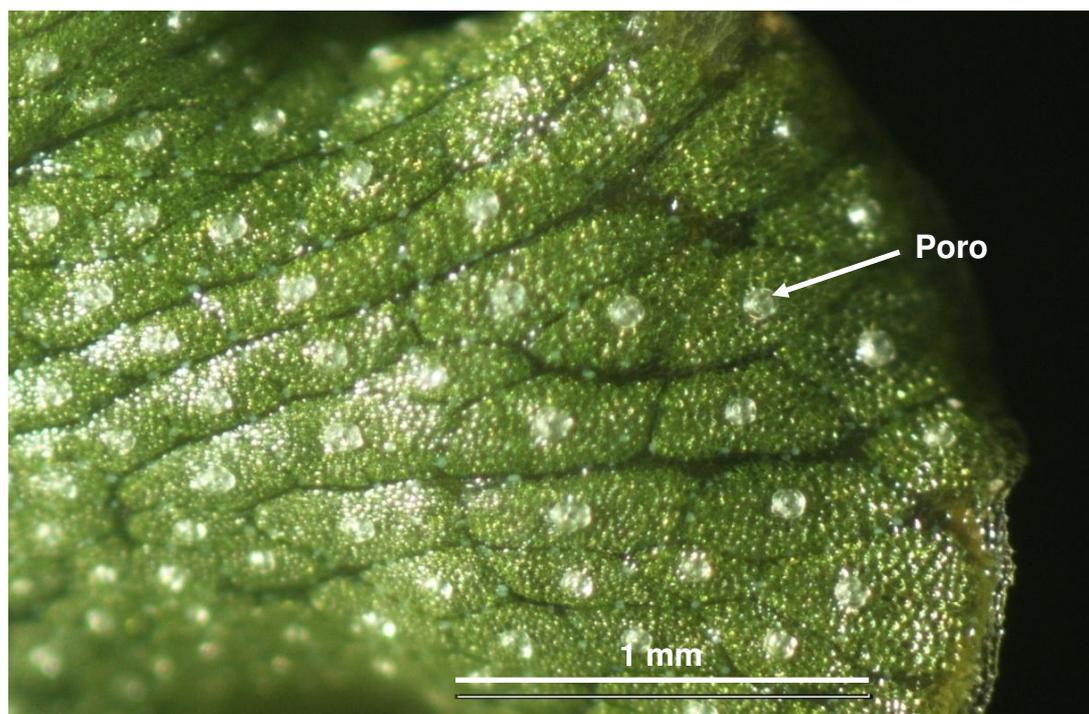


Esporas.

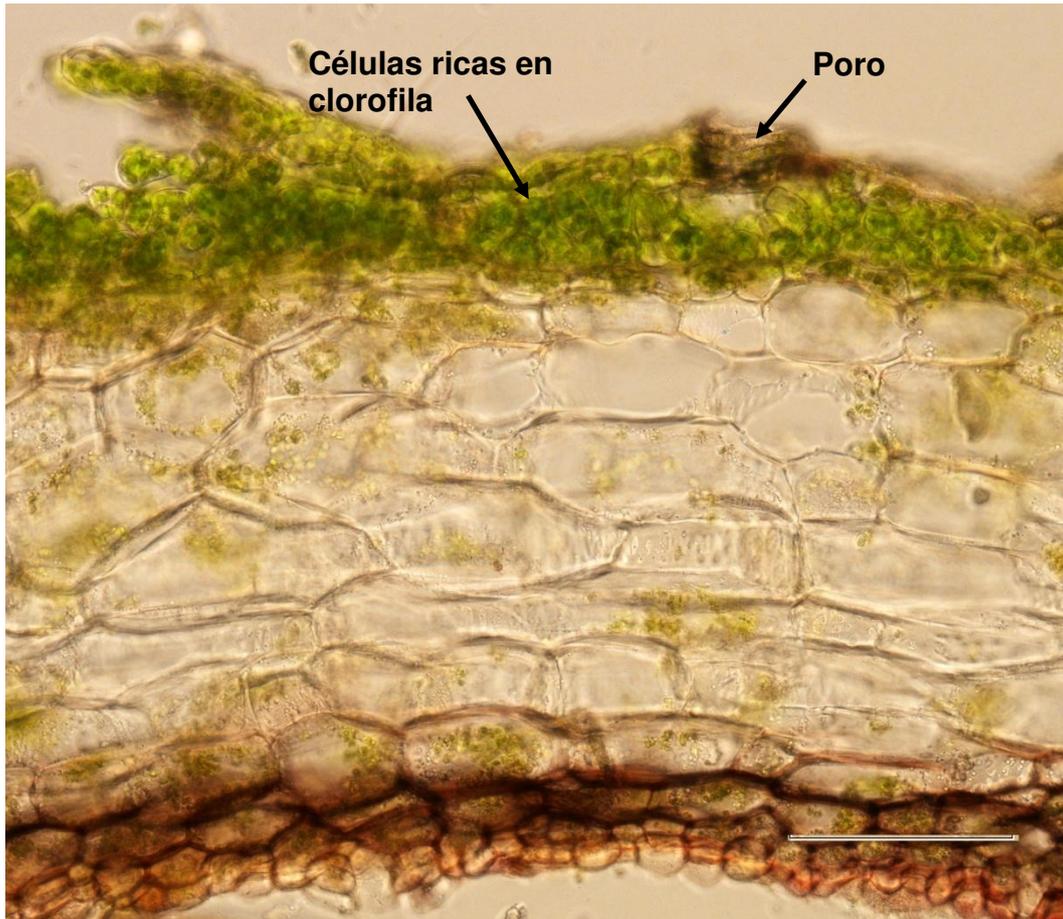
3.1. *Marchantia* (Marchantiophyta): una hepática talosa compleja



Gametófito de una hepática talosa con conceptáculos (estructuras de reproducción asexual) y arquegonioforos y anteridioforos (estructuras donde se formarán los gametangios femeninos y masculinos). El gametófito es la fase más duradera del ciclo.



Detalle del talo (gametófito) con poros que facilitan el intercambio gaseoso.



Corte transversal del gametófito.



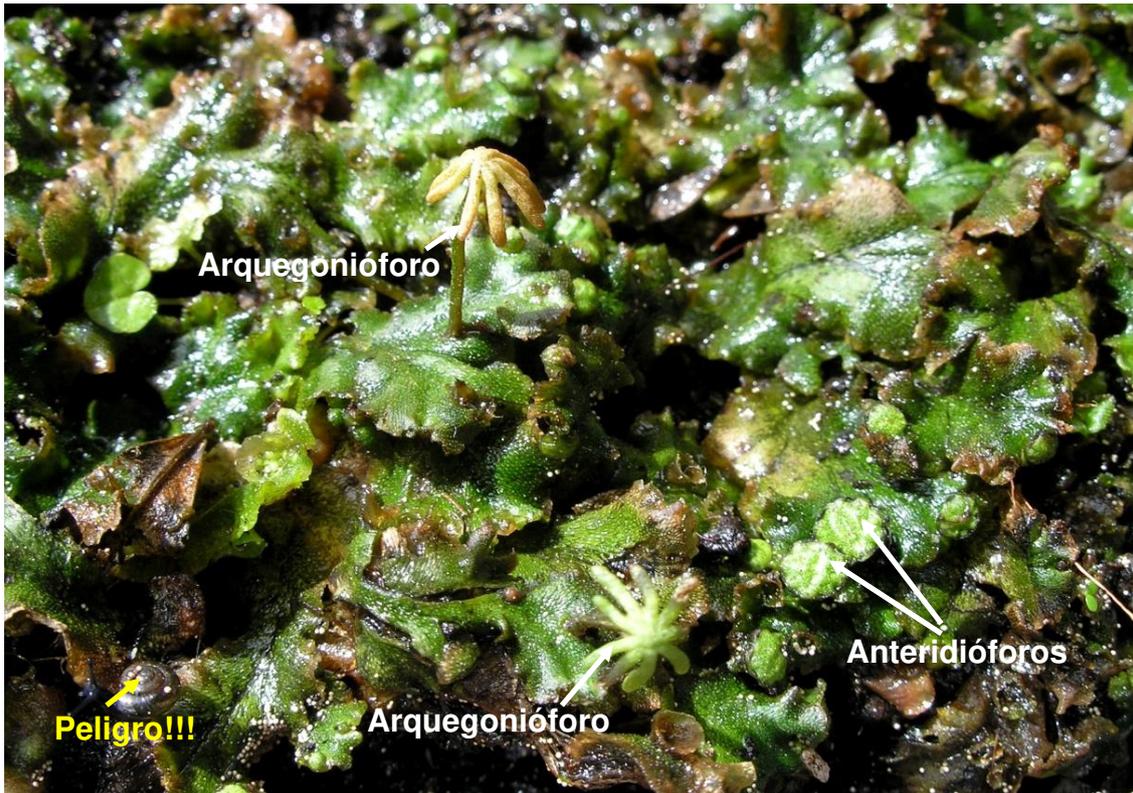
Detalle de un conceptáculo con propágulos (estructuras de multiplicación asexual). Imagen a la lupa binocular: José Pizarro



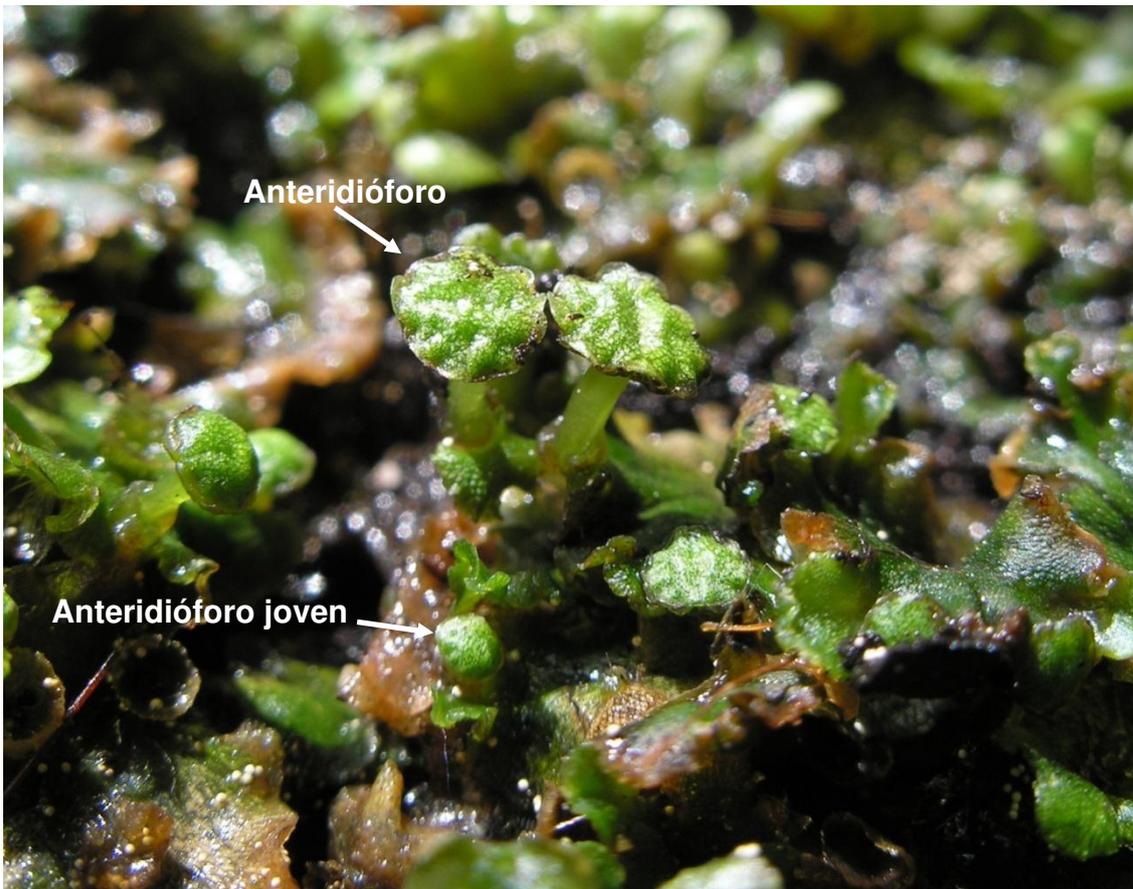
Propágulo, visto al microscopio óptico.



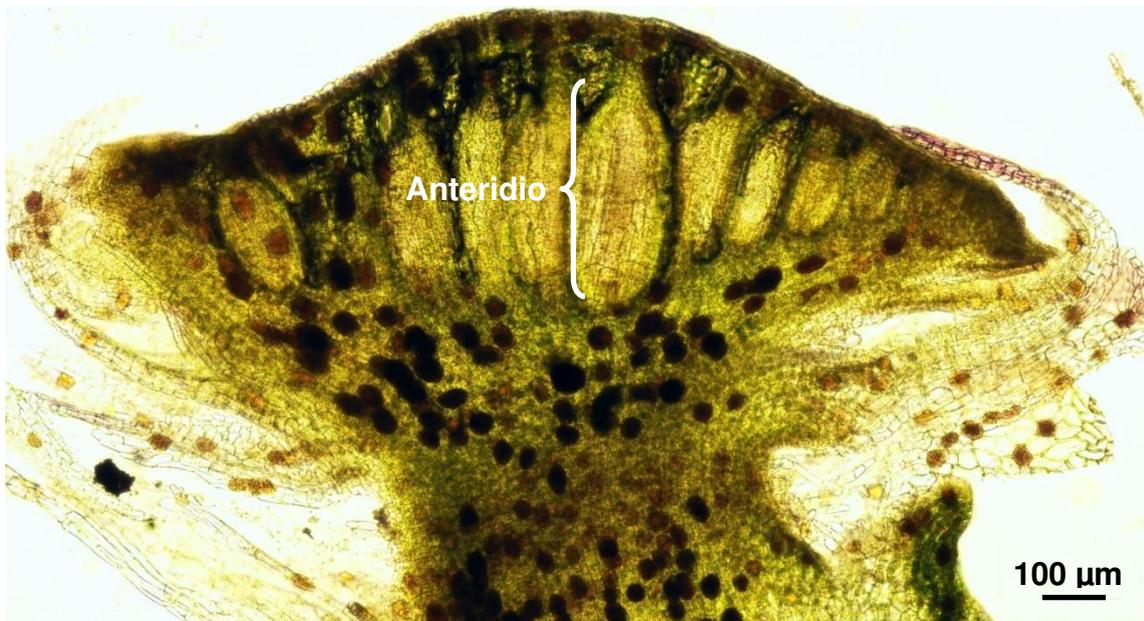
Propágulo comenzando a dividirse.



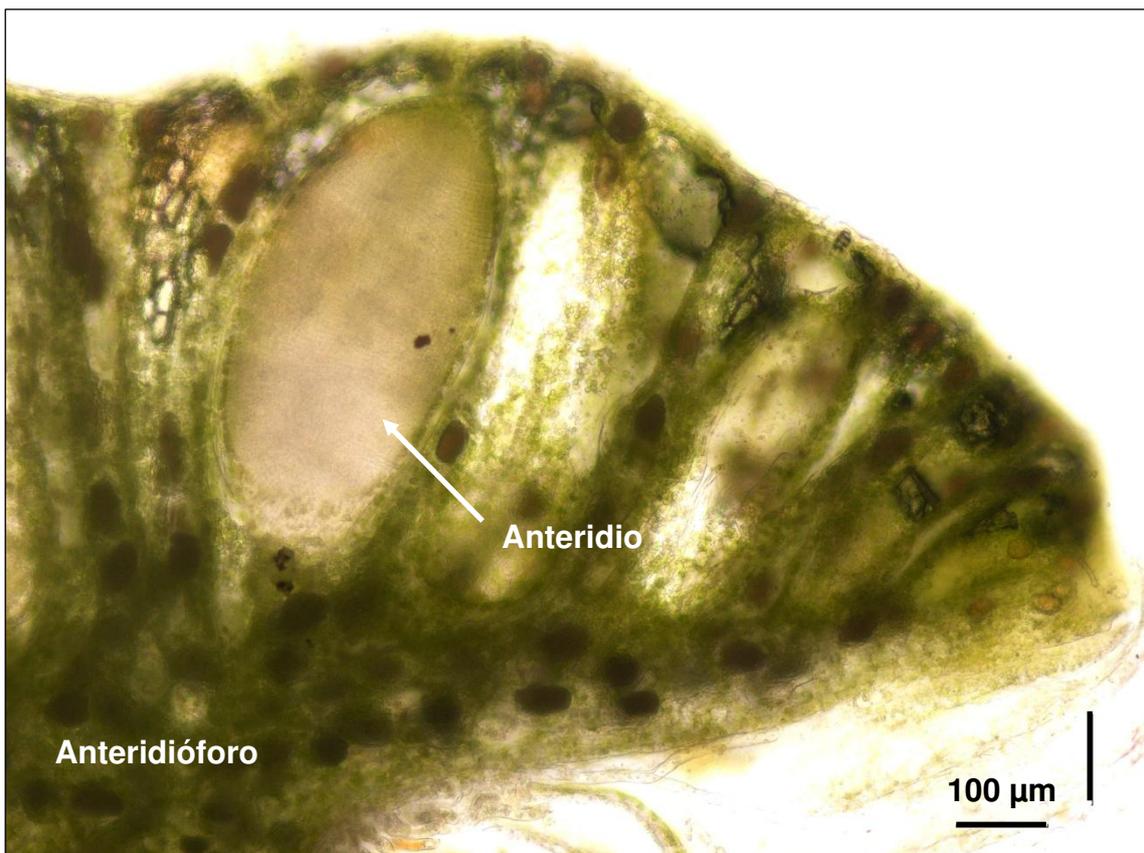
Estructuras de reproducción sexual (en el gametόfito).



Anteridiόforos en distintos estados de desarrollo.



Corte transversal de un anteridióforo joven, con los anteridios (gametangios masculinos) hundidos en el tejido.



Detalle de un anteridio (gametangio masculino).



Primeras fases de la formación de los arquegonióforos.



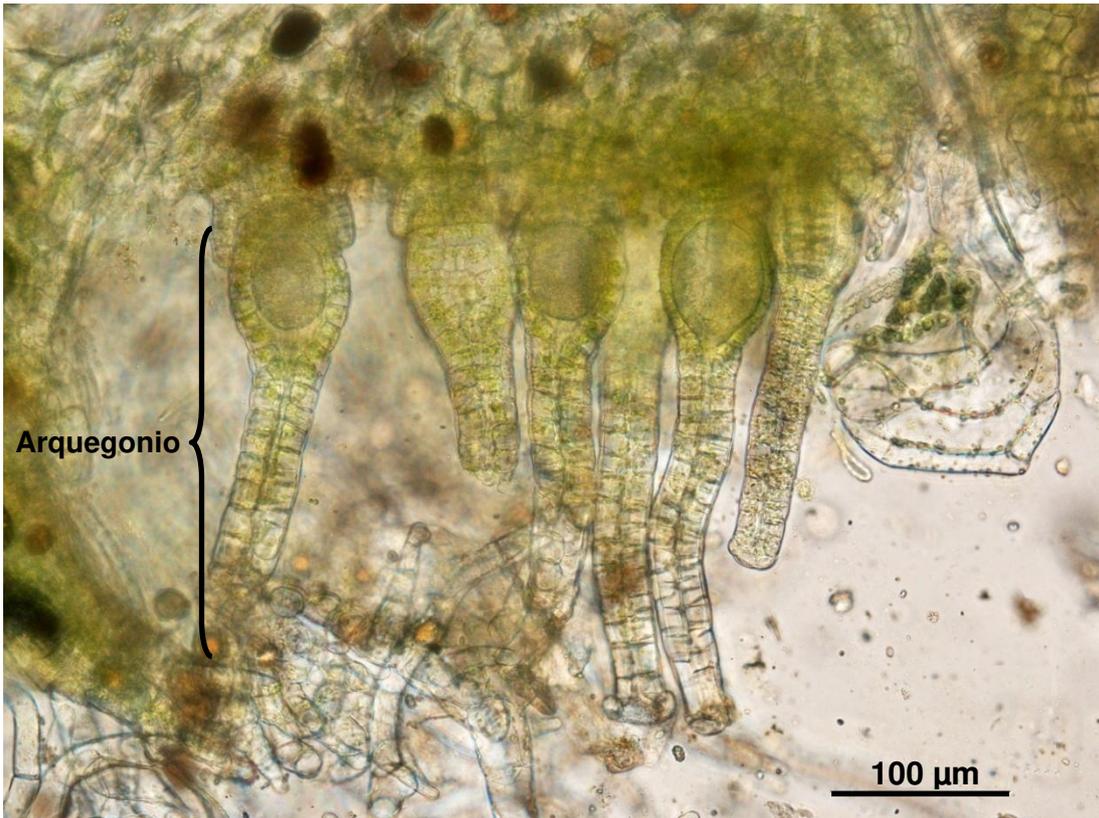
Arquegonióforos jóvenes.



