

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

*Algas, hongos, hepáticas, musgos & helechos*

*PALOMA CUBAS*



*Ediciones Aula2pontonet*



2012

# LÁMINAS PARA EL LABORATORIO DE BOTÁNICA GENERAL

**PALOMA CUBAS**

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

✉ cubas@farm.ucm.es

---

**Control de Edición & Internet:** Paloma Cubas & Roberto Oyarzun  
Aula2pontonet: [www.aulados.net](http://www.aulados.net)

*Bajo Licencia Creative  
Commons (2012)  
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.*

**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 1977 a 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](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 y helechos), 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 el Departamento de Biología Vegetal II 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 pueden pasar 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 sido posible sin la colaboración de muchos colegas y compañeros del Departamento, y especialmente de Carmen Navarro, Víctor Jimenez 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.



*Arquegonióforos jóvenes de una hepática*

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.

*Paloma Cubas*

*Madrid, Septiembre de 2012*

## 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**

### 2. HONGOS

- 2.1 *Rhizopus* (Mucoromycotina): un hongo saprófito que forma el moho negro del pan **11**
- 2.2 *Lactarius pubescens* (Basidiomycota): un hongo micorrízico **13**
- 2.3 Otros hongos basidiomicetes frecuentes en el Jardín Botánico (UCM) **15**
- 2.4 *Puccinia* (Basidiomycota): un hongo parásito de las malvas **19**
- 2.5 *Phragmidium*: otro basidiomicete parásito de la zarzamora **21**
- 2.6. *Penicillium* y *Aspergillus* (Ascomycota): mohos saprófitos **21**
- 2.7 *Collema*: un líquen homómero formado por un hongo en simbiosis con una cianobacteria **22**
- 2.8. Algunos líquenes heterómeros comunes: *Evernia*, *Ramalina*, *Parmelina*, *Parmelia*, *Xanthoparmelia*, *Xanthoria*, *Umbilicaria*, *Lasallia*, *Pleopsidium* y *Rhizocarpon*

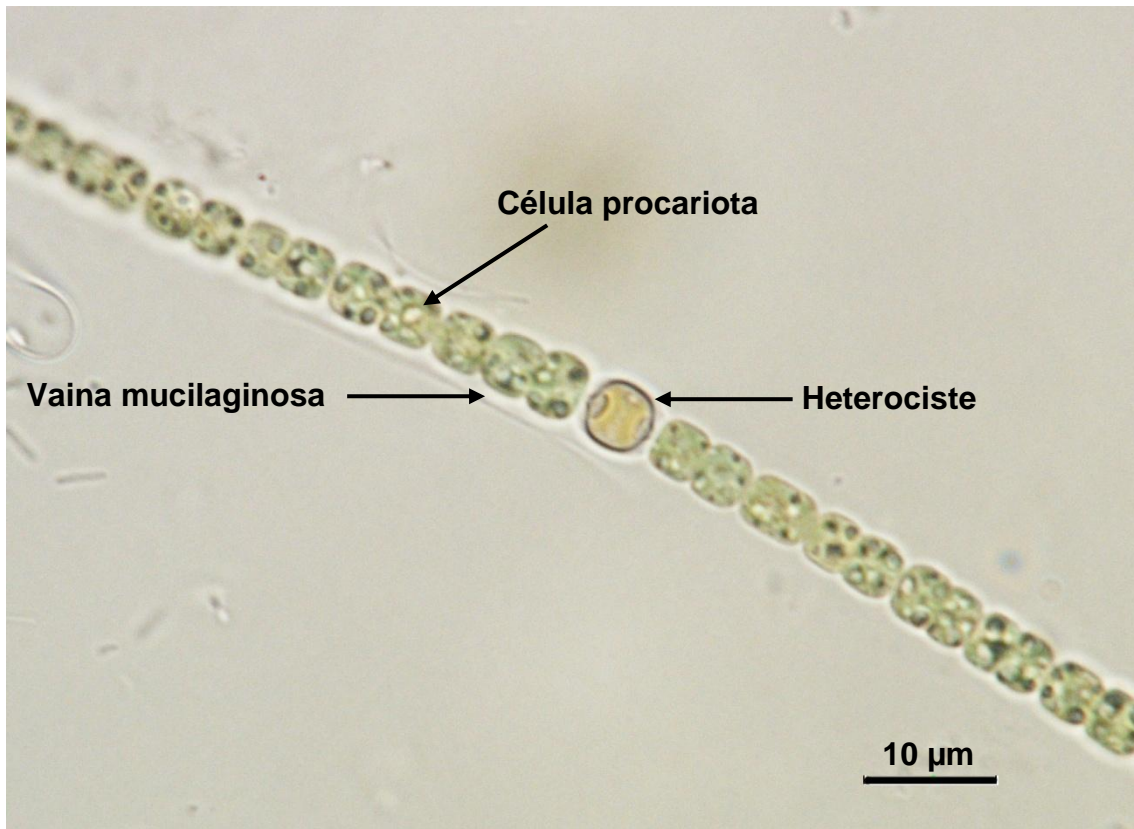
### 3. HEPÁTICAS Y MUSGOS

- 3.1. Hepática talosa (Marchantiophyta) **31**
- 3.2. *Orthotrichum* (Bryophyta): un musgo sencillo **38**
- 3.3. *Polytrichum* (Bryophyta): un musgo común bastante complejo **41**
- 3.4. *Dendroligotrichum* (Bryophyta): un musgo del Hemisferio Sur **45**

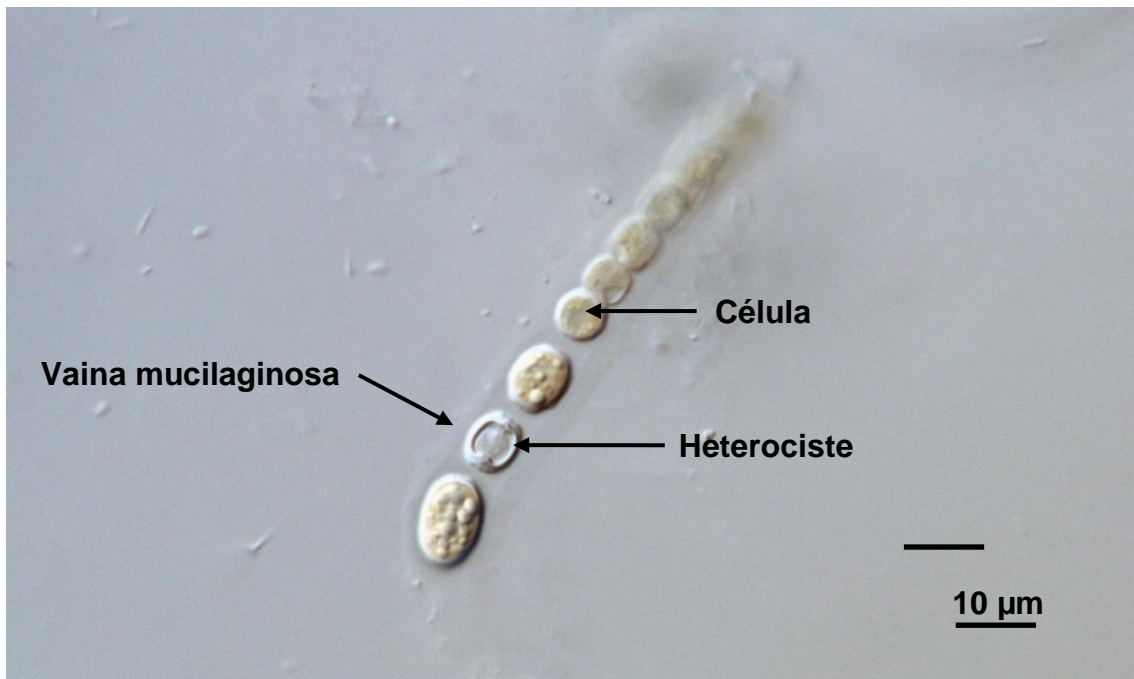
### 4. HELECHOS

- 4.1 Algunos helechos homósporos comunes: *Asplenium*, *Polypodium*, *Ceterach* y *Blechnum* **47**
- 4.2 Diversas etapas del ciclo de vida de un helecho homósporo **50**