Corte longitudinal de un arquegoni6foro joven. El recuadro se1ala donde se formar1n los arquegonios (gametangios femeninos).



Arquegoni6foro maduro.



Sección del arquegonióforo con los arquegonios (gametangios femeninos) ya formados.



Después de la fecundación, el cigoto se desarrolla y forma el esporófito (de pequeño tamaño) que permanece unido al arquegonióforo (gametófito).

3.2. *Pellia* (Marchantiophyta): una hepática talosa simple

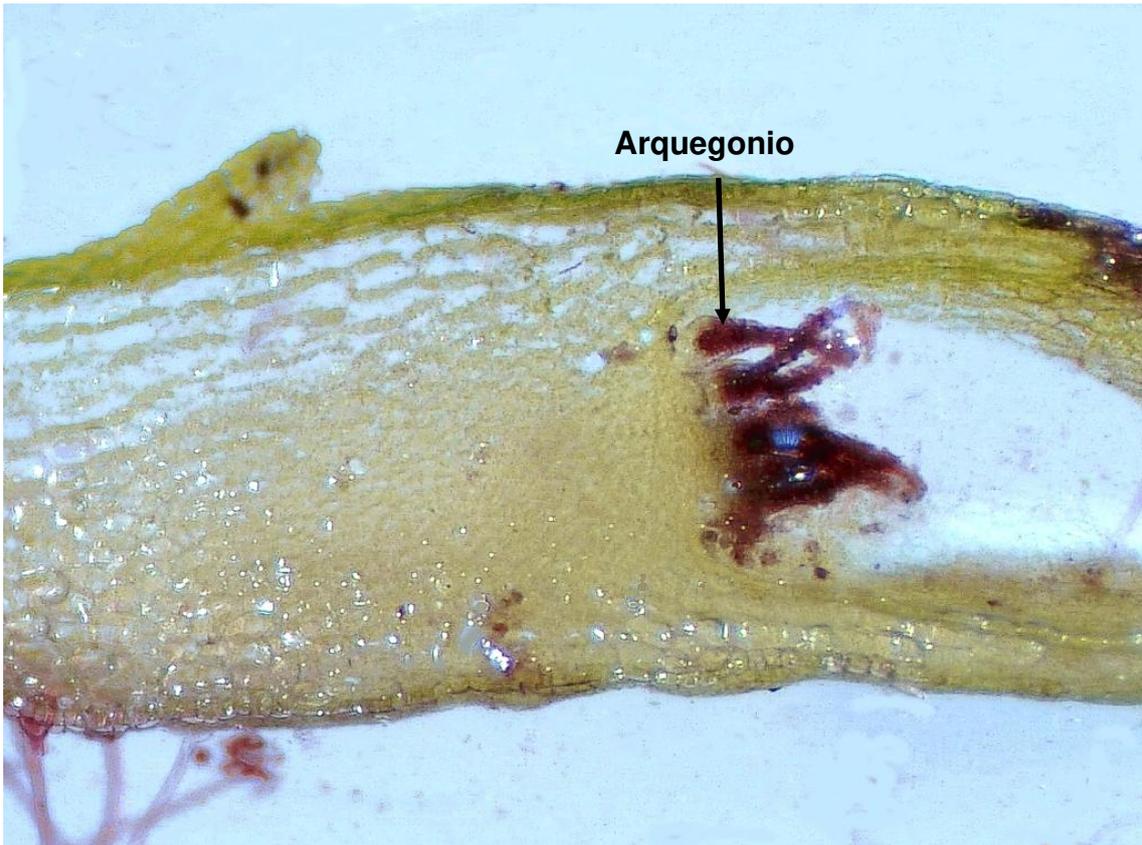


Gametófito taloso formado por numerosos lóbulos con el nervio medio muy poco marcado. El gametófito es la fase más duradera del ciclo.

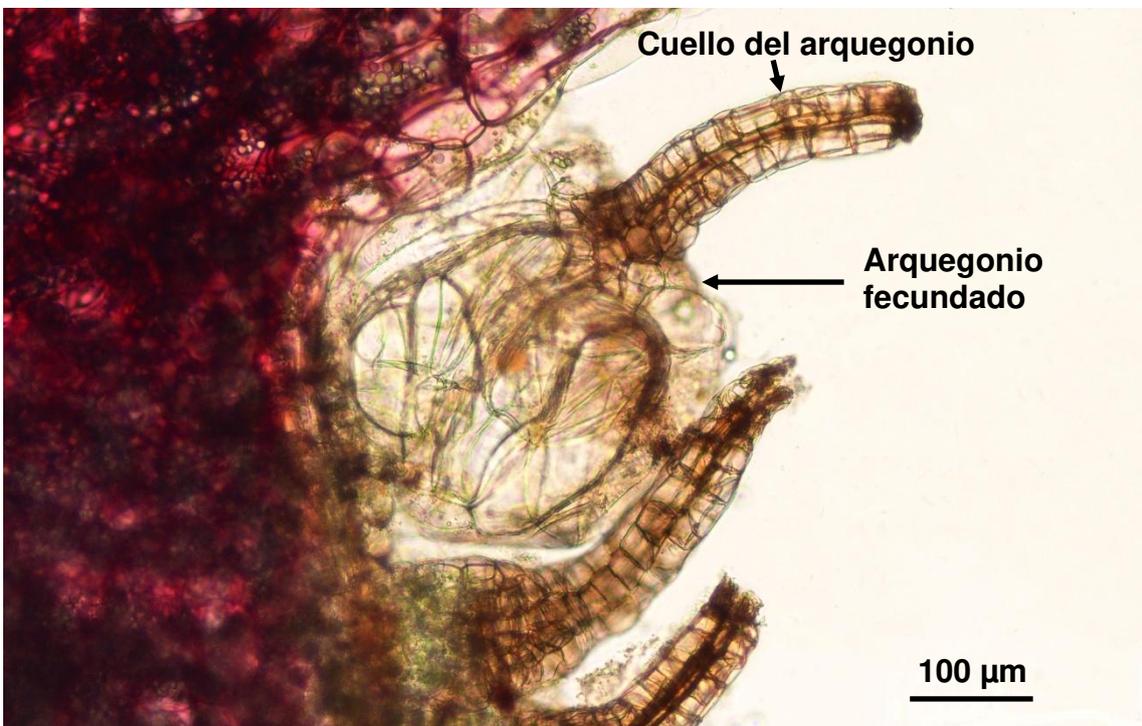


Anteridios desarrollándose en cavidades hundidas en el talo

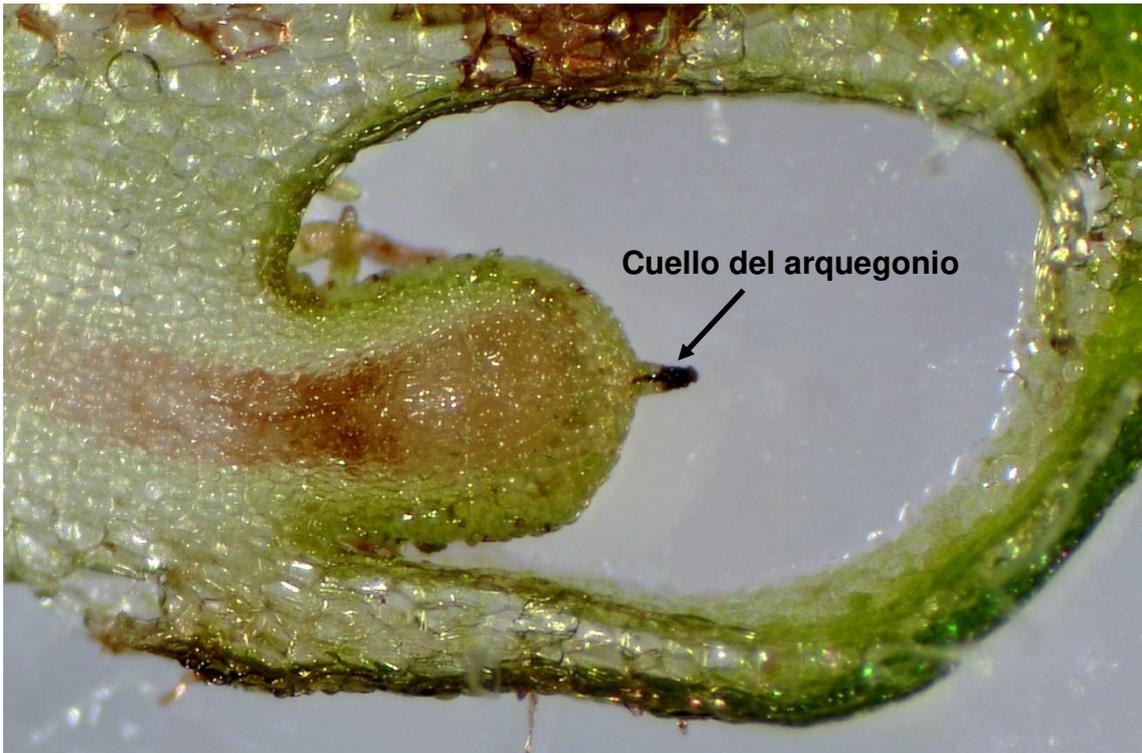
Los anteridios (gametangios masculinos) se disponen en cavidades empotradas en la cara dorsal del talo. En el recuadro, sección del talo a nivel de un anteridio, al microscopio óptico.



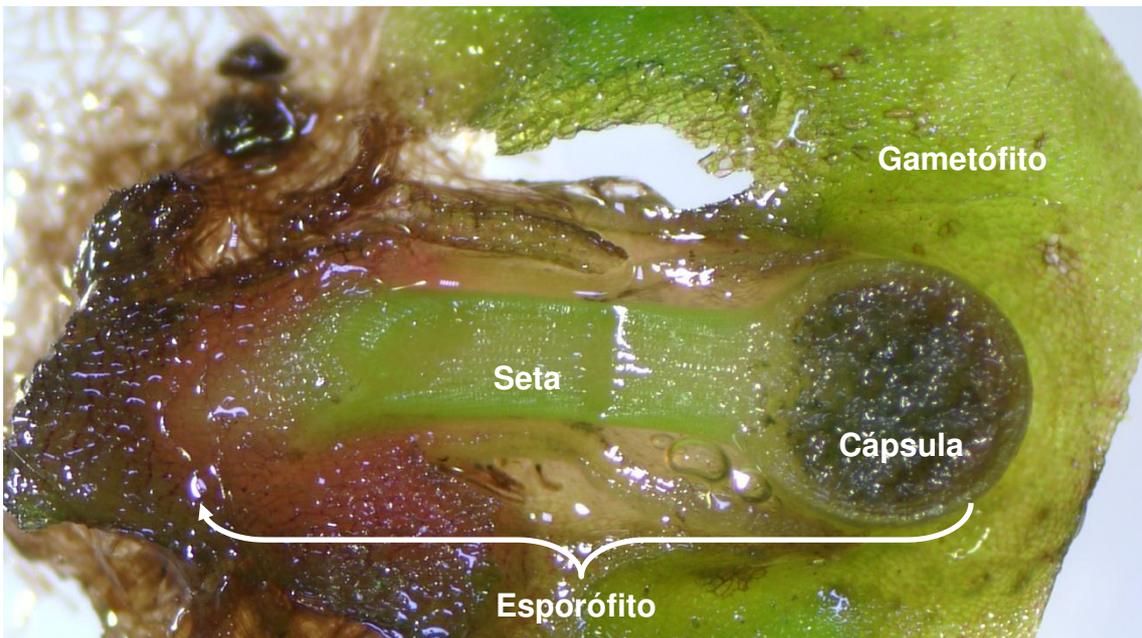
Los arquegonios (gametangios femeninos) se forman protegidos por una envuelta.



Una vez fecundada la ovocélula del arquegonio, el esporófito comienza a desarrollarse dentro del arquegonio.



El esporófito en desarrollo dilata el arquegonio.



Sección del talo con el esporófito en desarrollo, con la seta (eje) y la cápsula (esporangio) diferenciadas. El esporófito permanece unido al gametófito.



Los esporófitos comienzan a desarrollarse protegidos por una envuelta (involucro).



Esporófito emergiendo sobre el gametófito.



Esporófito mas desarrollado.

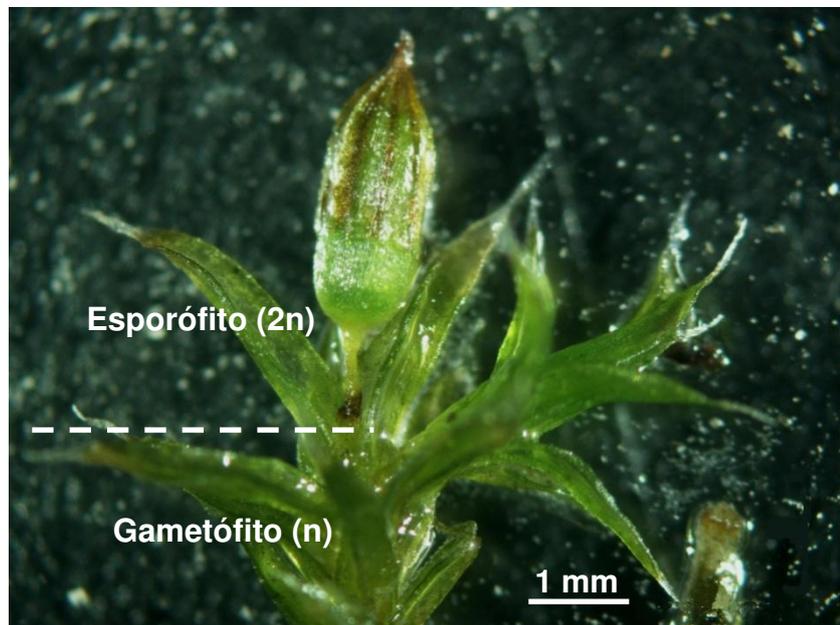


La cápsula se abre y libera esporas y eláteres (células con engrosamientos en espiral que ayudan a dispersar las esporas). En el recuadro esporas y eláteres al microscopio óptico.

3.3 *Orthotrichum* (Bryophyta): un musgo sencillo



Creciendo en el tronco de un chopo (Universidad Complutense, Febrero 2010)



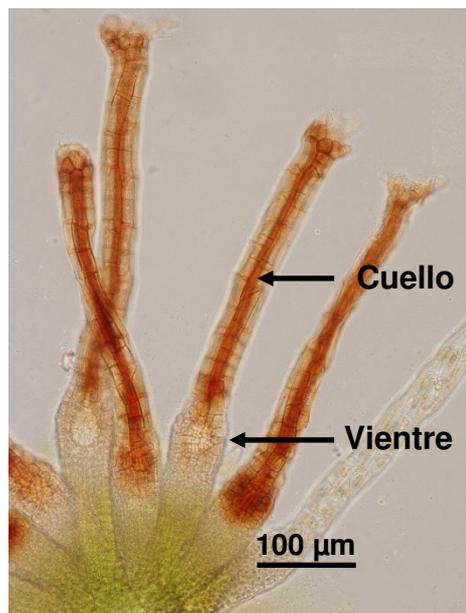
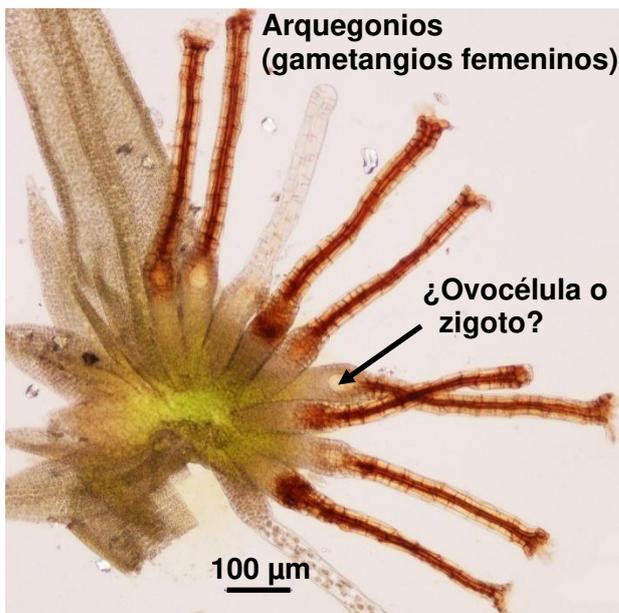
Un individuo visto a la lupa binocular. Imágenes: José Pizarro.



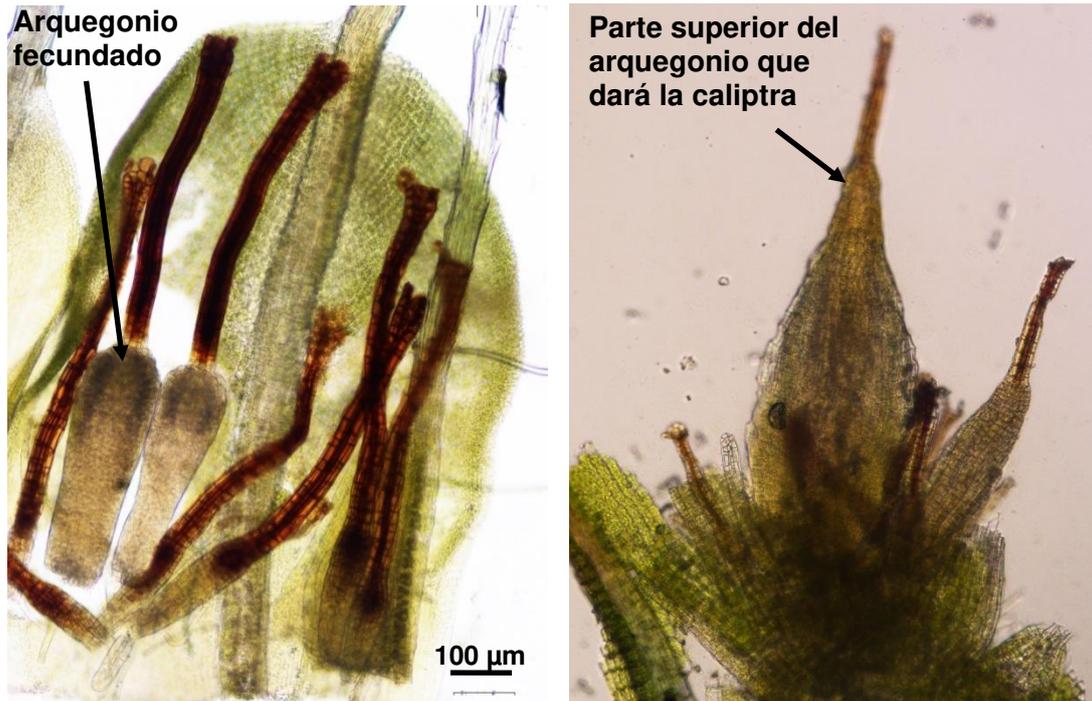
En el ápice del gametófito se forman los gametangios femeninos y masculinos.