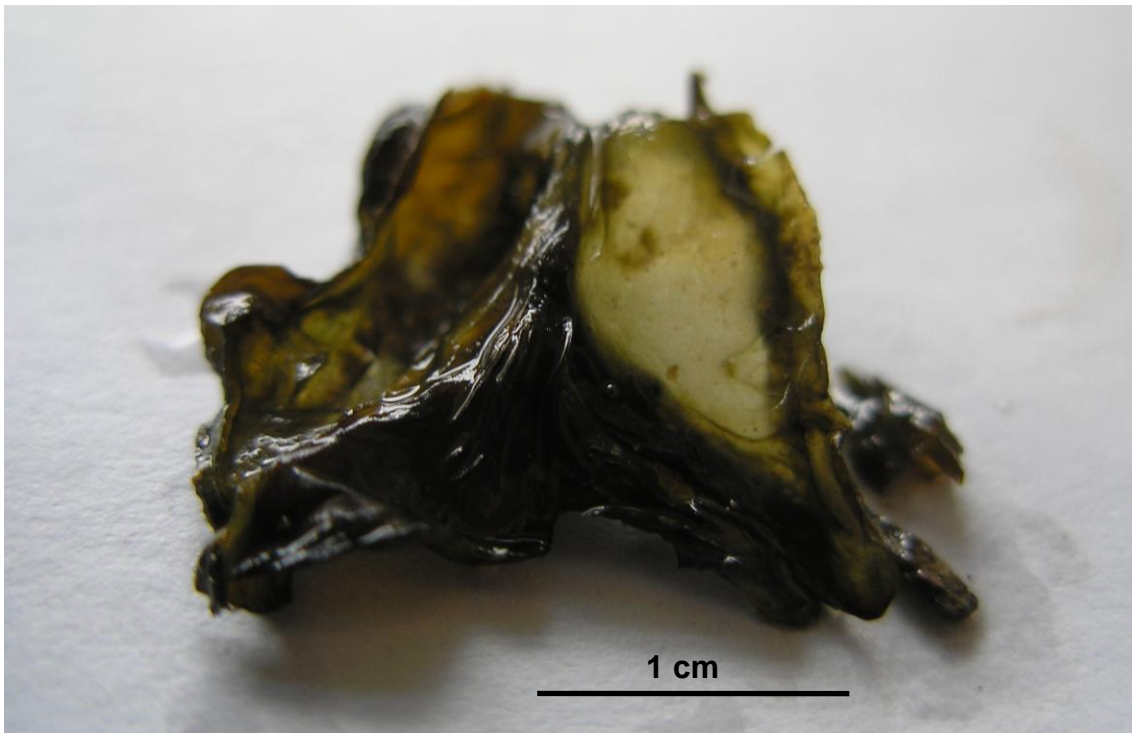
## 1.1 Cianobacterias (‘algas azul-verdosas’)



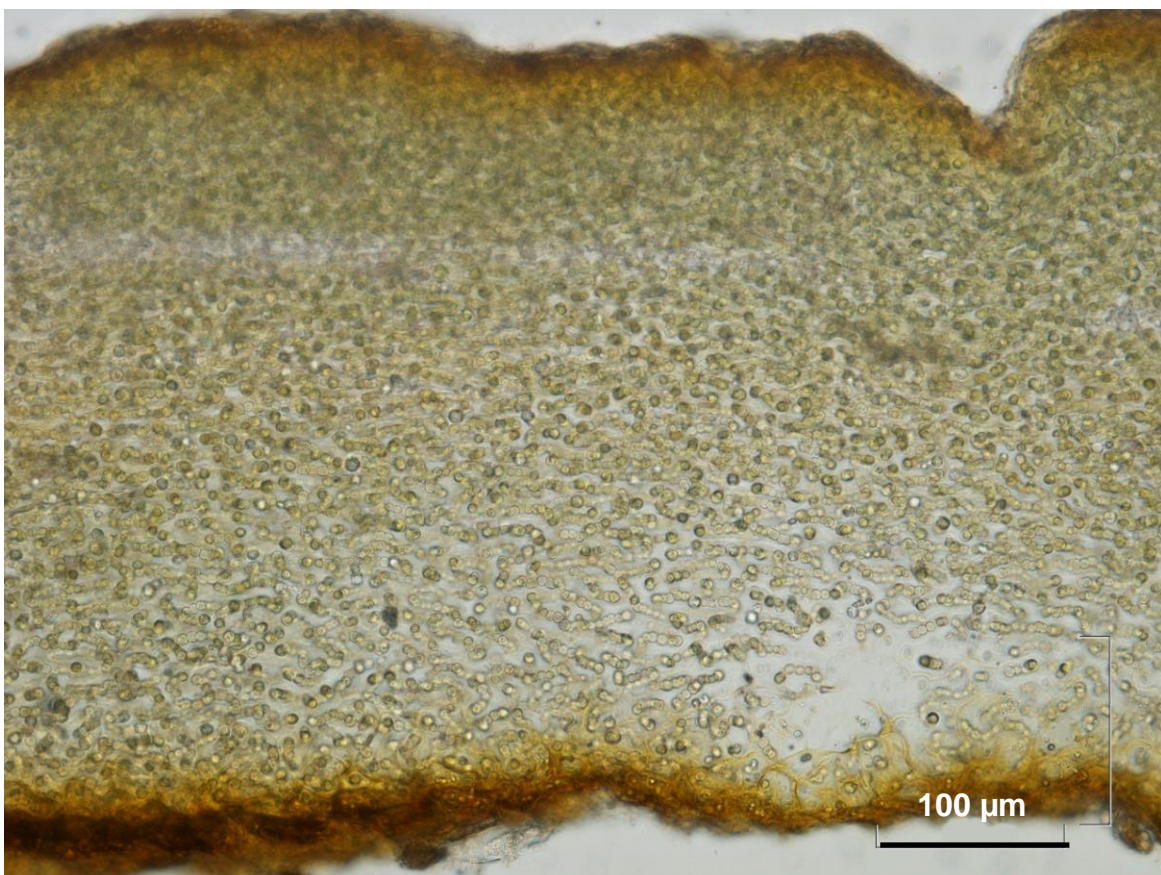
Cianobacteria formada por cadenas de células rodeadas por una vaina mucilaginosa, al microscopio óptico en campo claro.



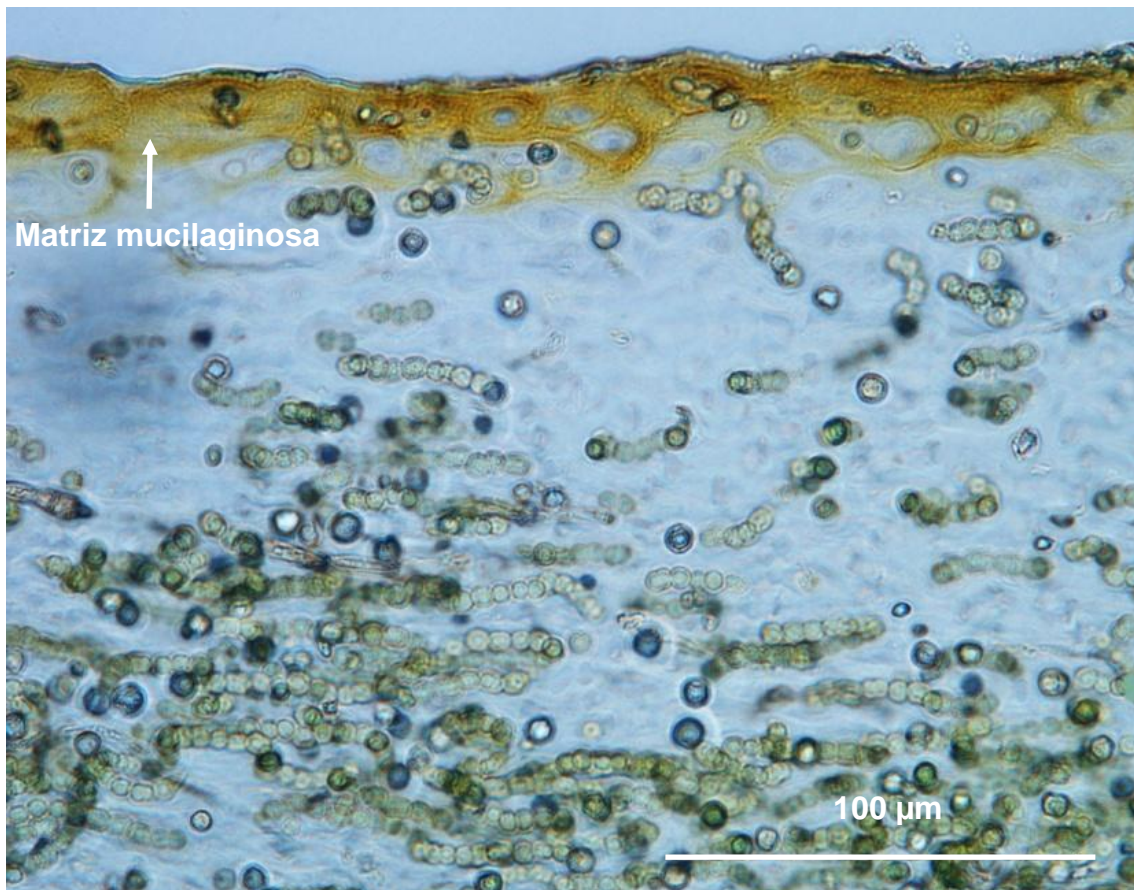
Otra cianobacteria, observada al microscopio óptico con filtro Nomarski



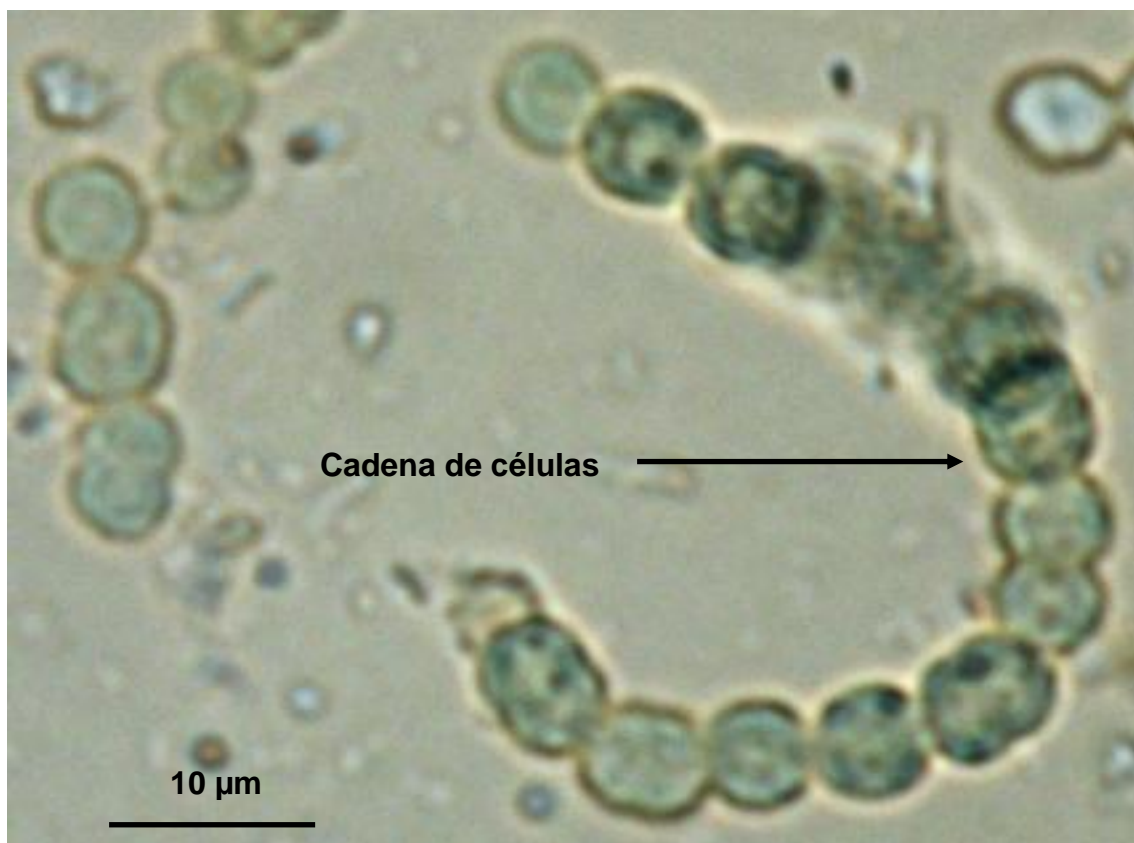
Aspecto macroscópico de *Nostoc*: una colonia de cianobacterias