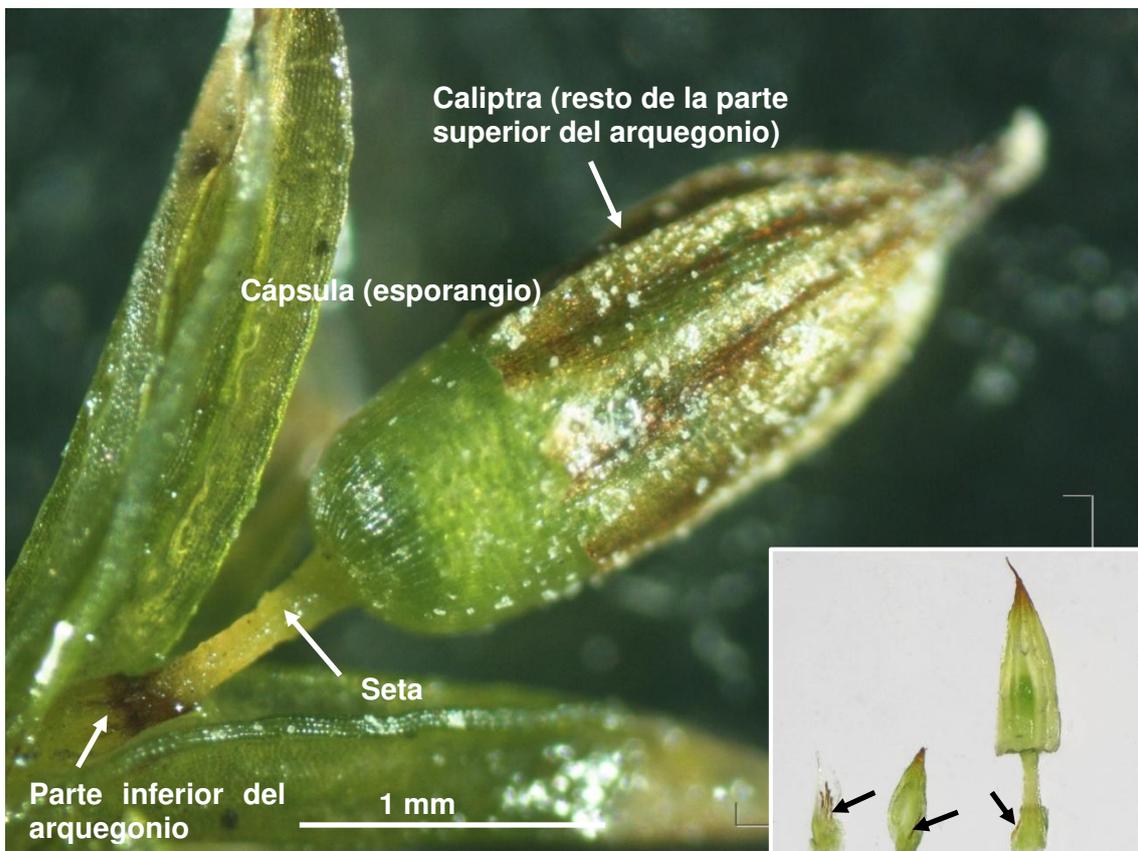
Conjunto de anteridios (separados del gametófito).



Conjunto de arquegonios (separados del gametófito).



Tras la fecundación de la ovocélula, se forma el cigoto que empieza a dividirse dando un embrión (esporófito) que crece dentro del arquegonio, alargándolo hasta que al final se rompe.



Esporófito desarrollado. Consta de cápsula (esporangio), seta y pie (dentro de la parte inferior del arquegonio). Imagen: José Pizarro. En el recuadro distintas fases de desarrollo del esporófito. Se observan arquegonios no fecundados.



En otros musgos, los anteridios y los arquegonios están sobre el mismo gametófito.

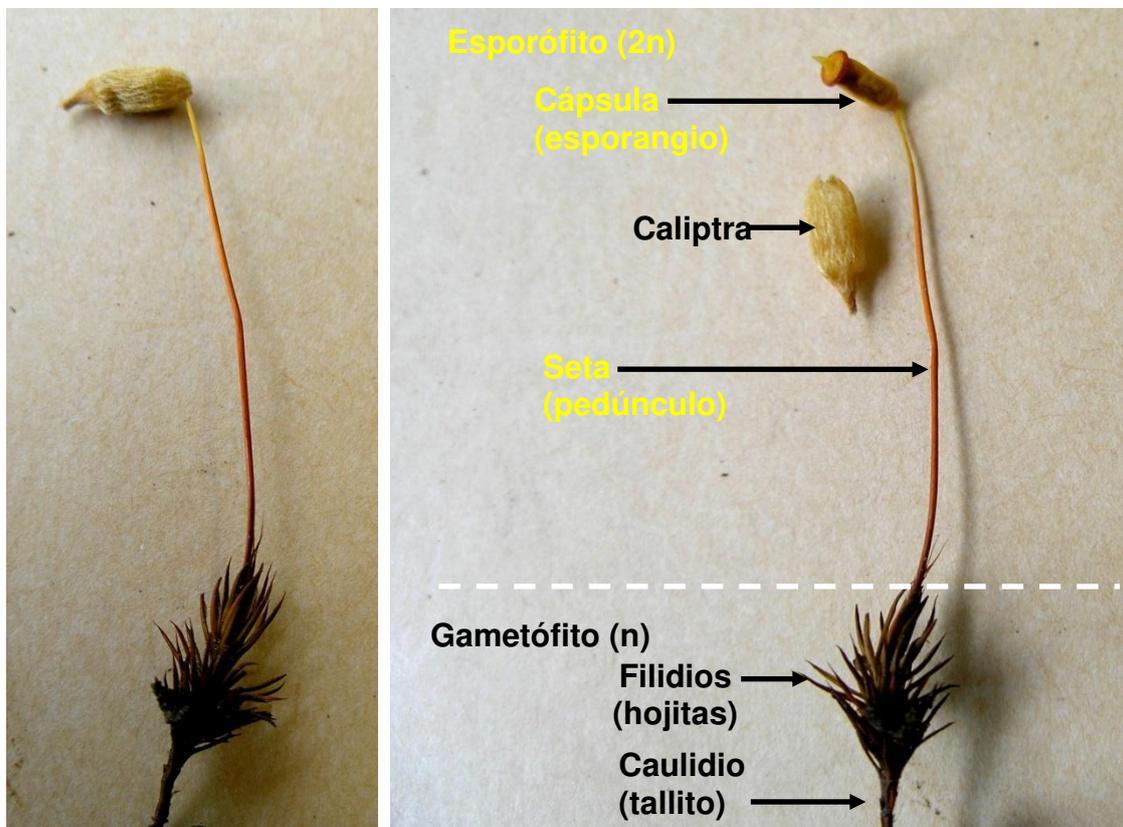


Anteridio liberando espermatozoides.

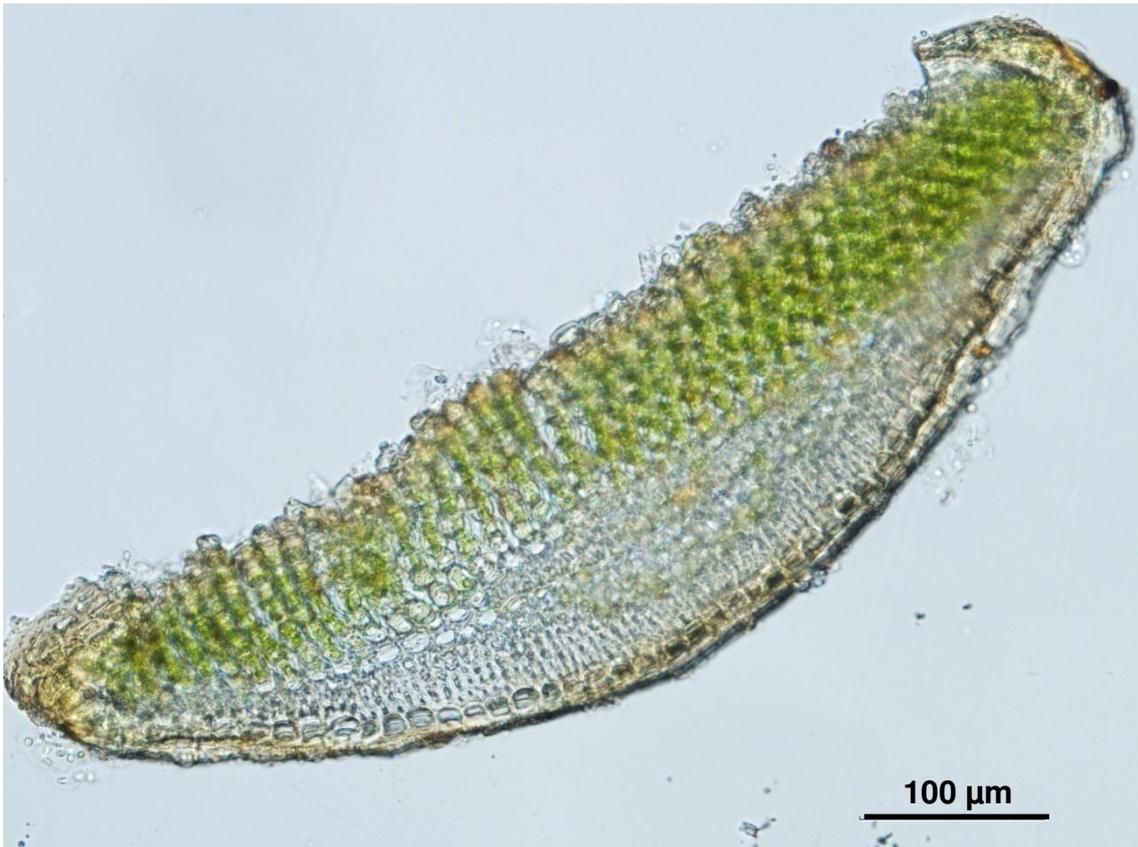
3.4 *Polytrichum* (Bryophyta): un musgo común bastante complejo



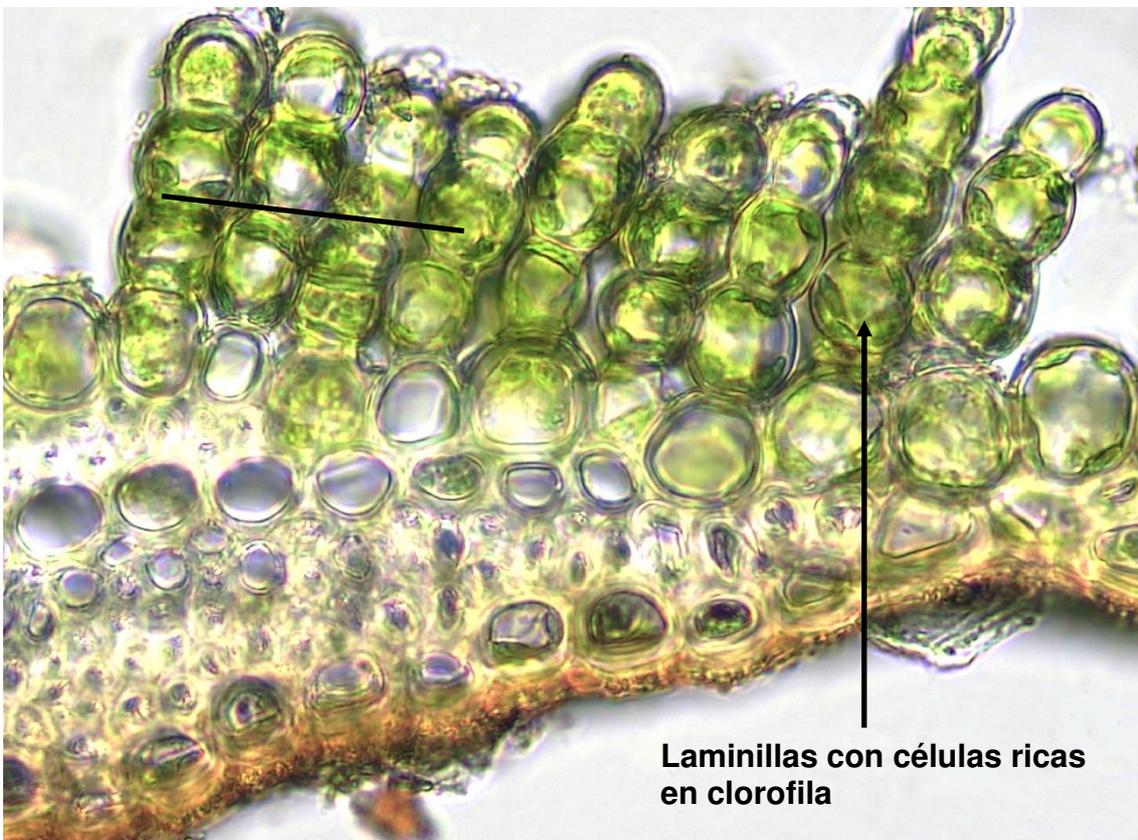
Polytrichum sp. en la Sierra Norte de Madrid (13.06.2012).



Un individuo en el laboratorio. En la imagen de la derecha, la caliptra (que en origen es parte del gametófito) se ha desprendido.



Sección transversal de un filidio, con células diferenciadas.



Detalle de la sección del filidio.

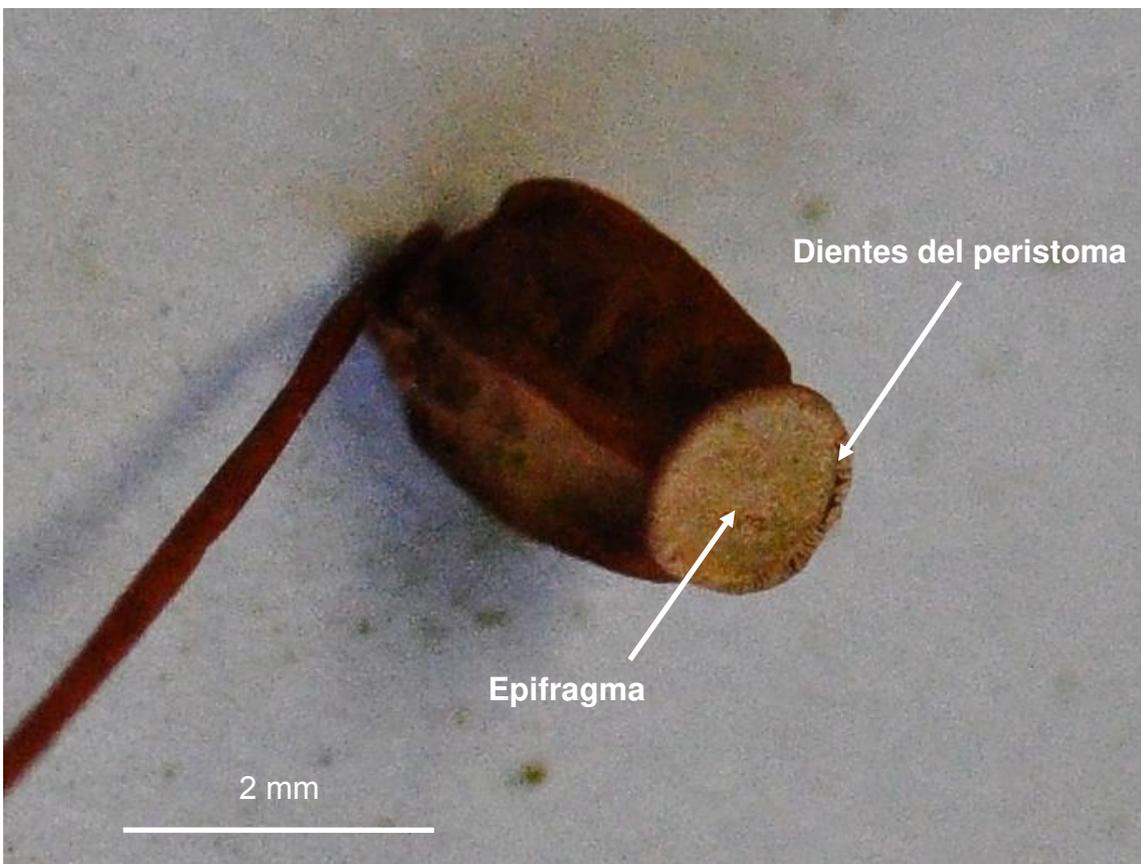


Cabezuela con anteridios (gametangios masculinos), después de rehidratar la planta en el laboratorio.

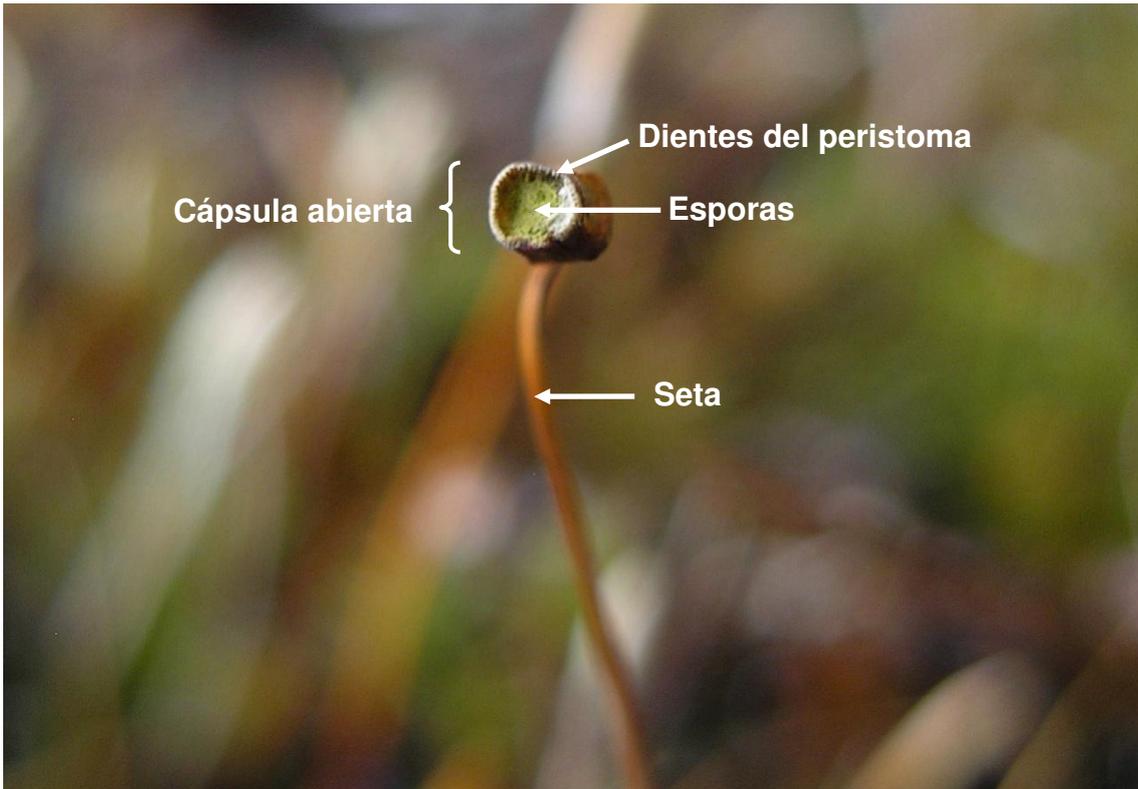




Detalle de las caliptras que recubren los esporófitos.