Corte transversal de *Nostoc*



Detalle de la imagen anterior

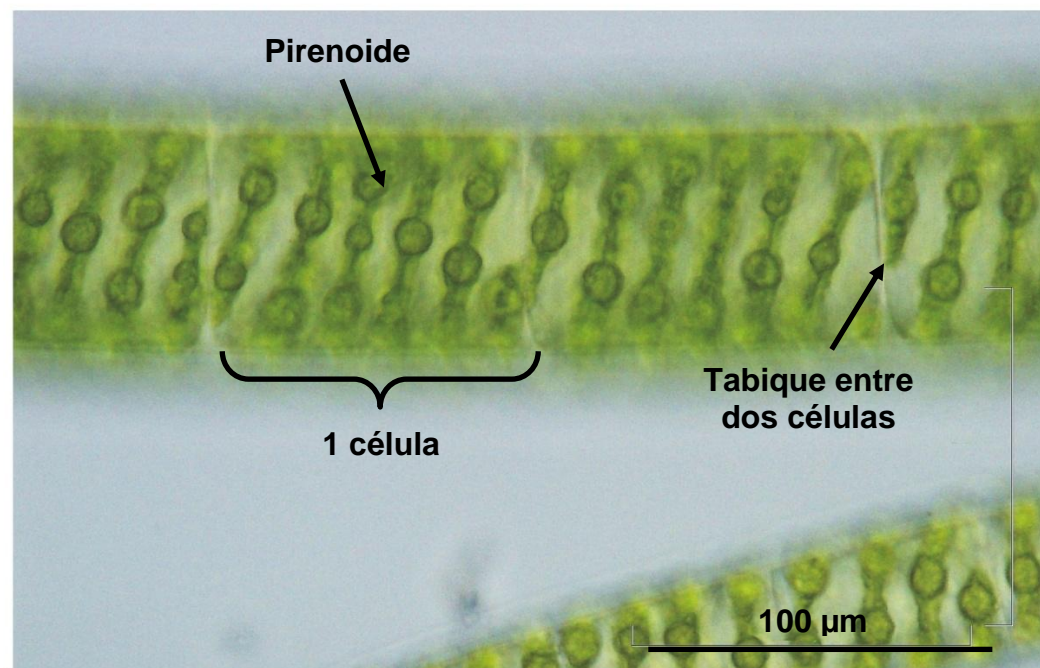
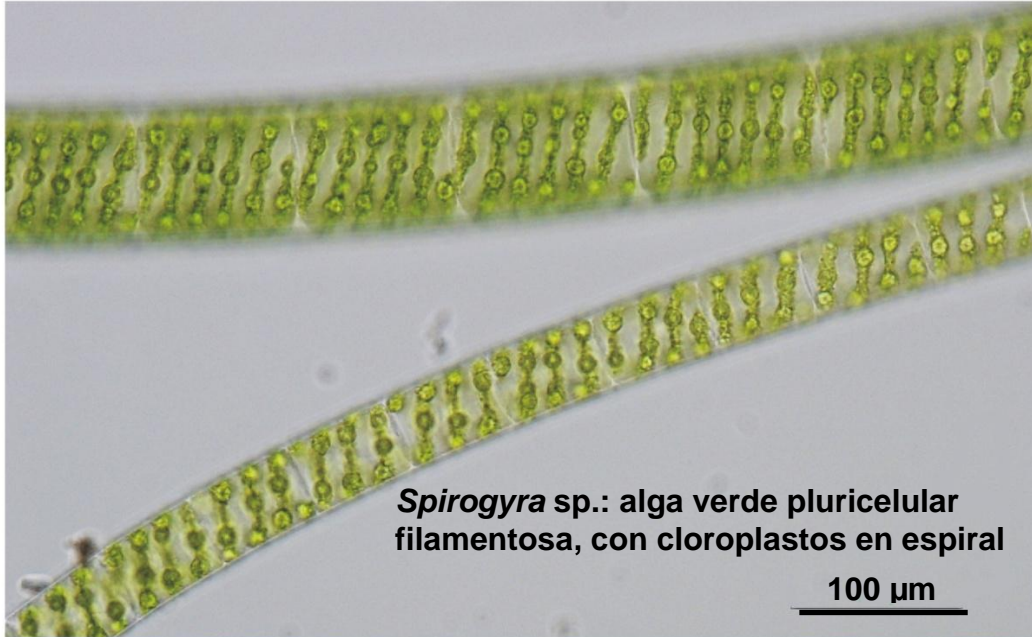




## 1.2 *Spirogyra*.: alga verde común en charcas de agua dulce

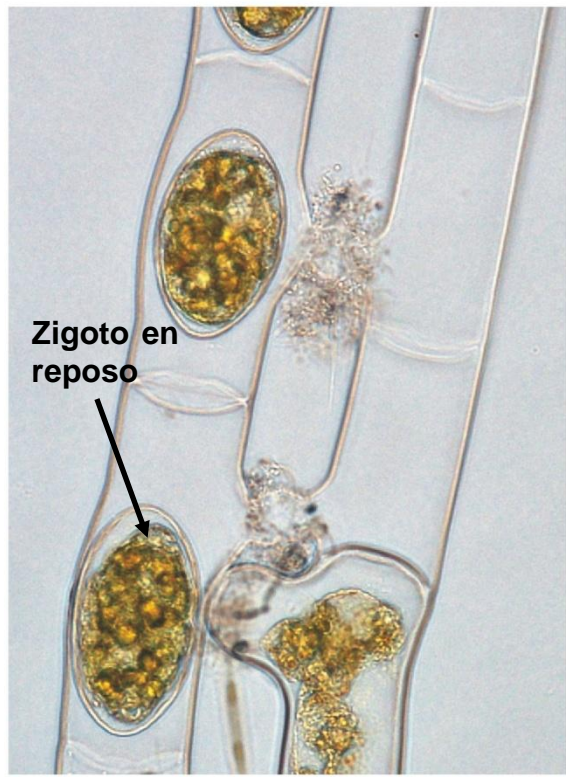
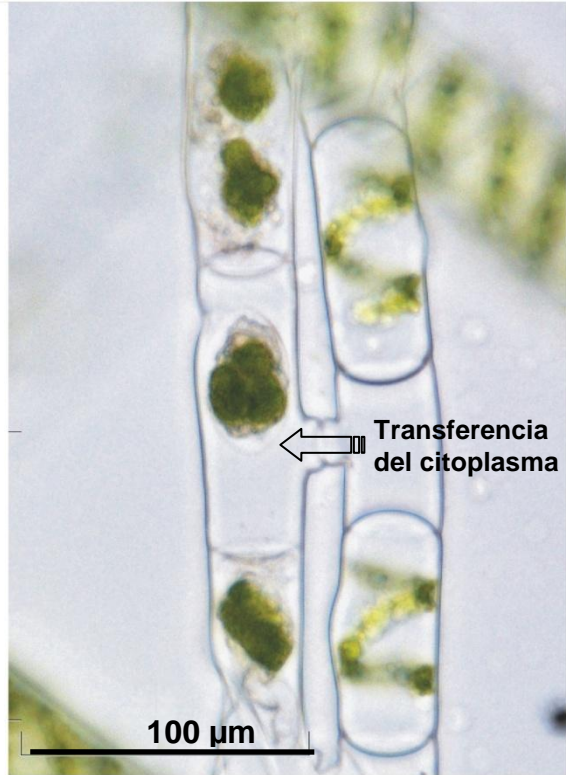
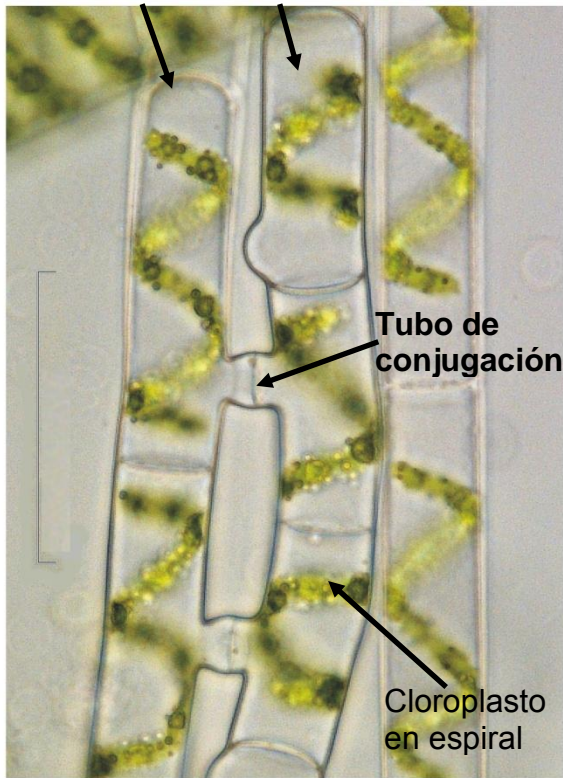


Charca en primavera (Jardín Botánico de la Universidad Complutense)

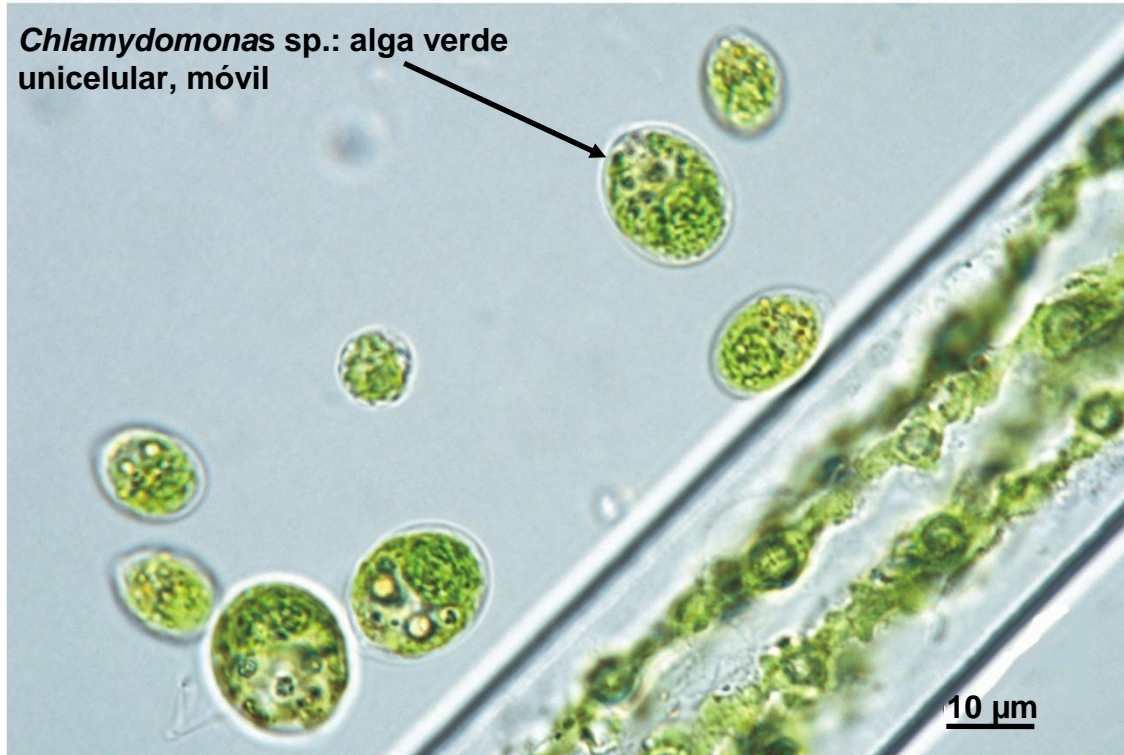
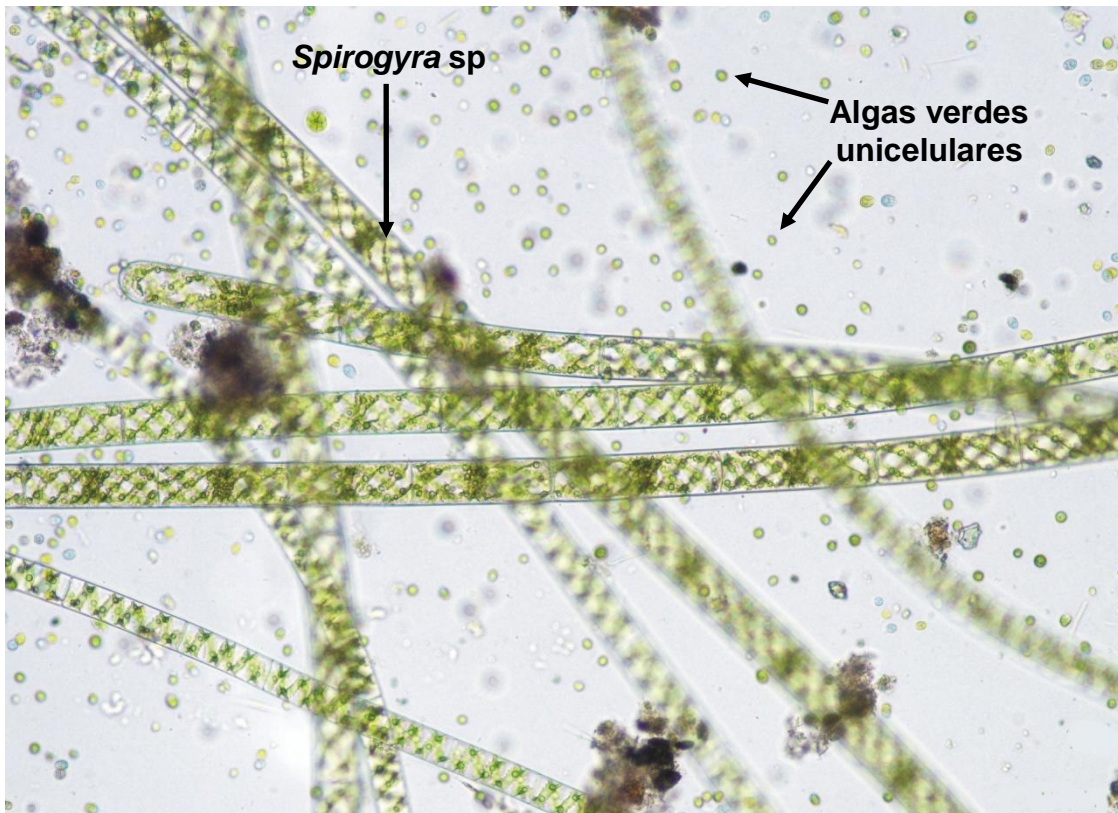


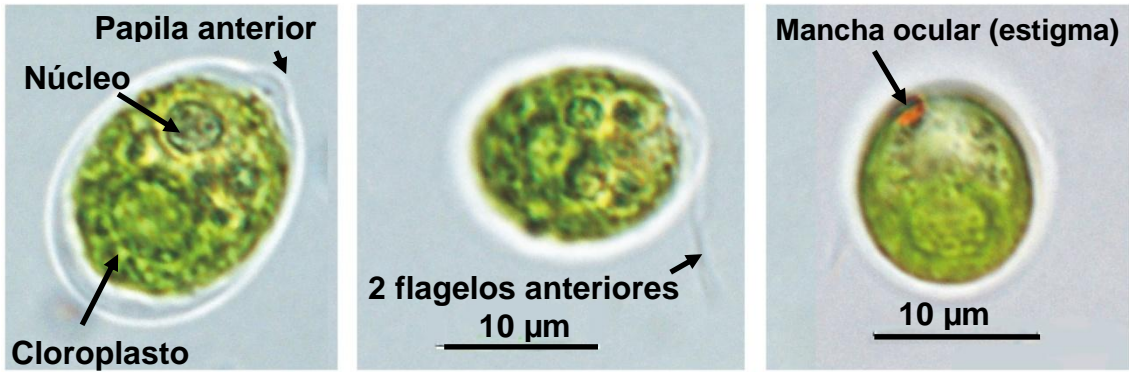
Distintas etapas de la reproducción sexual de *Spirogyra*

Filamentos haploides (+ y -)