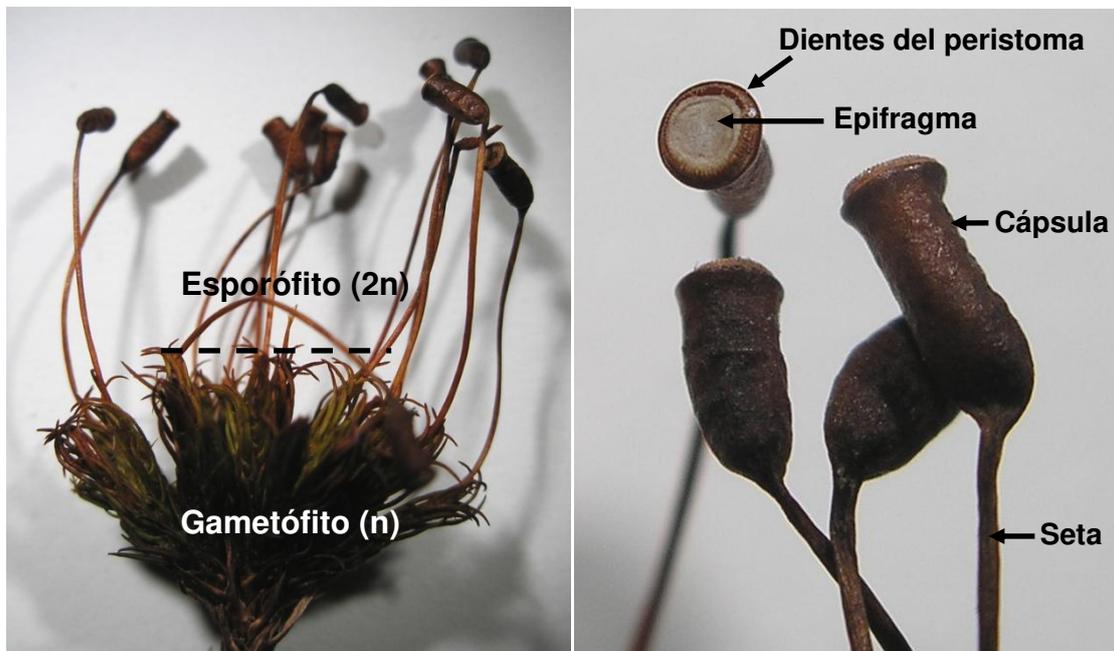


Detalle de la cápsula sin caliptra pero todavía con el epifragma (membrana que cierra el peristoma).

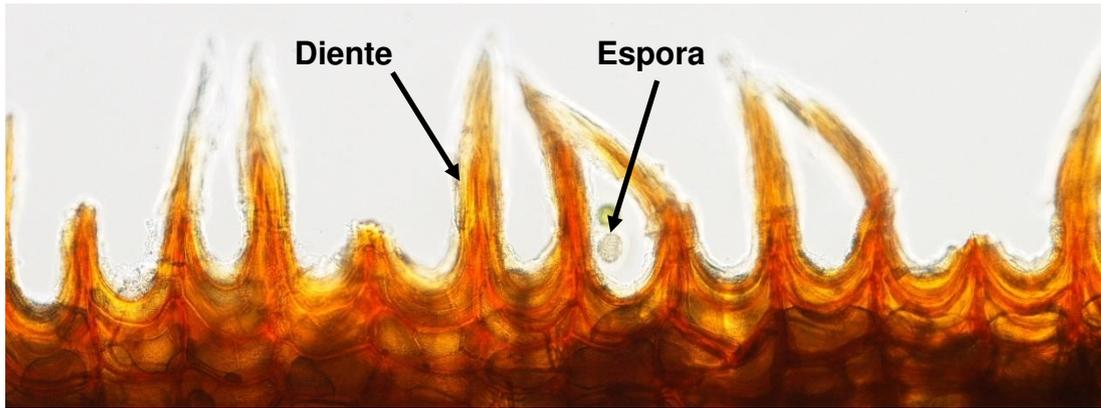


Cápsula sin caliptra y sin epifragma.

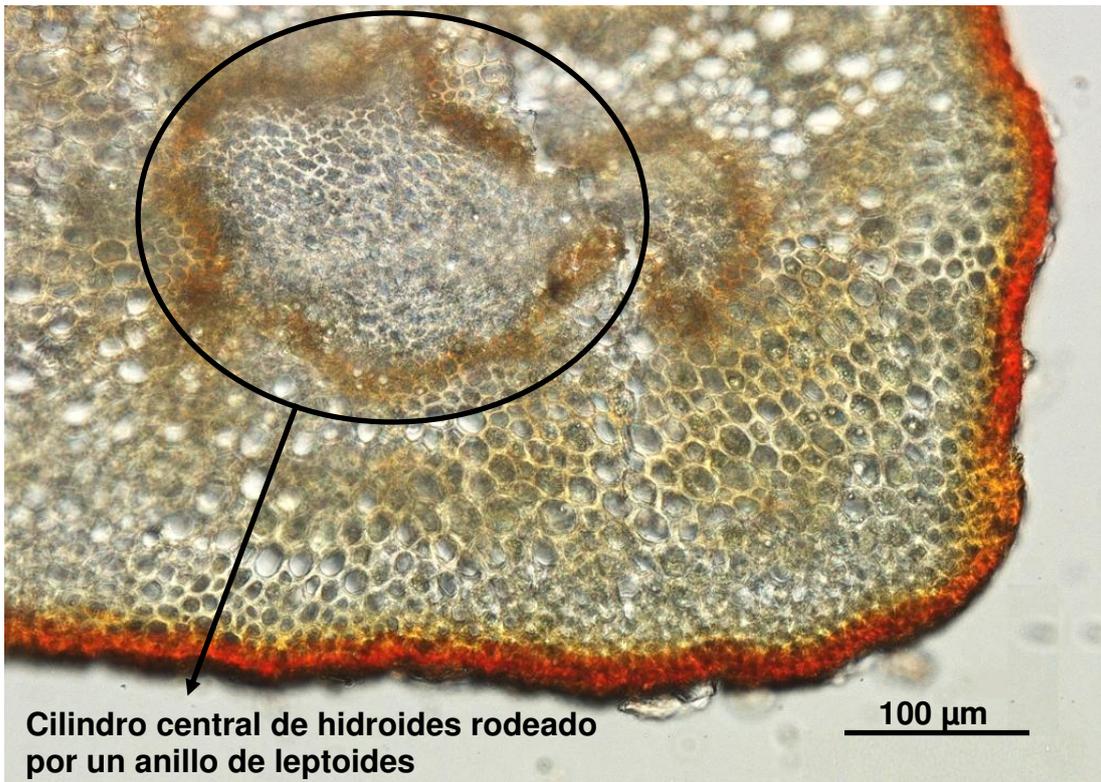
3.5 *Dendroligotrichum* (Bryophyta): un musgo del Hemisferio Sur



Dendroligotrichum sp. Material recogido por María Arróniz.



Detalle de los dientes del peristoma al microscopio óptico.



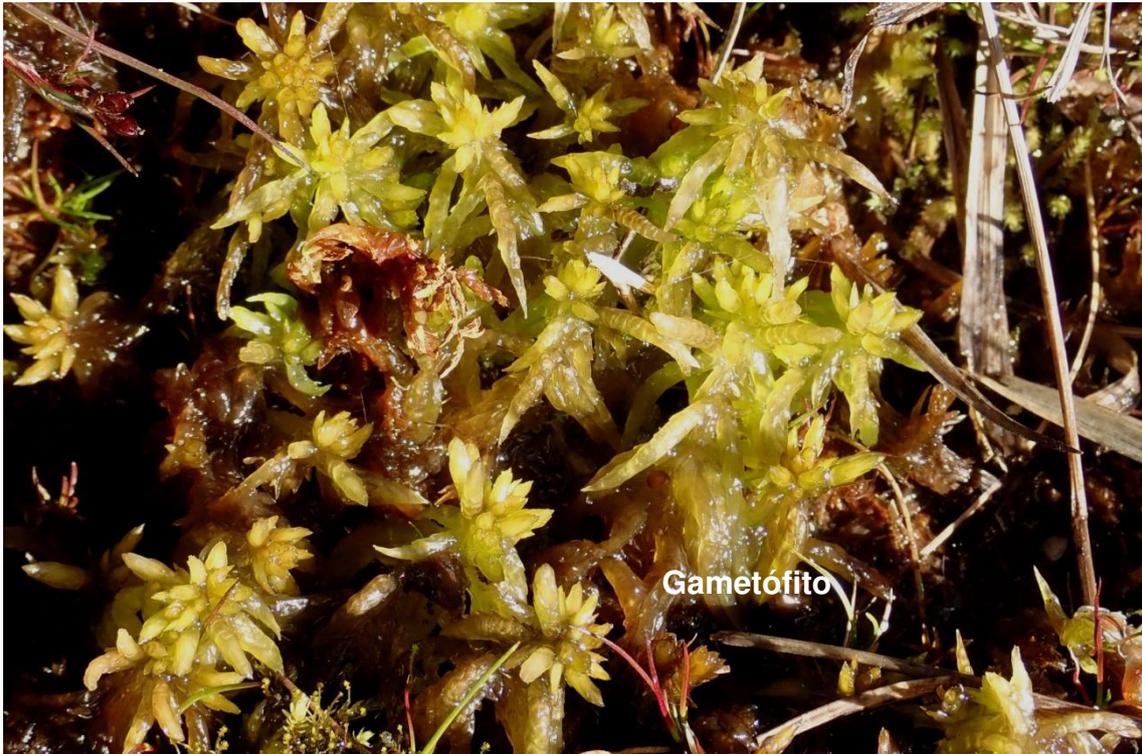
Cilindro central de hidroides rodeado por un anillo de leptoides

Sección transversal del caudex mostrando diferentes capas.

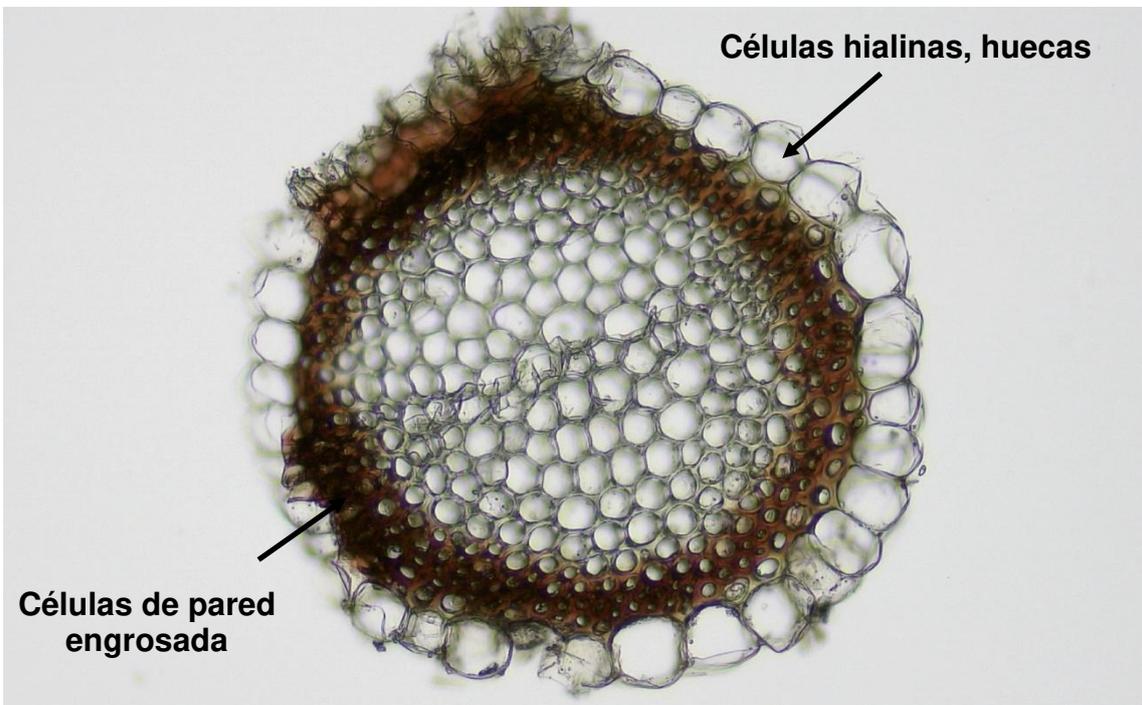


Sección transversal de un filidio.

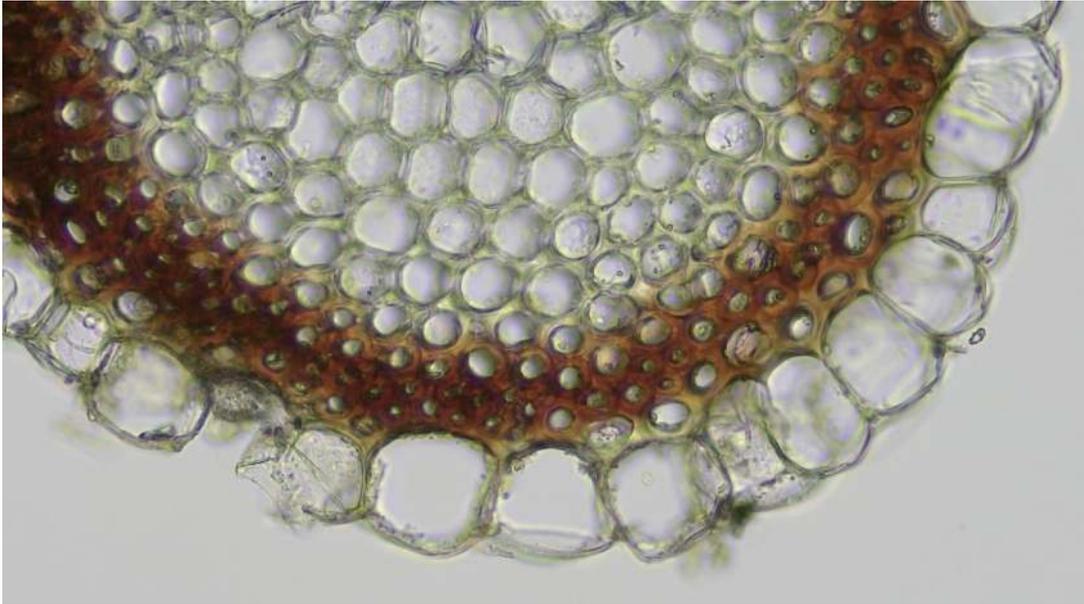
3.6 *Sphagnum* (Bryophyta): un musgo con adaptaciones especiales



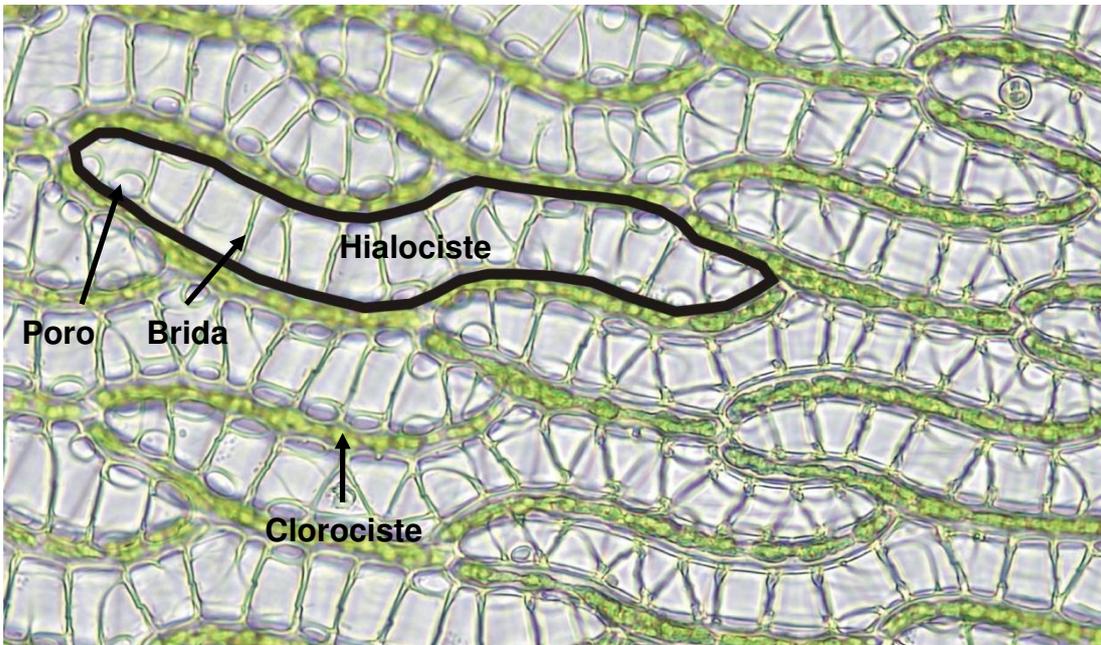
Crece en medios pobres en nutrientes, ácidos y saturados de agua. La morfología externa del gametófito (la fase duradera) es muy diferente de la del resto de los musgos. Presenta numerosos y diminutos filidios fuertemente imbricados sobre ramas agrupadas en fascículos.



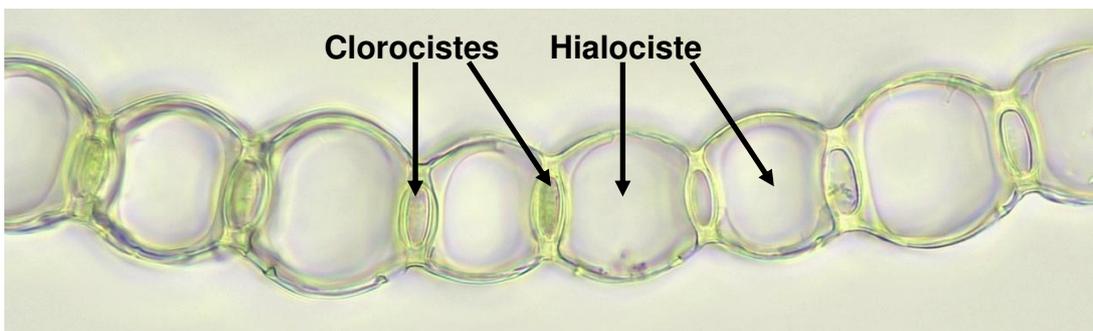
Sección del caulidio al microscopio óptico. Compare con la sección de *Polytrichum*.



Detalle de la imagen anterior.



Los filidios tienen células alargadas fotosintéticas (clorocistes) y células hialinas muertas (hialocistes), con poros que retienen agua y bridas que impiden el colapso.

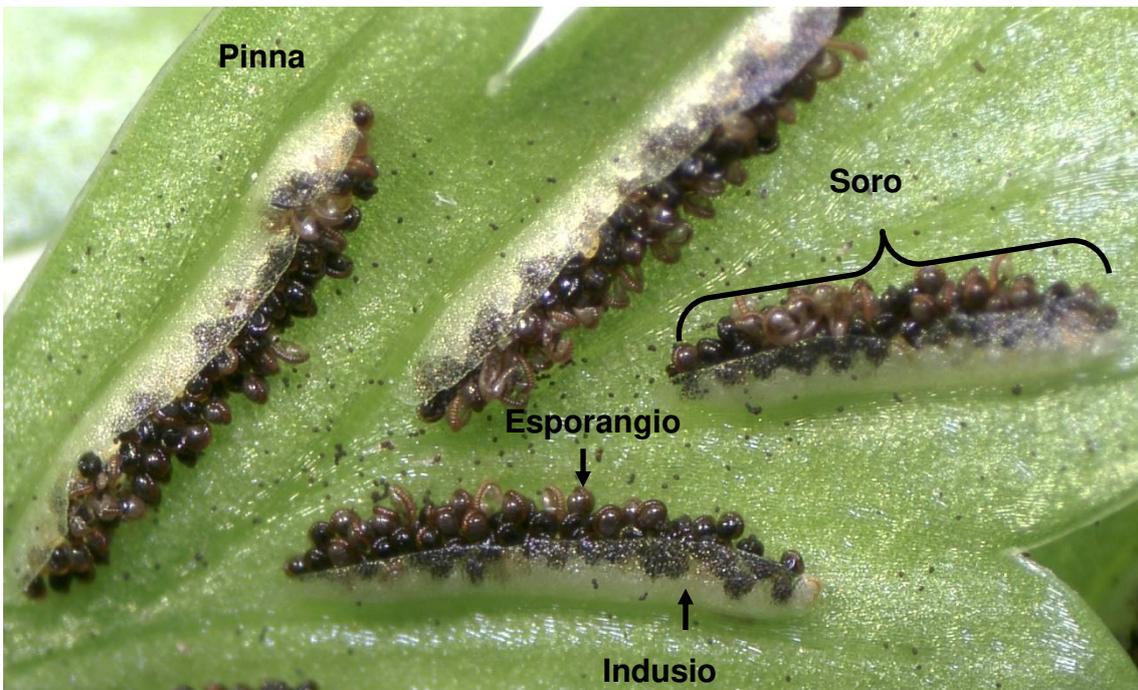


Sección transversal de un filidio. Tiene una sola capa de espesor y las células clorofílicas (clorocistes) alternan con las células hialinas (hialocistes).