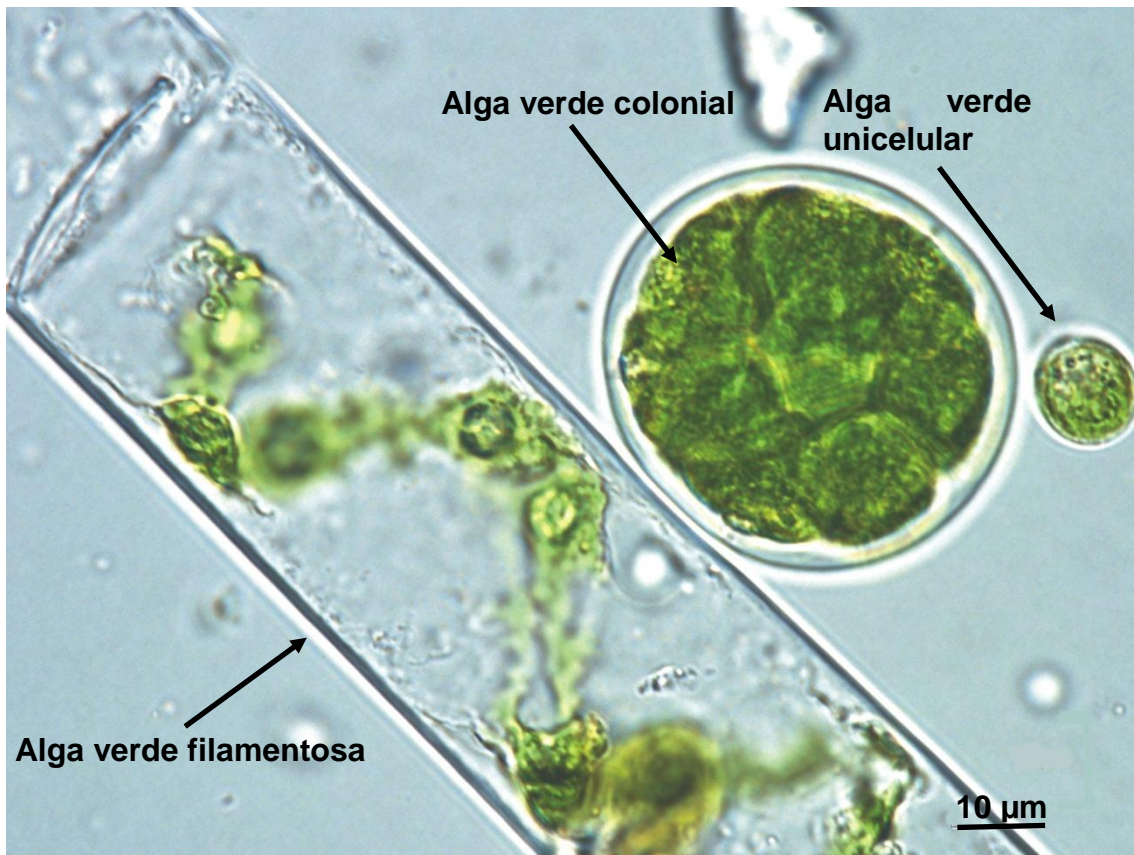


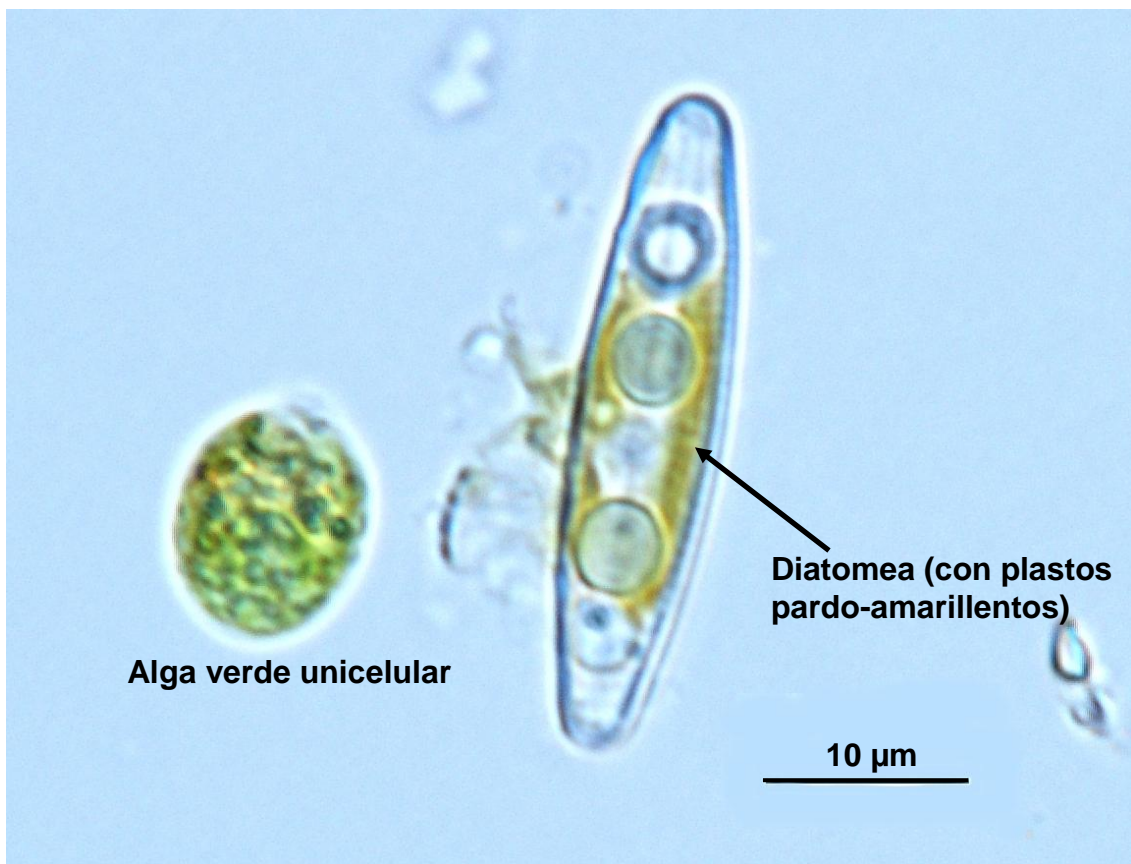
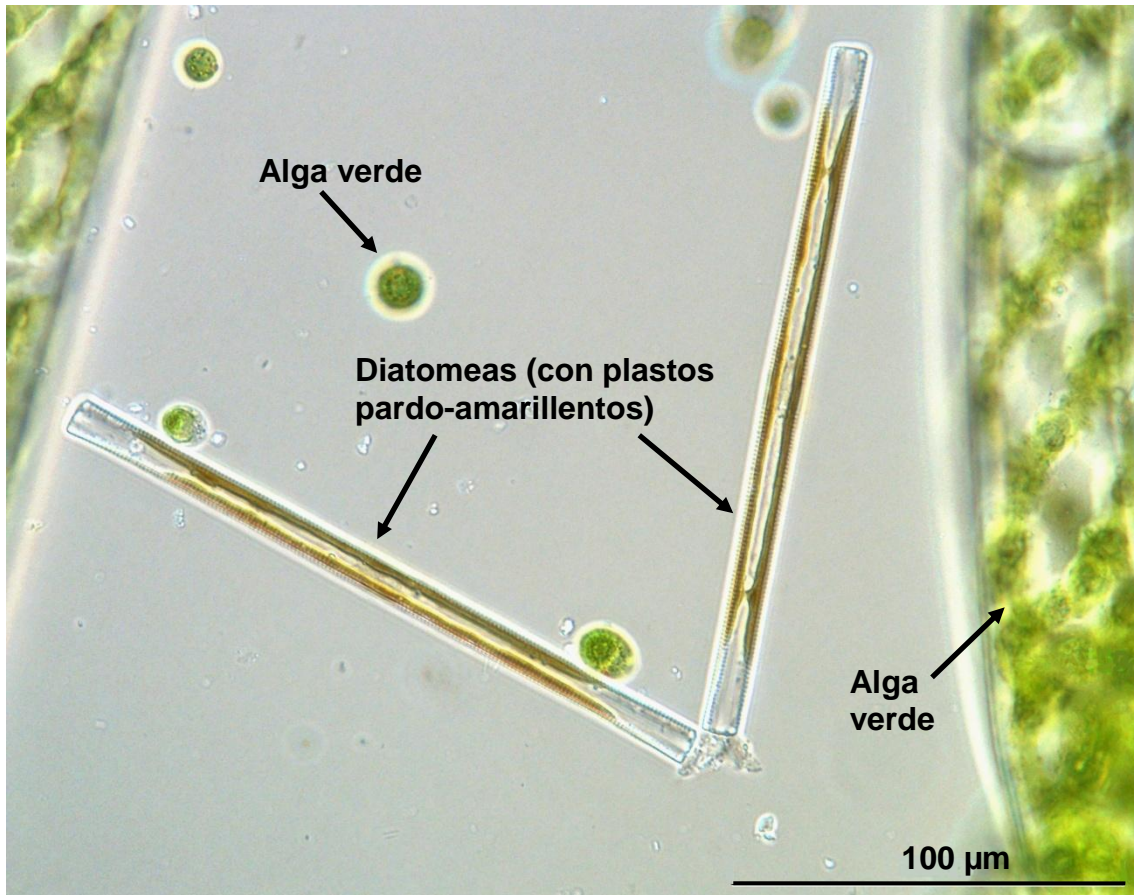
### 1.3 Otras algas frecuentes en las charcas de agua dulce

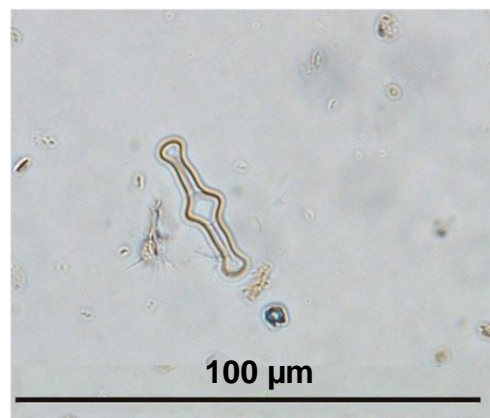
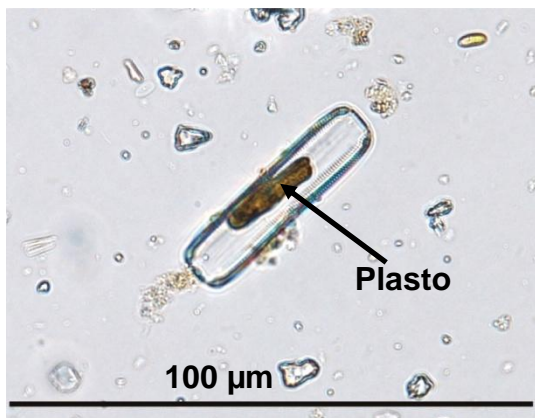
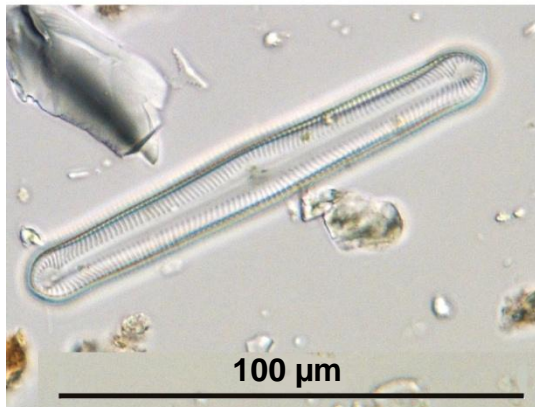
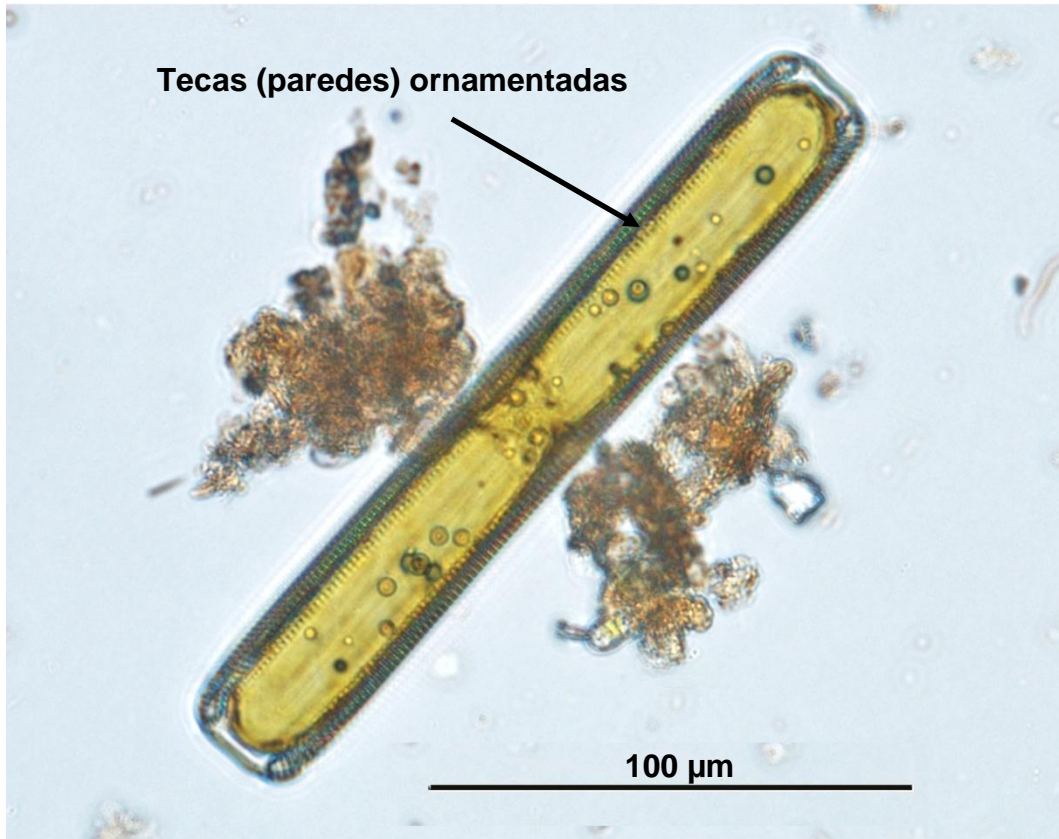