4.1 *Asplenium trichomanes* (Pteridophyta): ciclo de vida de un helecho homósporo (con un solo tipo de esporas)



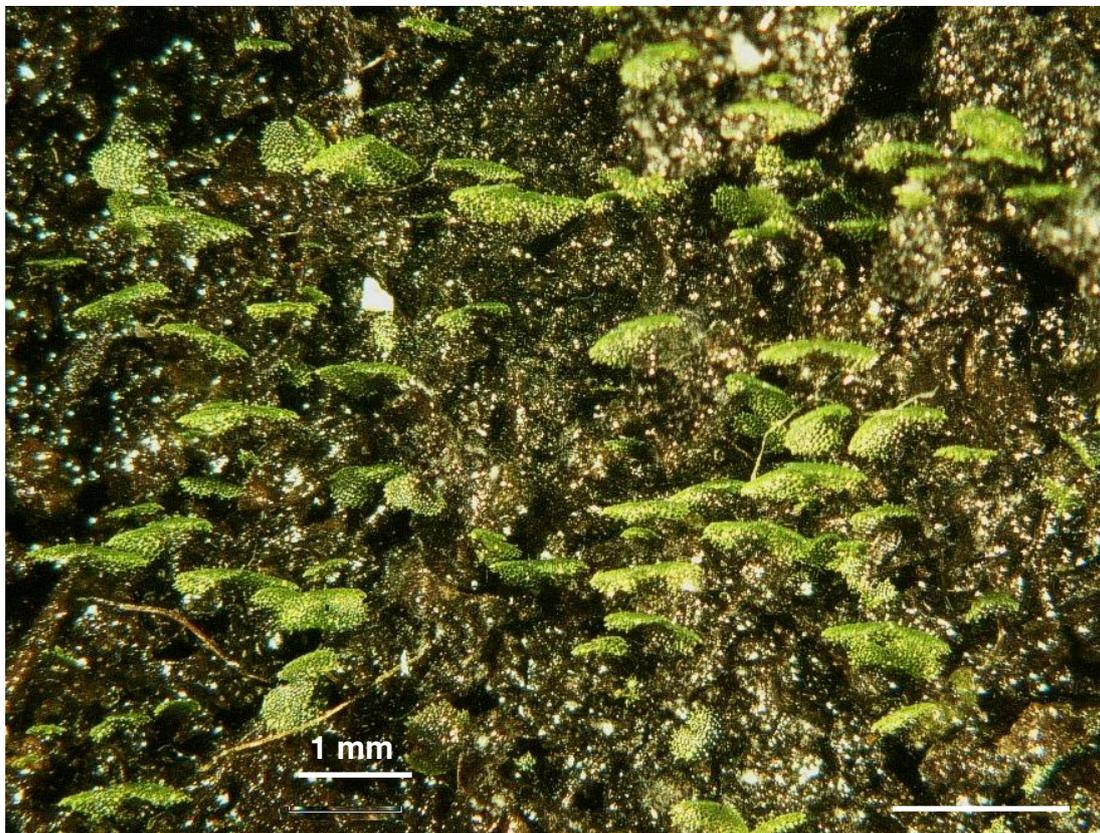
Esporófito de *Asplenium trichomanes*. En los helechos la fase duradera y más desarrollada es el esporófito.



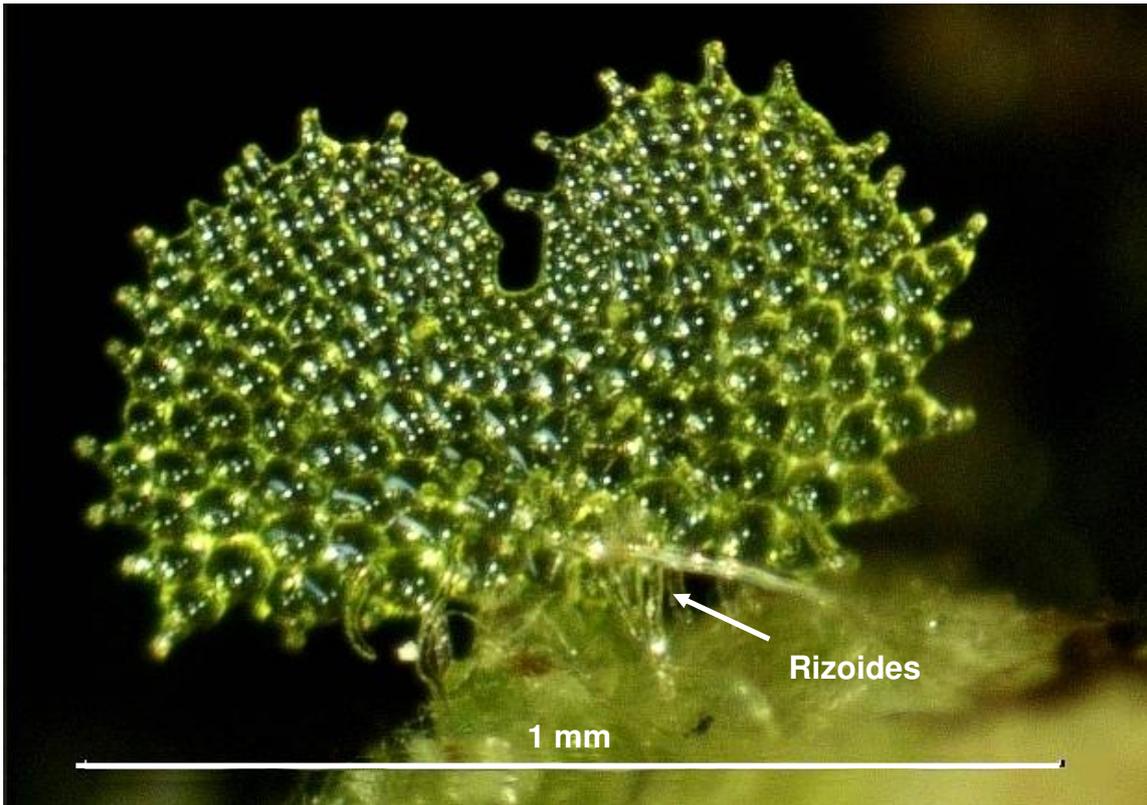
En *Asplenium* los esporangios se encuentran en el envés de las pinnas y se agrupan en soros, protegidos por un indusio lineal, inserto lateralmente.



Los esporangios se abren gracias a un anillo de células engrosadas que al extenderse rompe la fina pared del esporangio y las esporas se dispersan.



Una siembra densa de esporas produce muchos gametófitos.



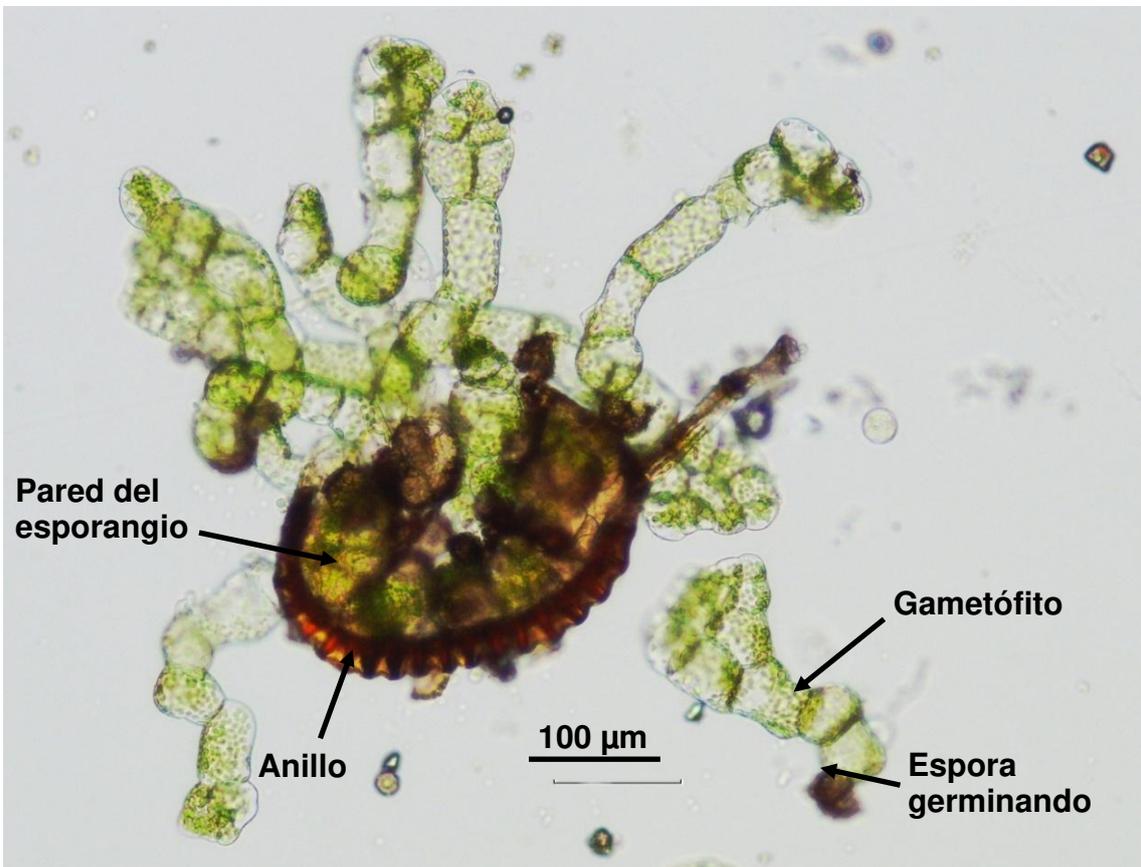
Detalle de un gametófito joven. Imagen a la lupa binocular. Imagen José Pizarro.



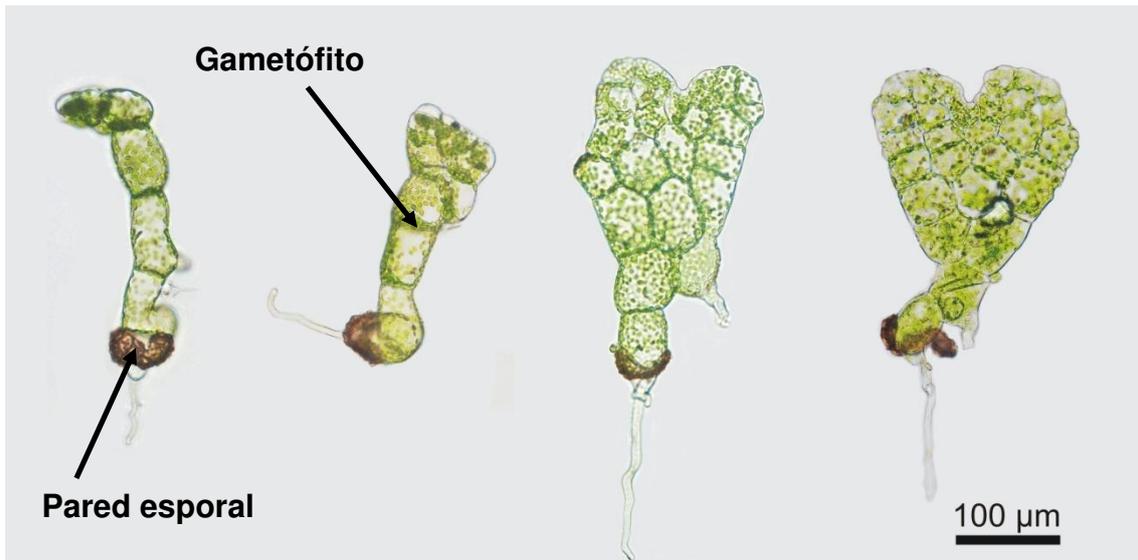
Cuando se produce la fecundación se forman esporófitos. Al principio quedan unidos a los gametófitos.



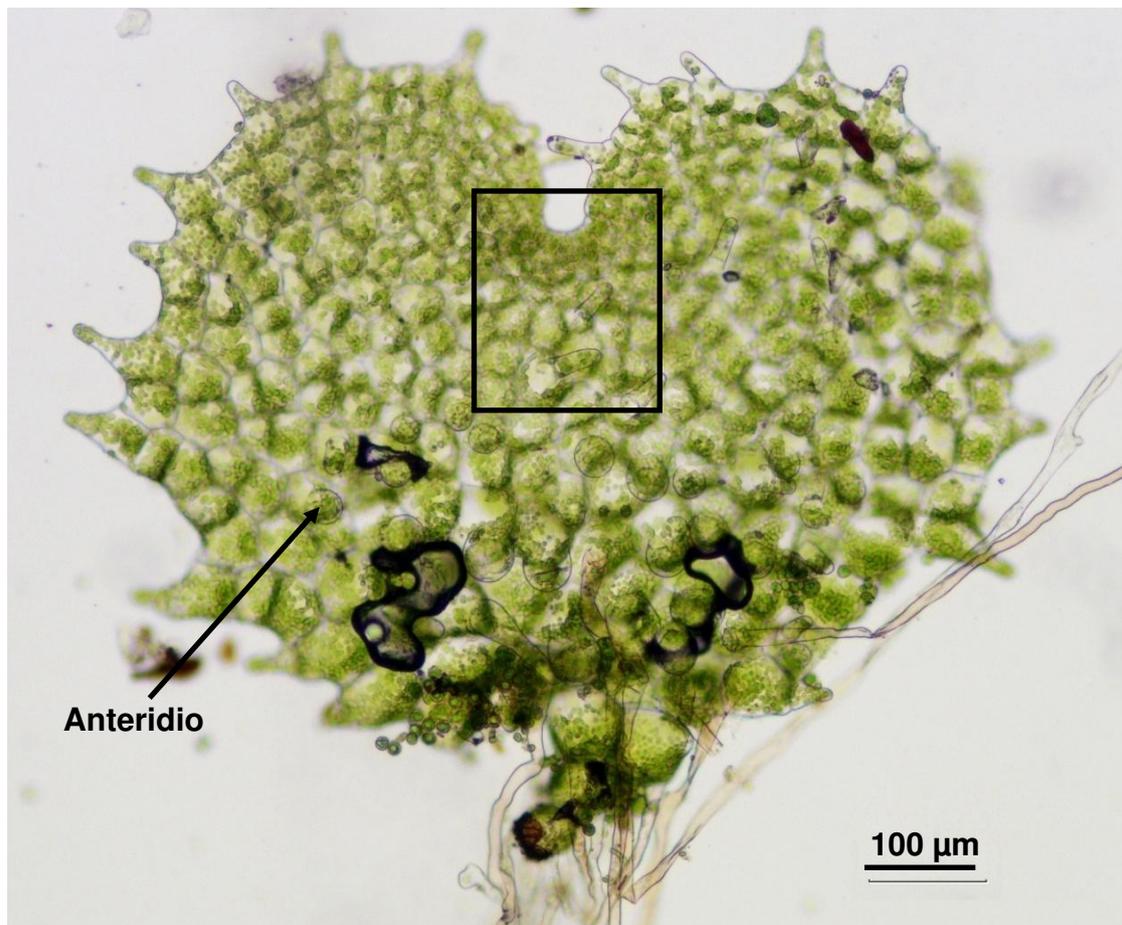
Los esporófitos forman raíces y viven independientes.



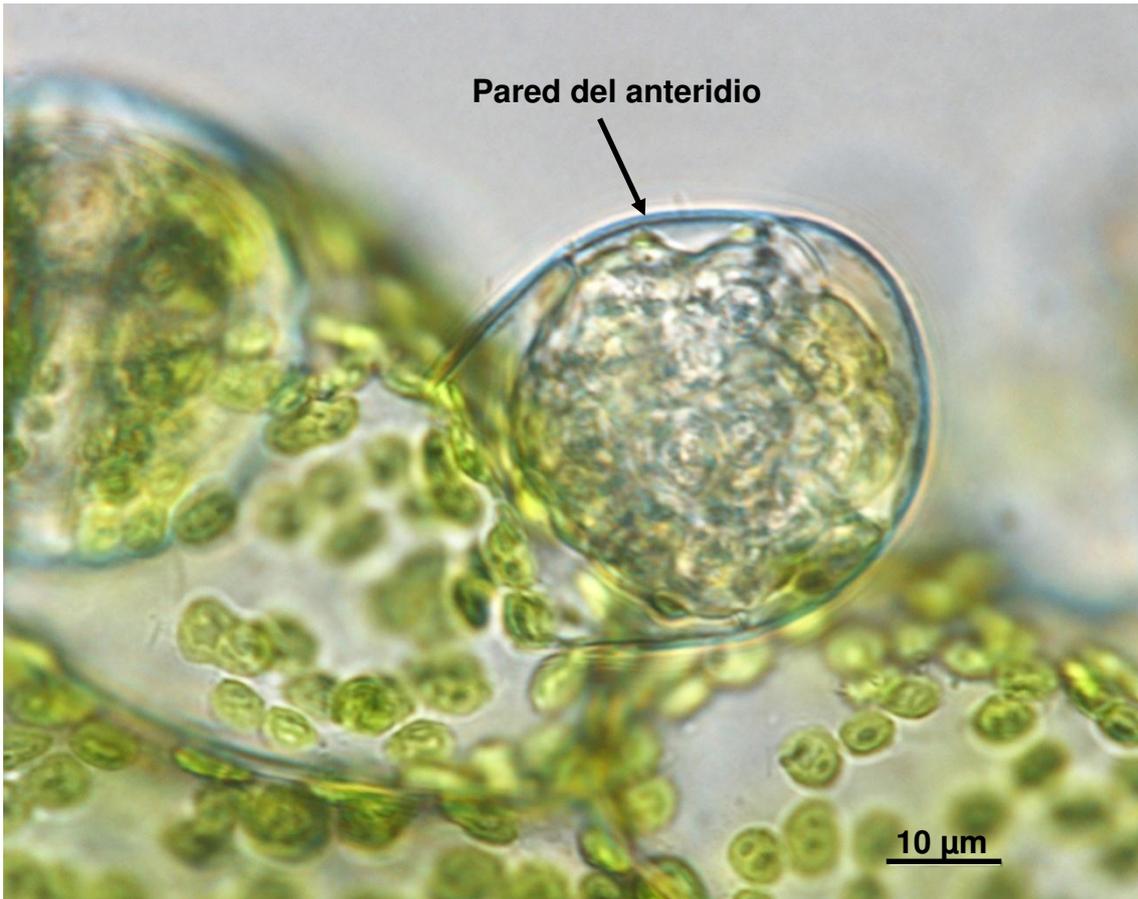
El proceso de desarrollo en detalle: un esporangio liberando esporas que comienzan a germinar dando el gametófito. Imagen al microscopio óptico.



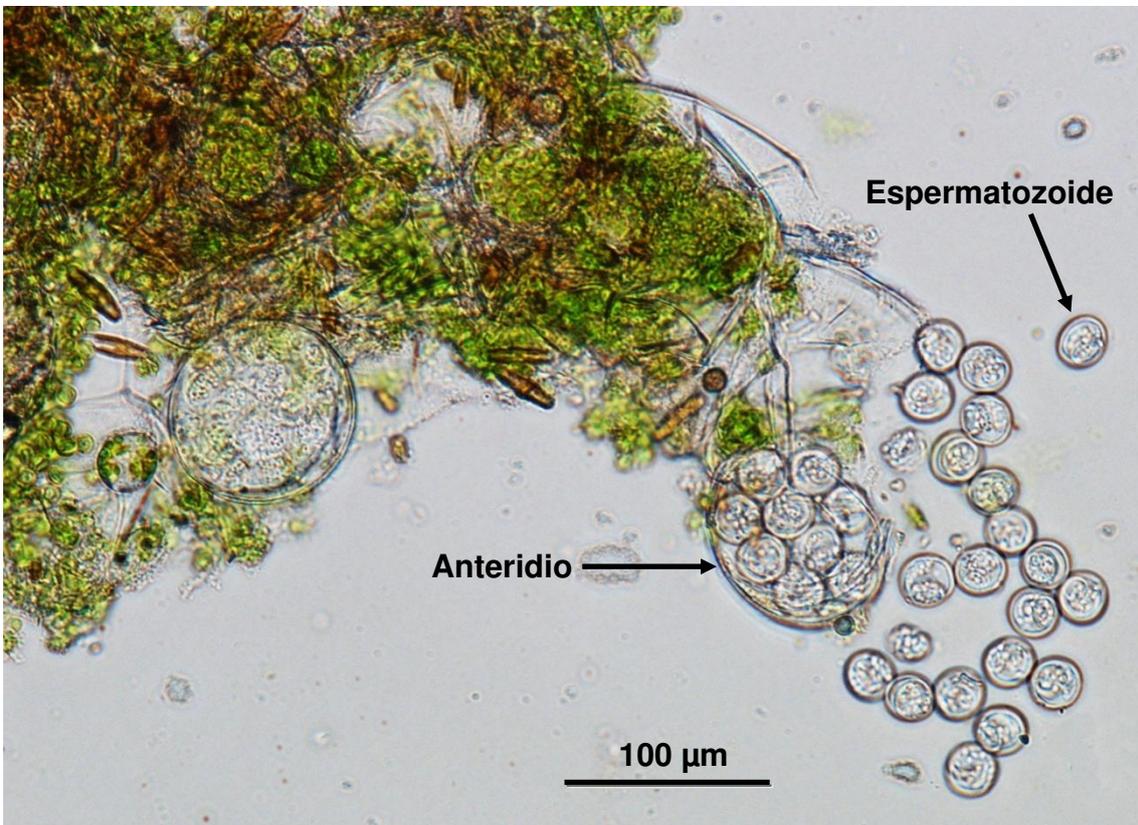
Primeras fases del crecimiento del gametófito. Hay un solo tipo de esporas y el gametófito se desarrolla de forma exospórica, es decir, fuera de la pared esporal.



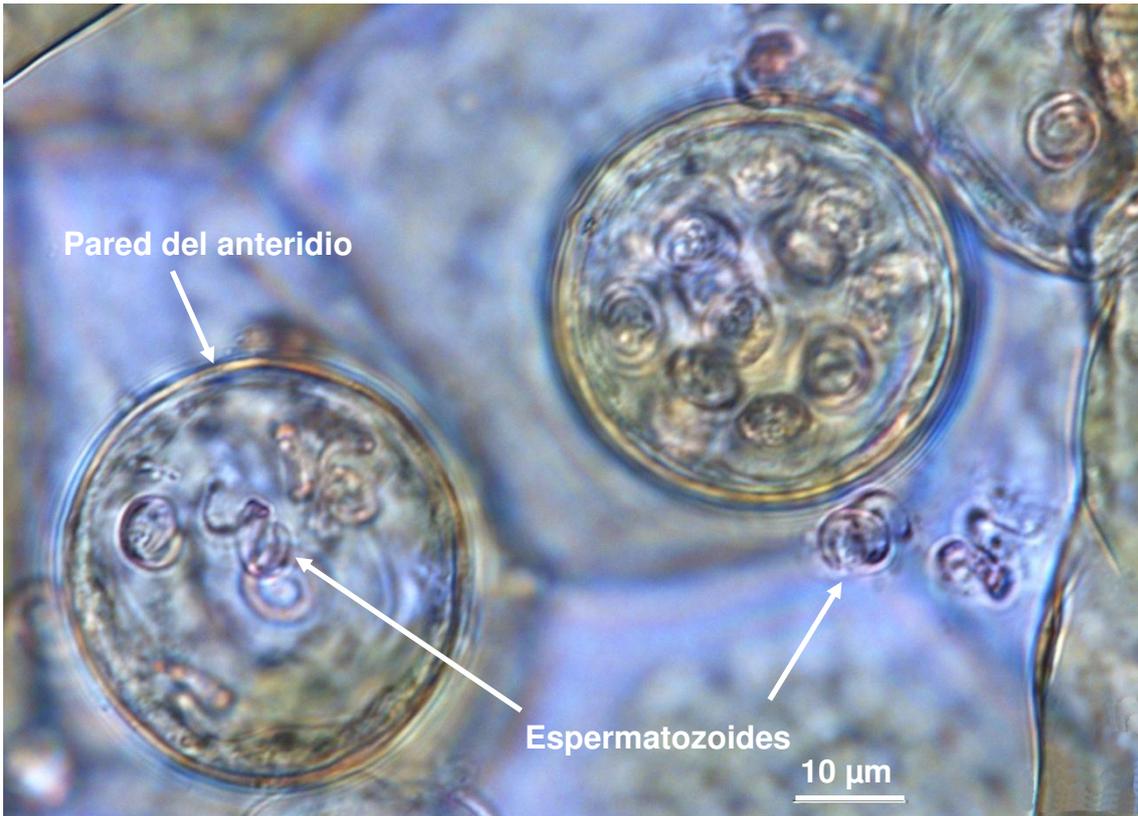
Cuando el gametófito alcanza cierto tamaño se diferencian los anteridios (gametangios masculinos). Normalmente los arquegonios (gametangios femeninos) se forman un poco después, en la zona marcada con el recuadro.



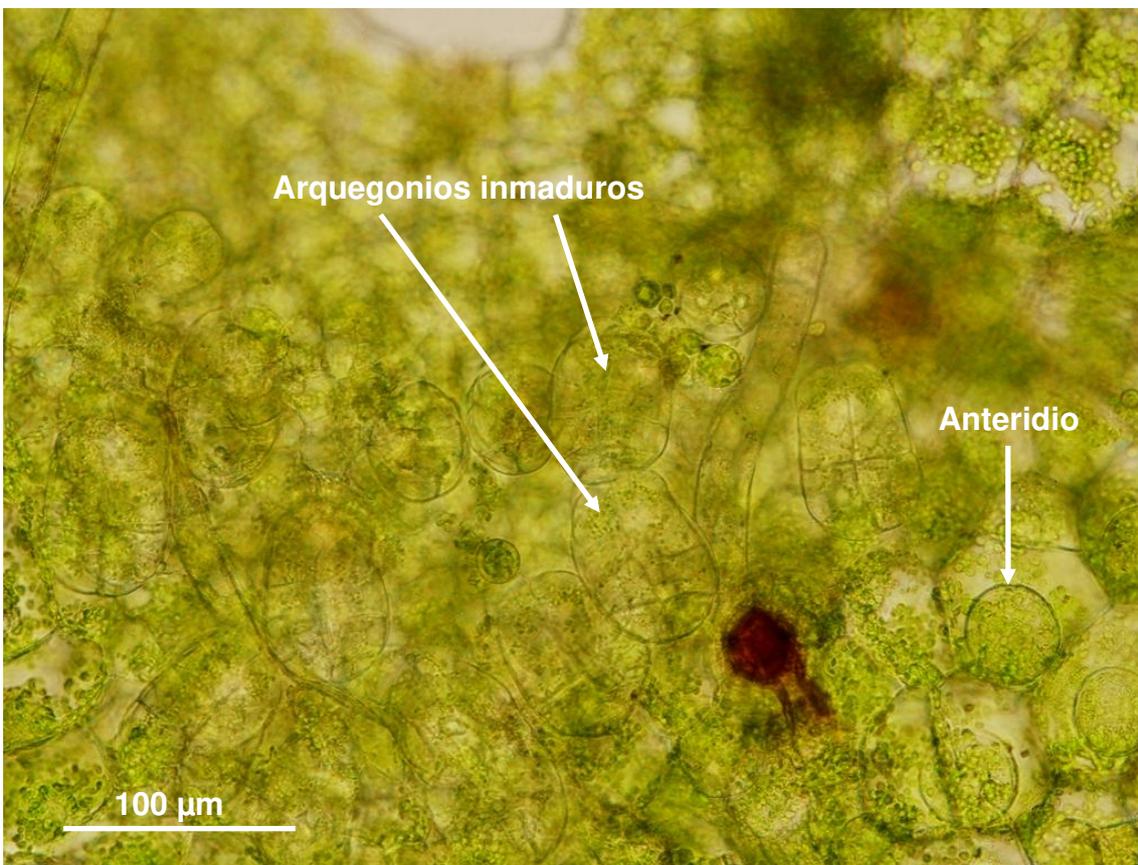
Anteridio inmaduro con los espermatozoides en el interior.



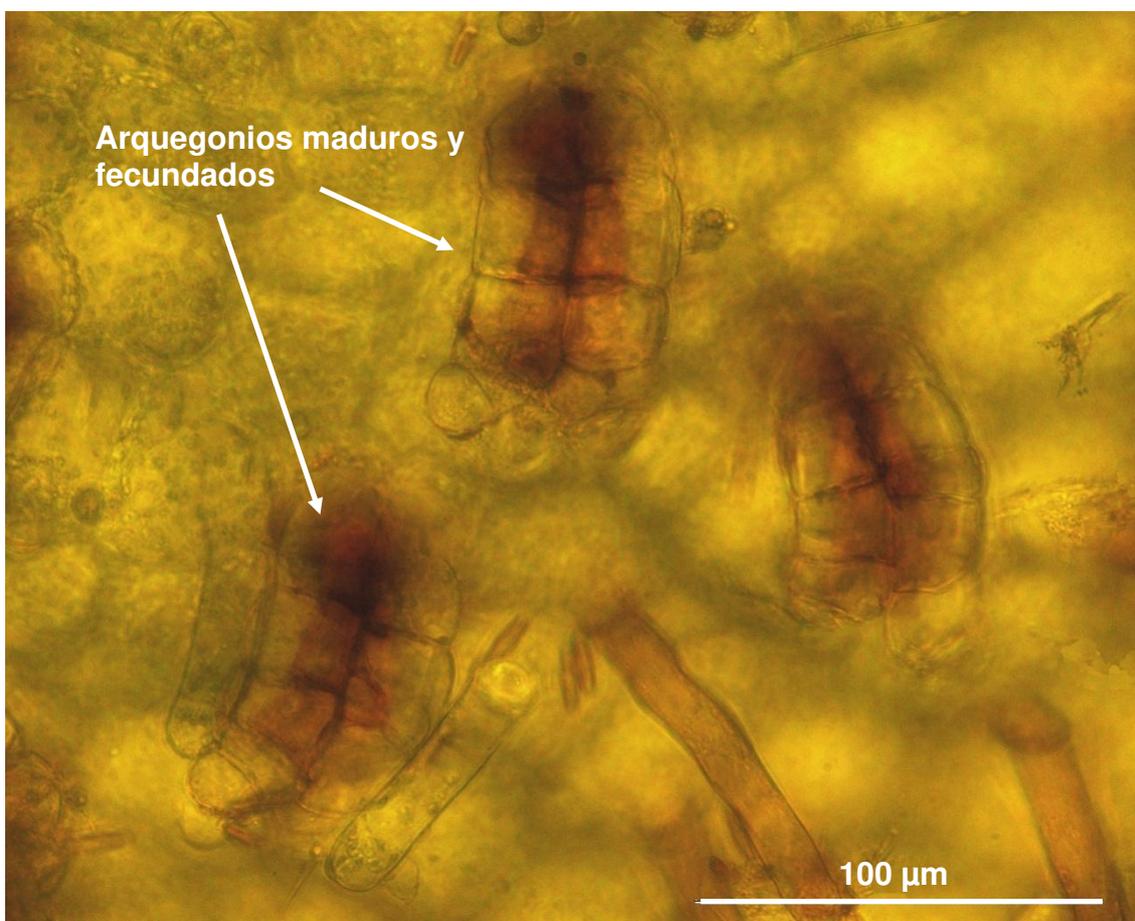
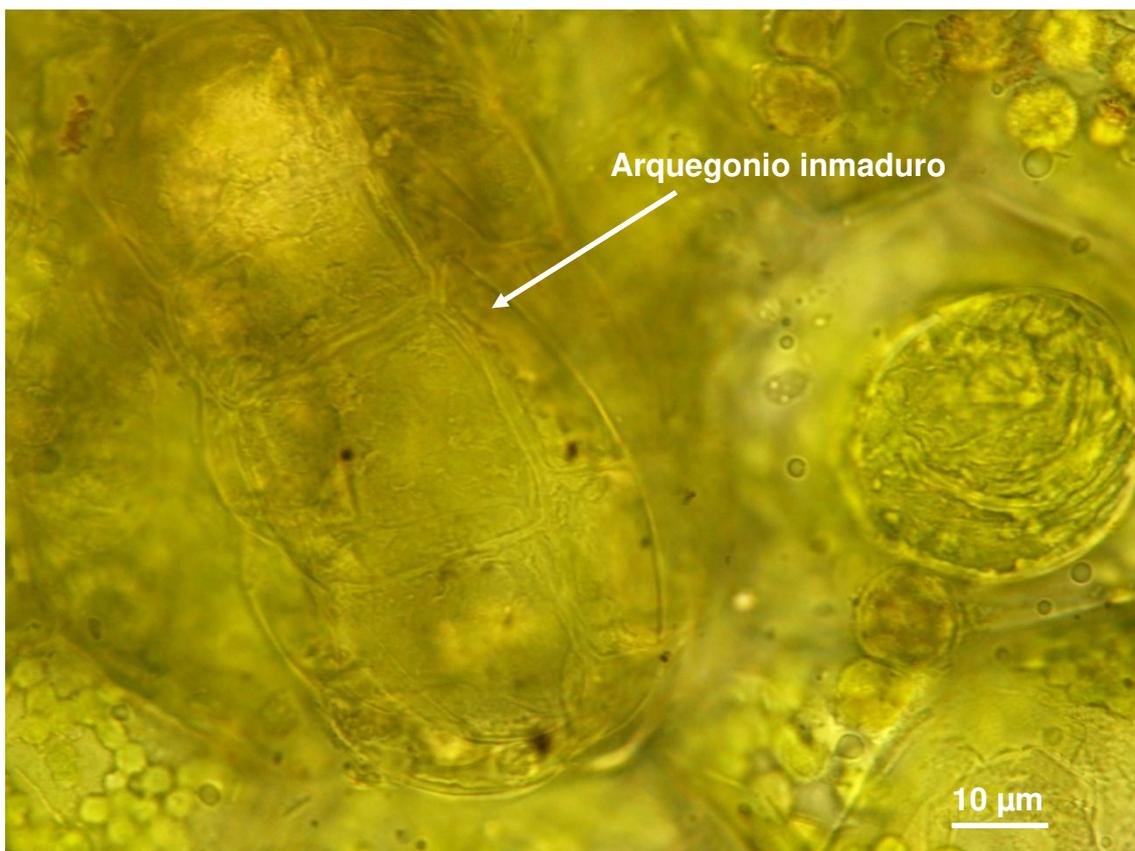
Anteridio maduro liberando espermatozoides.

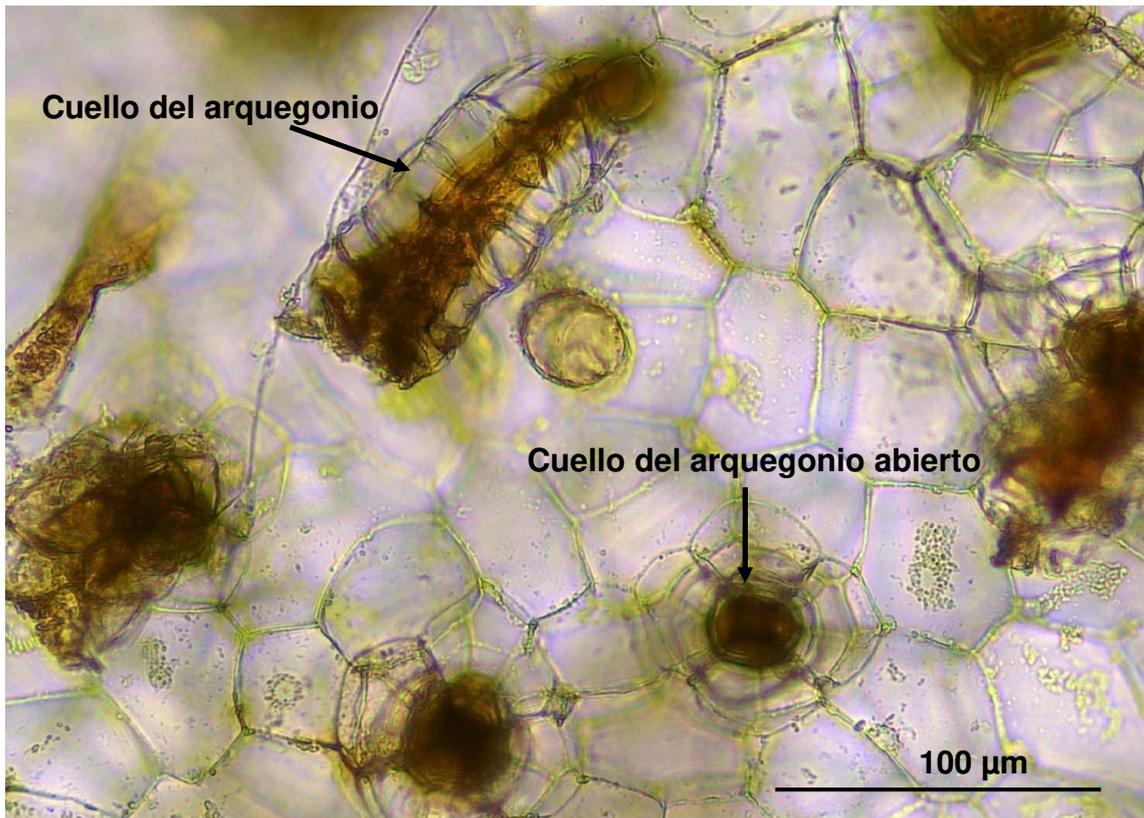


Detalle de los anteridios y de los espermatozoides (gametos masculinos).

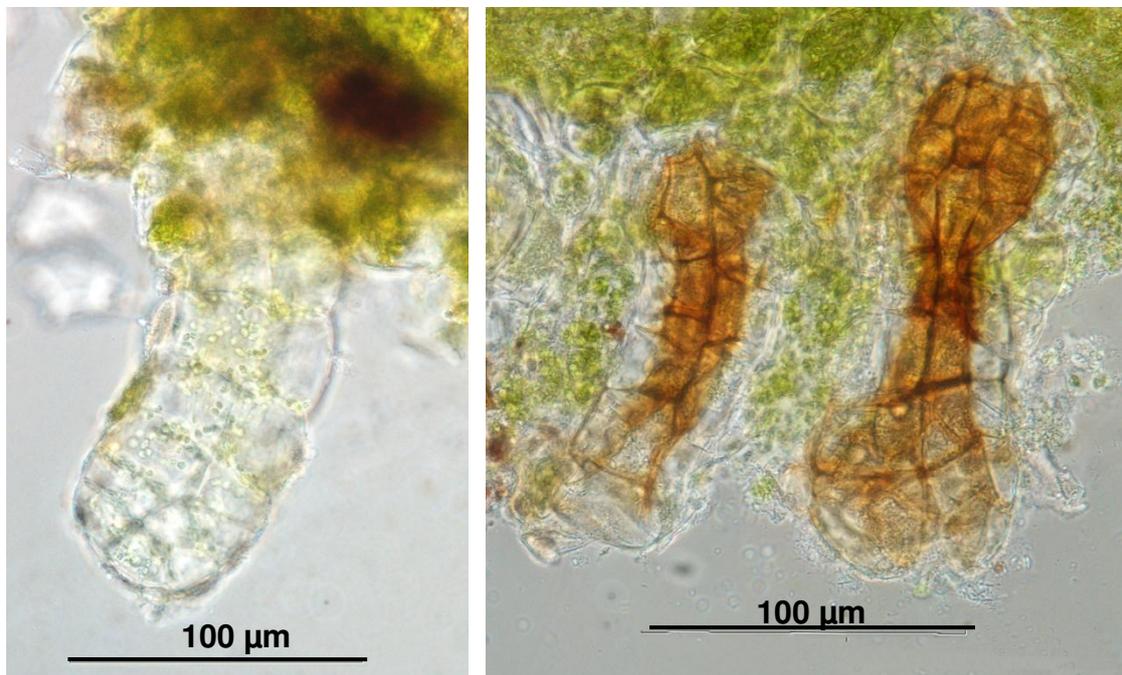


Los gametófitos de los helechos homósporos tienen anteridios y arquegonios.





Arquegonios maduros en vista lateral y de frente (observe el cuello del arquegonio abierto).



Sección transversal del gametófito mostrando un arquegonio inmaduro (izquierda) y dos maduros (derecha).

4.2 Otros helechos comunes



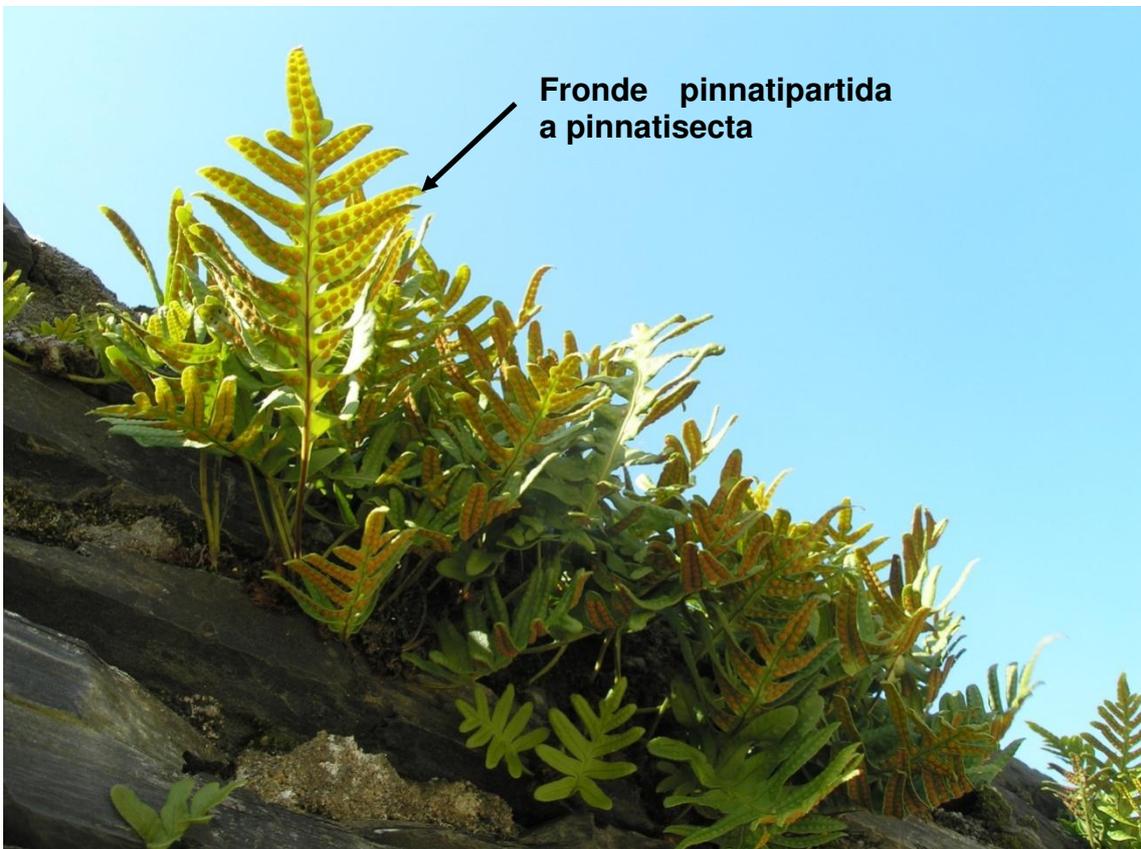
Esporófito de *Asplenium billotii*, con frondes de hasta 18 cm y láminas 2(3)-pinnadas.



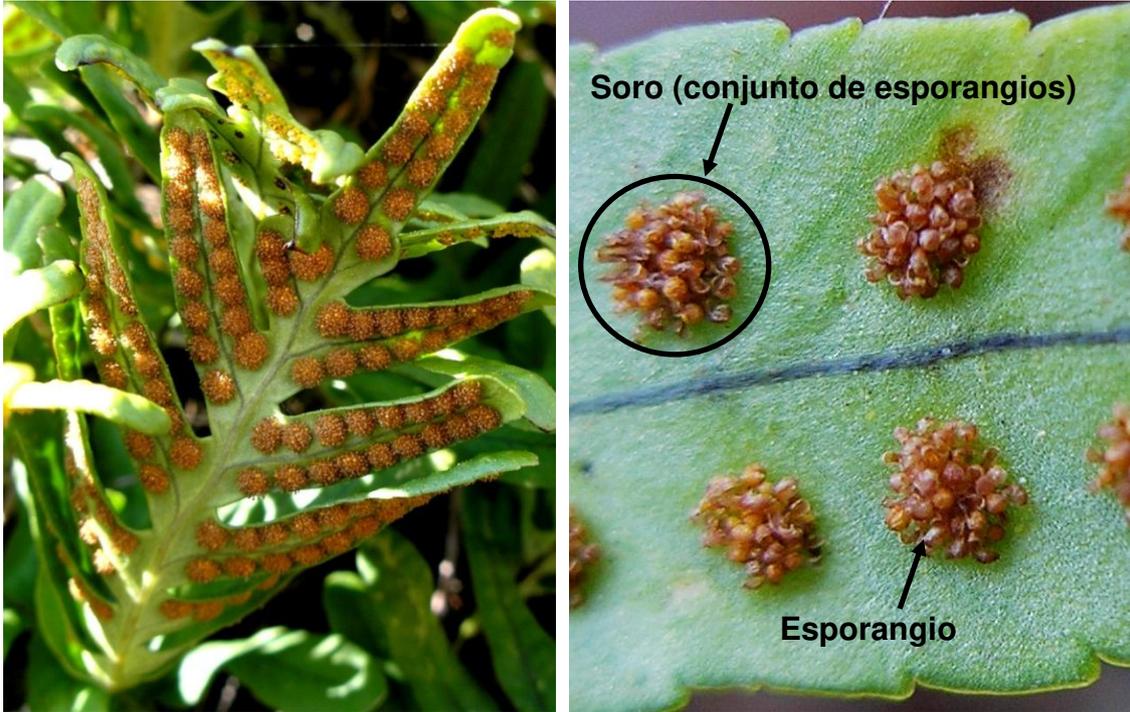
Esporófito de *Asplenium septentrionale*, con frondes de 3-15 cm y láminas bifurcadas en el ápice.



Esporófito de *Ceterach officinarum*, con frondes de lámina gruesa unipinnatipartida, glabra en el haz y con abundantes páleas en el envés.



Esporófito de *Polypodium* sp.



Polypodium sp. Fronde con esporangios agrupados en soros desnudos (sin indusio).



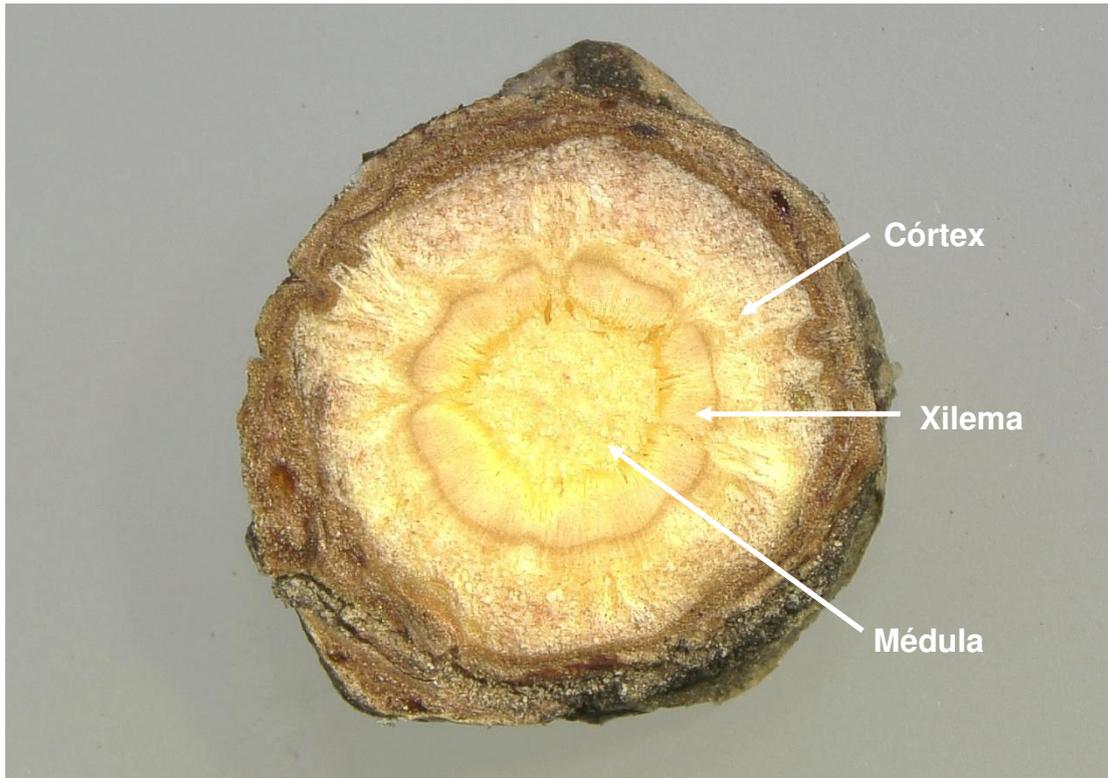
Esporófito de *Blechnum spicant*, creciendo en una grieta (uno de los hábitats preferidos por muchos helechos).

5.1. *Ginkgo biloba* (Ginkgophyta): representante de un linaje perdido

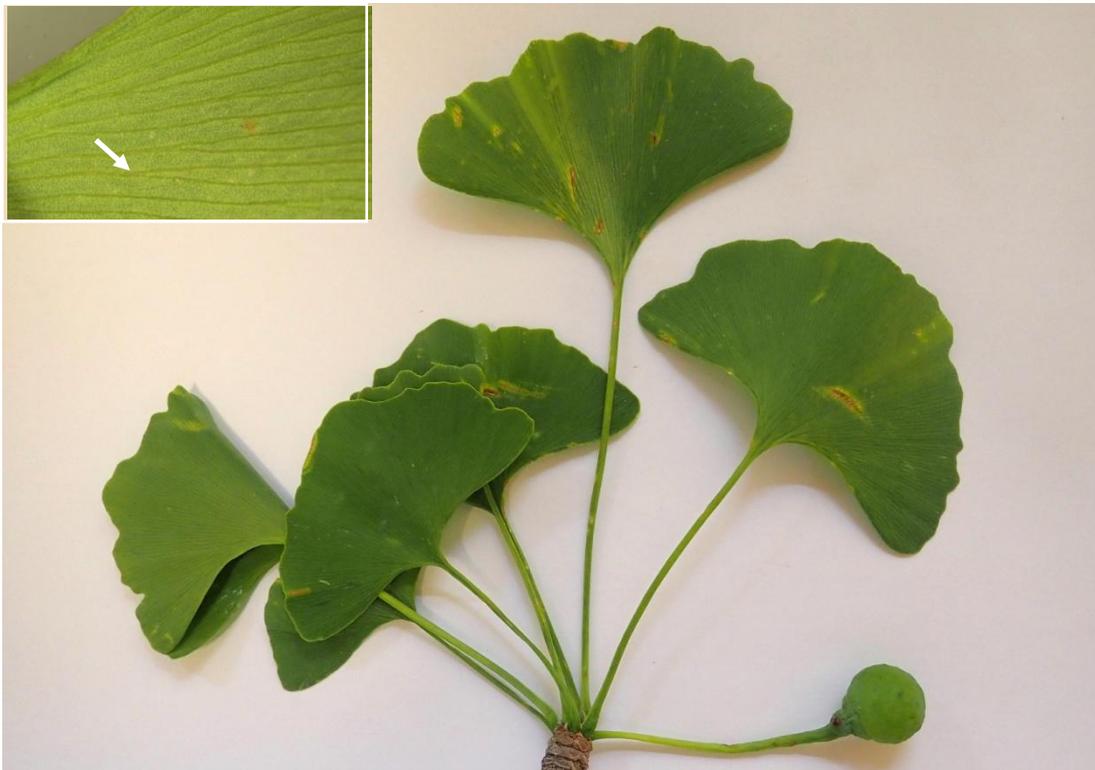
Ginkgo biloba es un árbol caducifolio. Al llegar el otoño las hojas adquieren un color amarillo dorado y se desprenden. El árbol queda desnudo hasta la primavera siguiente, cuando vuelven a salir las hojas.



Las ramas son de dos tipos: ramas largas con nudos separados (**macroblastos**), y ramas laterales cortas sin entrenudos (**braquiblastos**) que llevan las estructuras reproductoras.



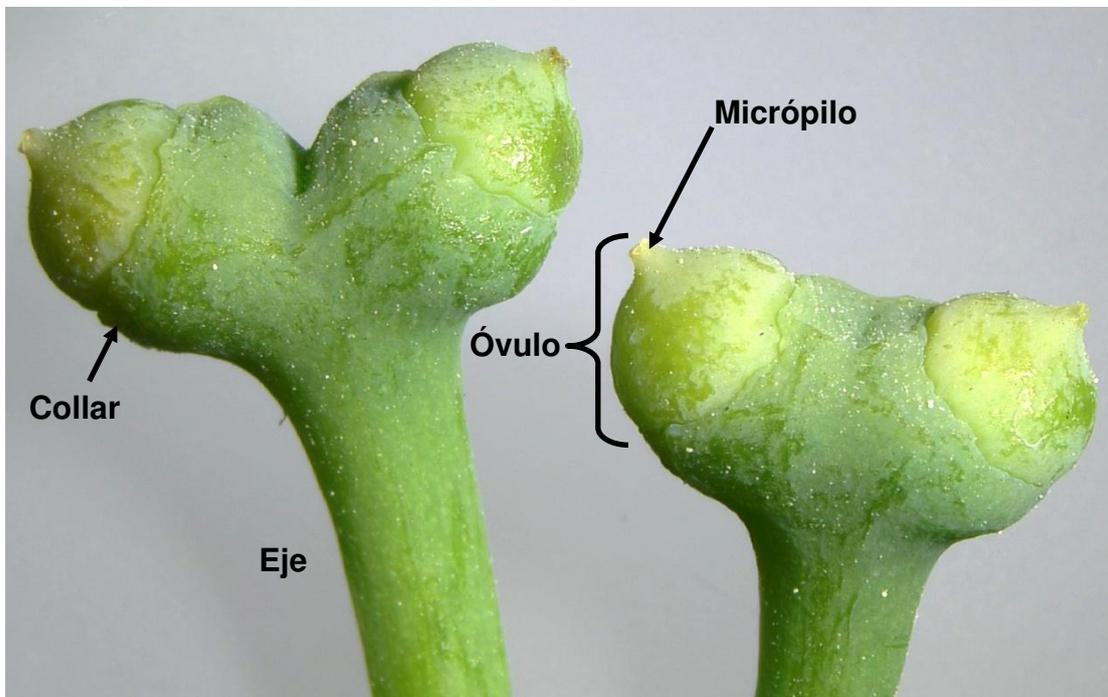
Anatomía de un braquiblasto: córtex con abundante parénquima, anillo de xilema de baja densidad con mucho parénquima, y una gran médula parenquimática.



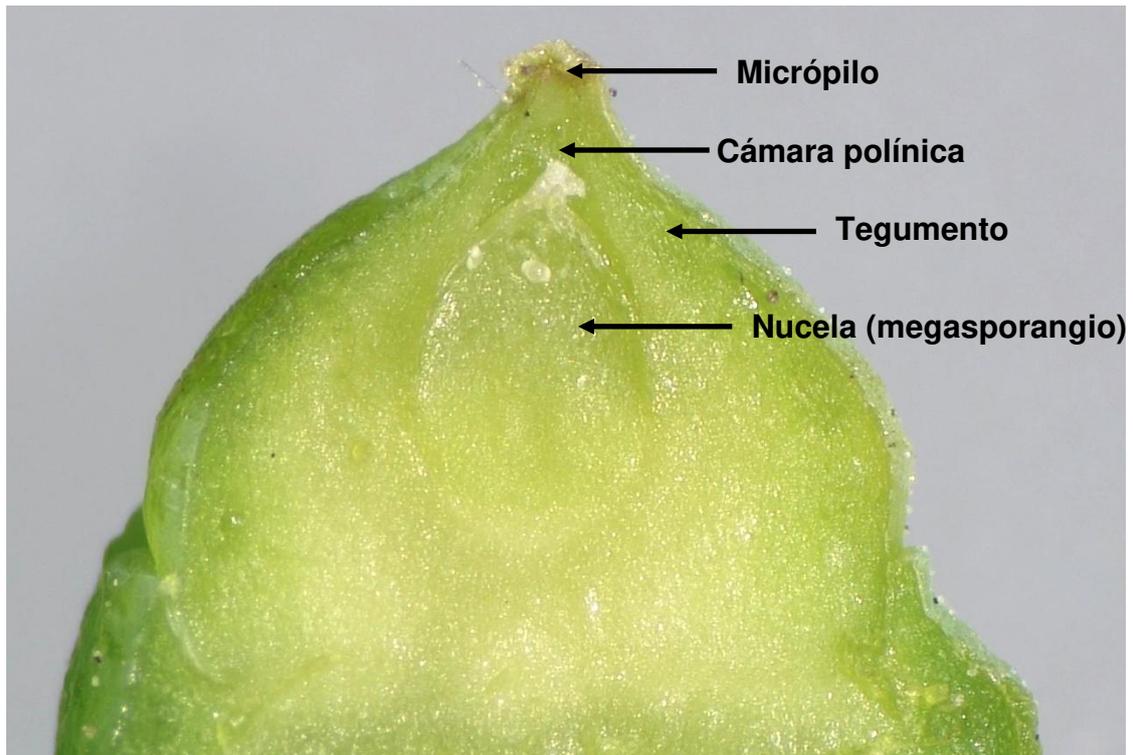
Las hojas son aplanadas, simples y en forma de abanico, a veces con una hendidura central (bilobadas). Presentan nervios ramificados dicotómicamente (flecha blanca).



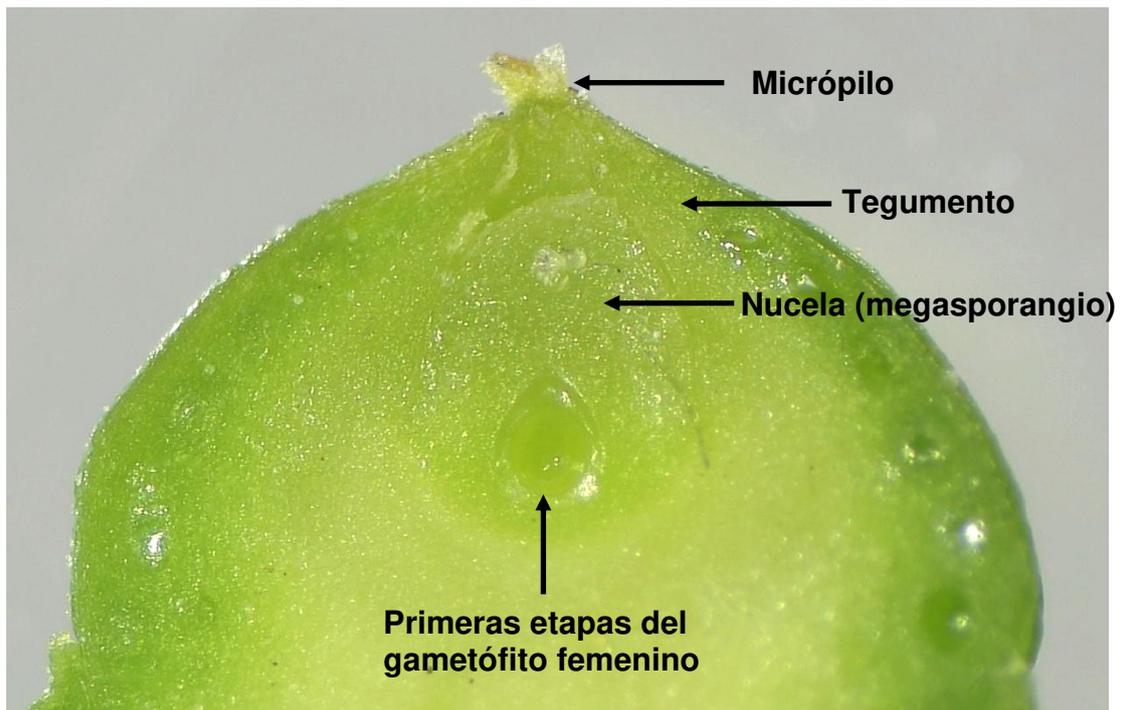
Es una planta dioica: hay árboles femeninos y otros son masculinos. Cuando forman estructuras reproductoras, los árboles femeninos llevan ejes con dos óvulos en el extremo.



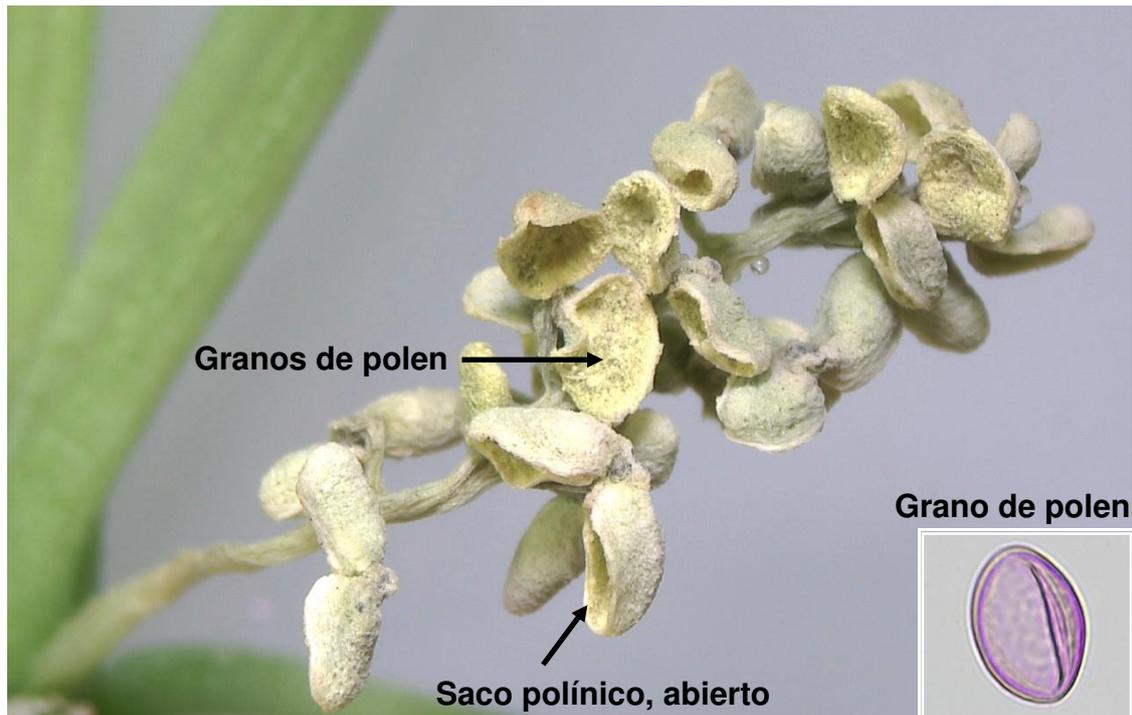
Los óvulos tienen una apertura apical denominada micrópilo, y una estructura basal en forma de anillo (collar).



Sección longitudinal de un óvulo joven.



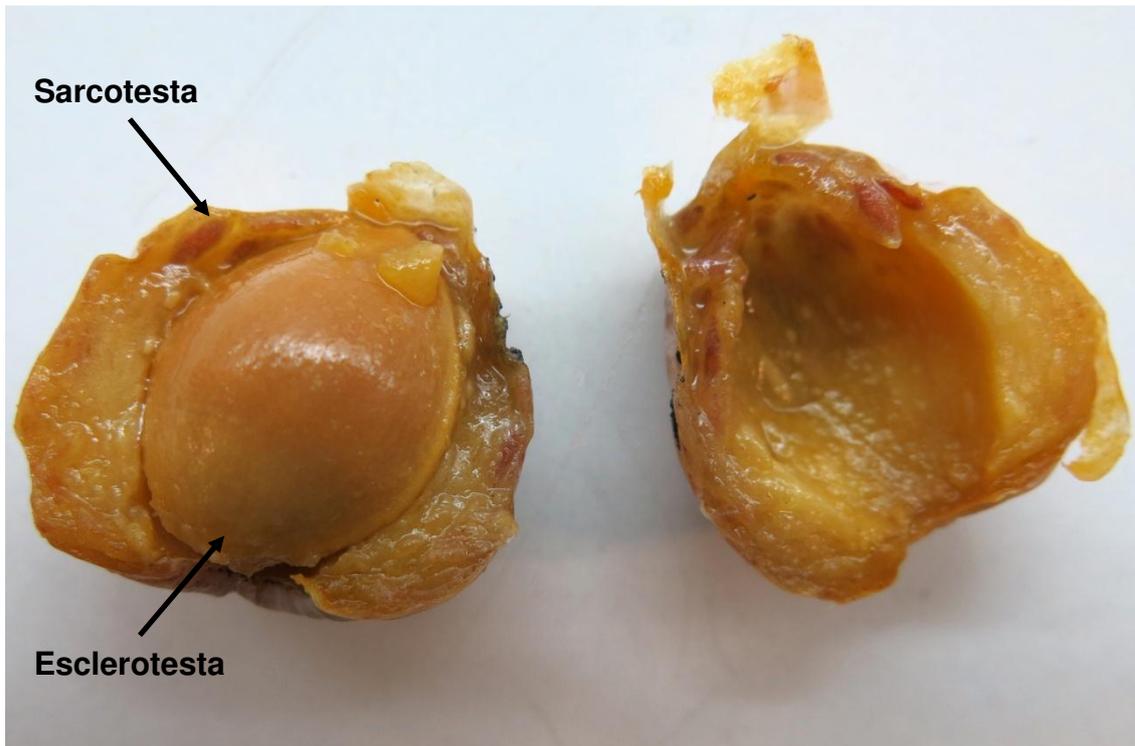
En la nucela tras la meiosis y sucesivas mitosis se desarrolla el gametófito femenino.



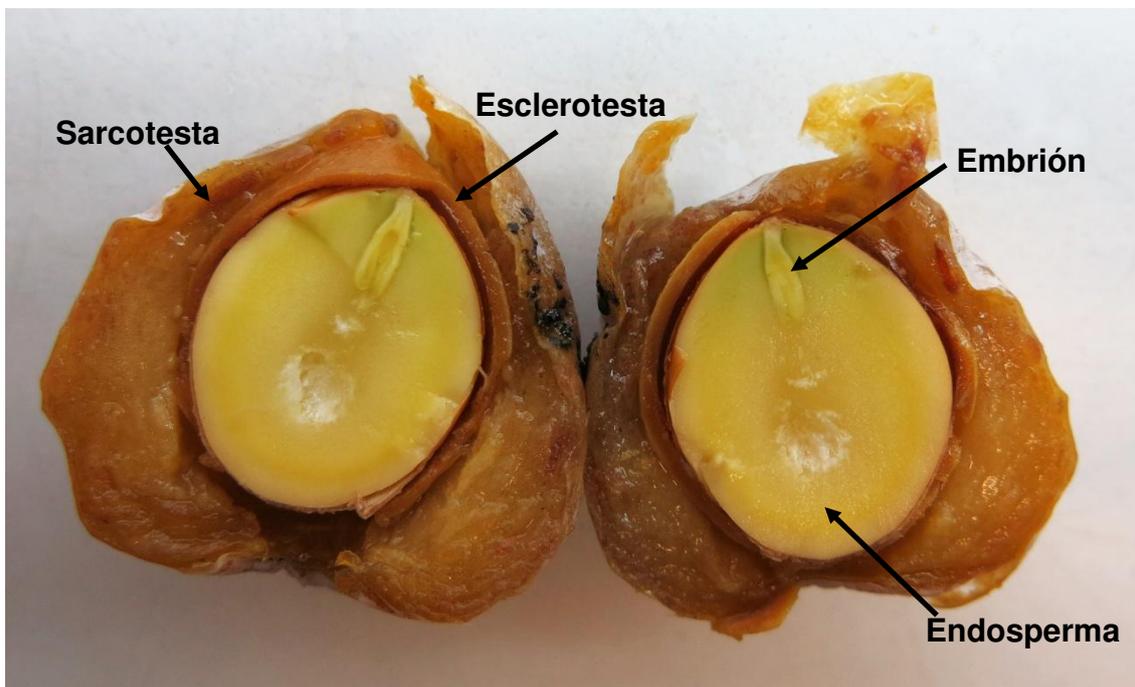
En los árboles masculinos se desarrollan ejes con numerosos **sacos polínicos** (microsporangios) dehiscentes que se abren por una fisura. Los sacos polínicos liberan granos de polen con una apertura en forma de surco (ver recuadro).



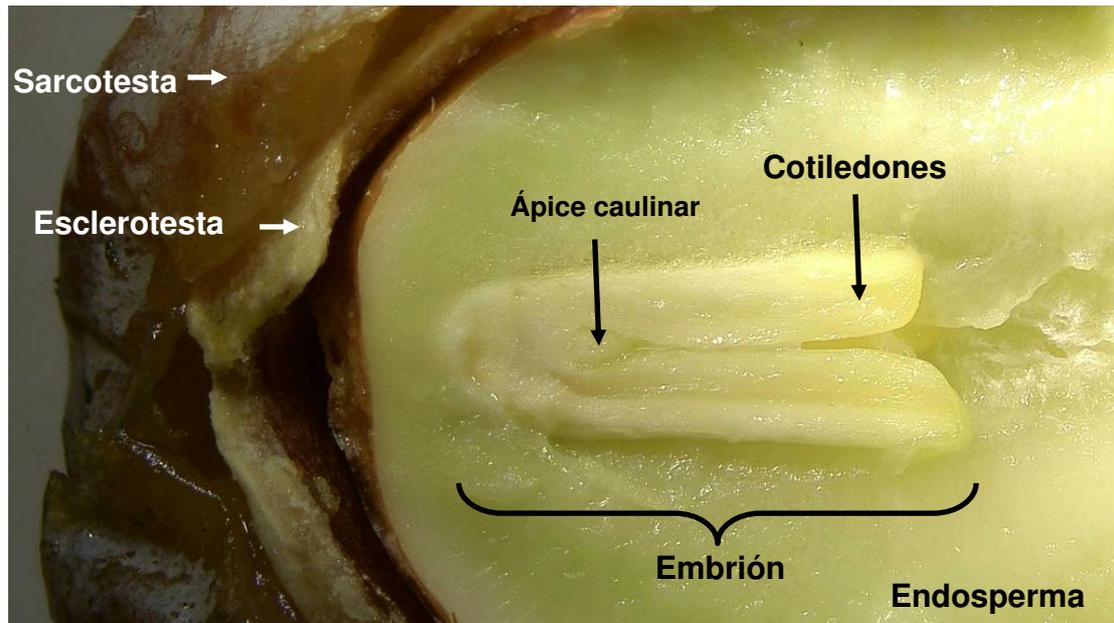
Cuando los óvulos se fecundan se forman semillas de gran tamaño, con una capa externa carnosa que produce un olor fuerte y desagradable, y un embrión en desarrollo en el interior.



La capa externa carnosa (sarcotesta) y la capa interna dura (esclerotesta) de la semilla derivan del tegumento del óvulo.



Dentro de la esclerotesta se encuentra el embrión y el endosperma (tejido nutricional de reserva constituido por el gametófito femenino). Durante el desarrollo del endosperma la nucela se consume.



Detalle del interior de la semilla con el embrión en desarrollo.

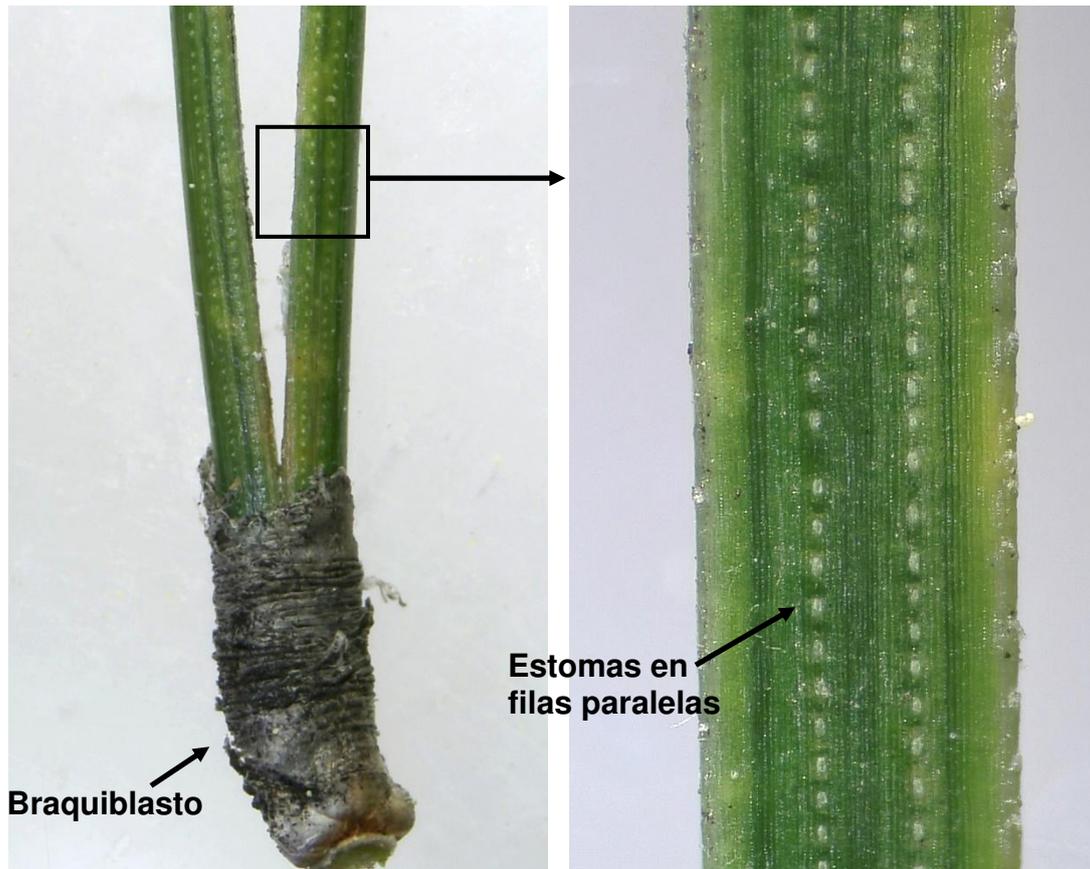
5.2. *Pinus halepensis* (Pinophyta = Coniferophyta): un pino mediterráneo



Es un árbol de copa redondeada o irregular poco densa.



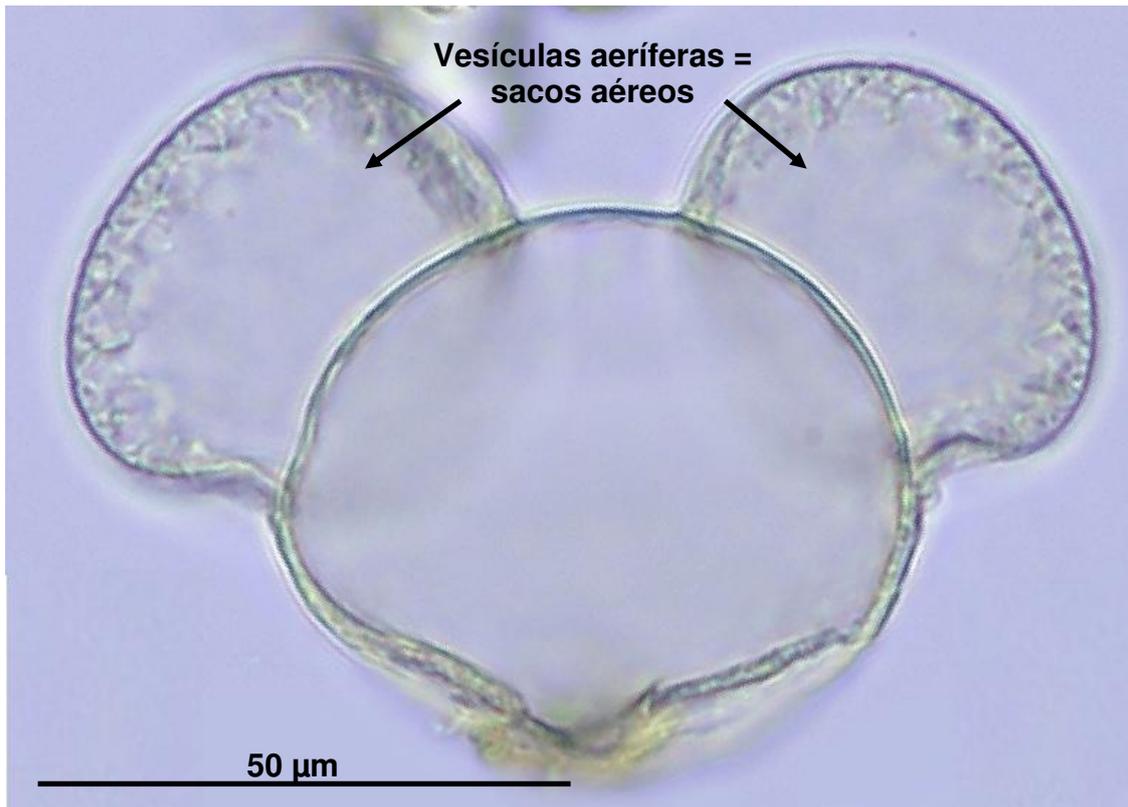
Las ramas finas y grisáceas llevan hojas aciculares de 6-12 cm de longitud.



Las hojas se disponen de dos en dos sobre ramas cortas (braquiblastos).



Son árboles monoicos con conos masculinos y femeninos en la misma planta, sobre distintas ramas. En la imagen, conjunto de conos masculinos.



Grano de polen con vesículas aeríferas que facilitan su dispersión por el aire.



Conos femeninos jóvenes en el extremo de las ramas.





Cono femenino leñoso (piña) en el 2º año de desarrollo.



Piña madura, antes de abrirse para liberar las semillas.