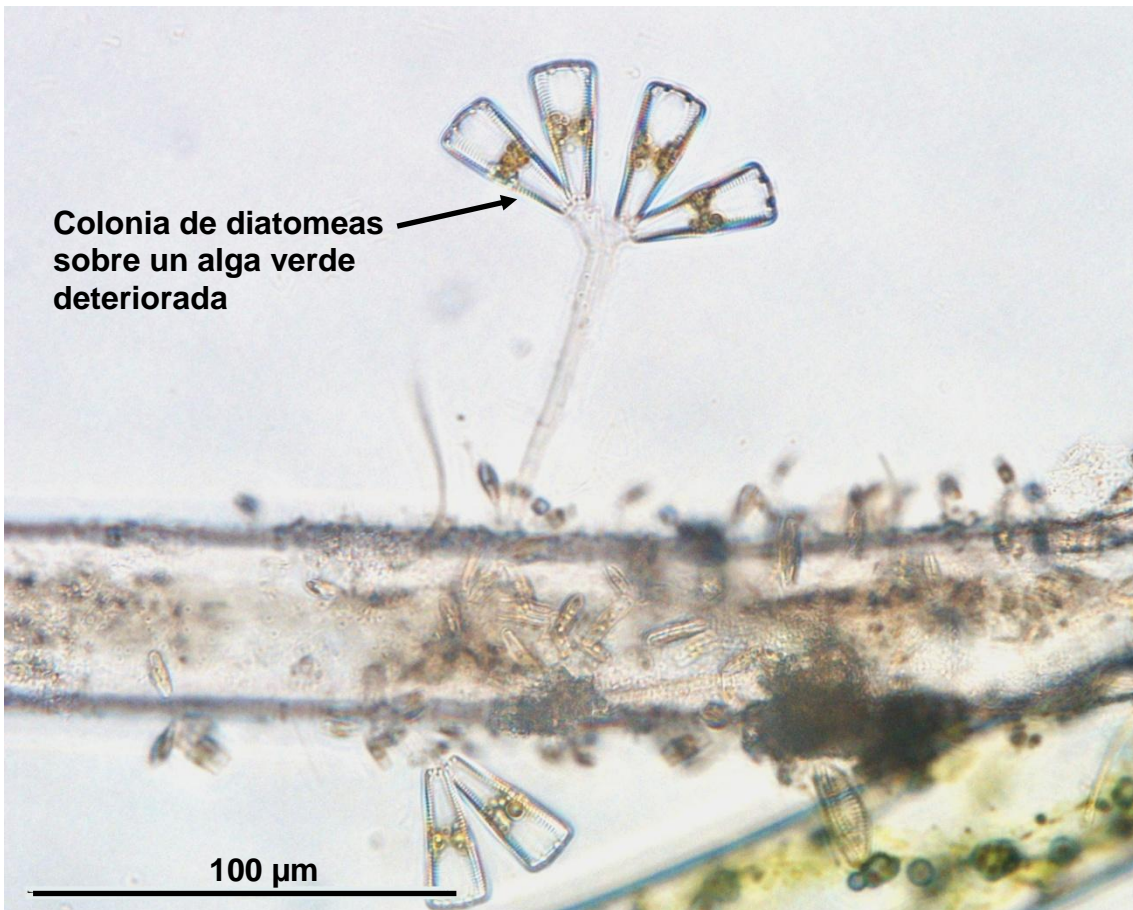
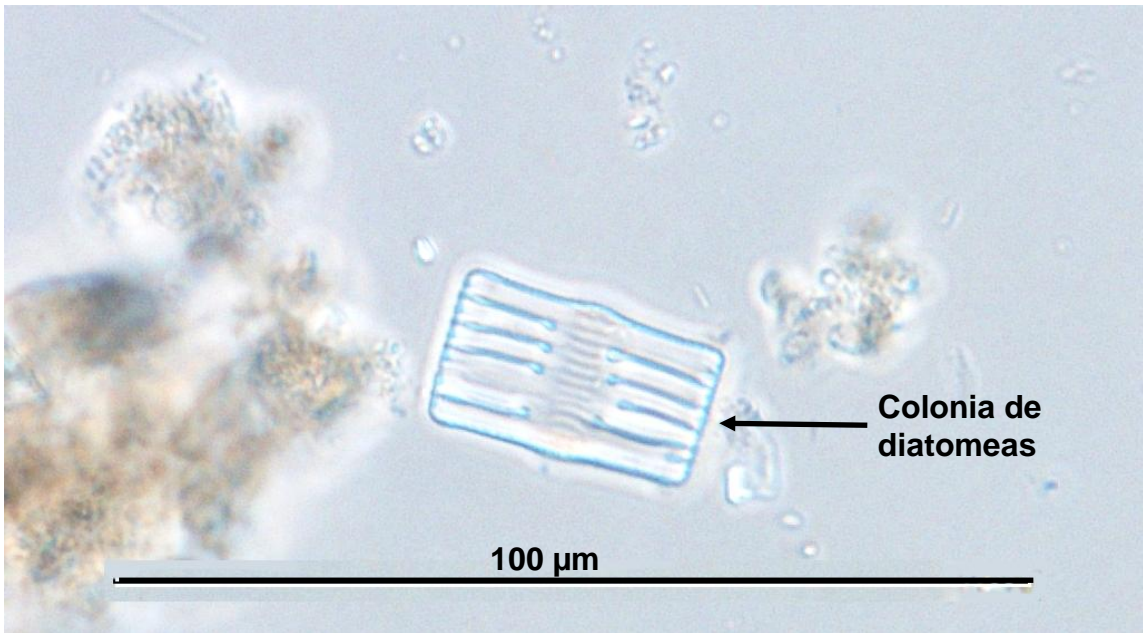
*Chlamydomonas* (alga verde unicelular, biflagelada)







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

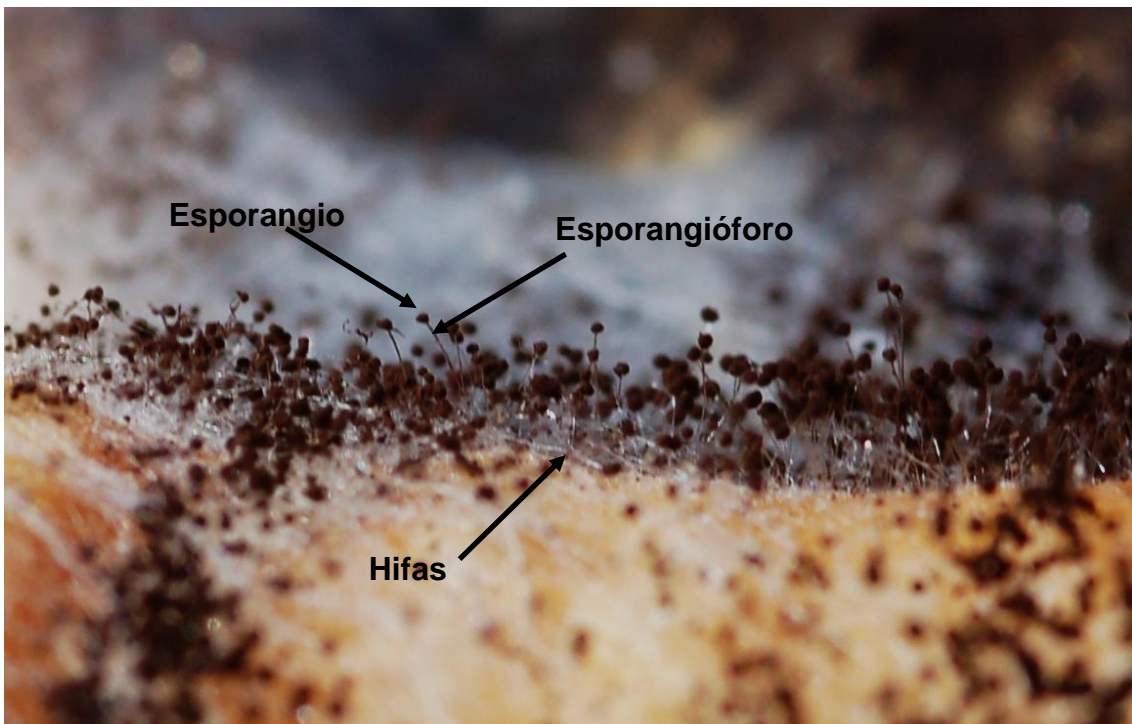


Diatomeas de agua dulce: colonias

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

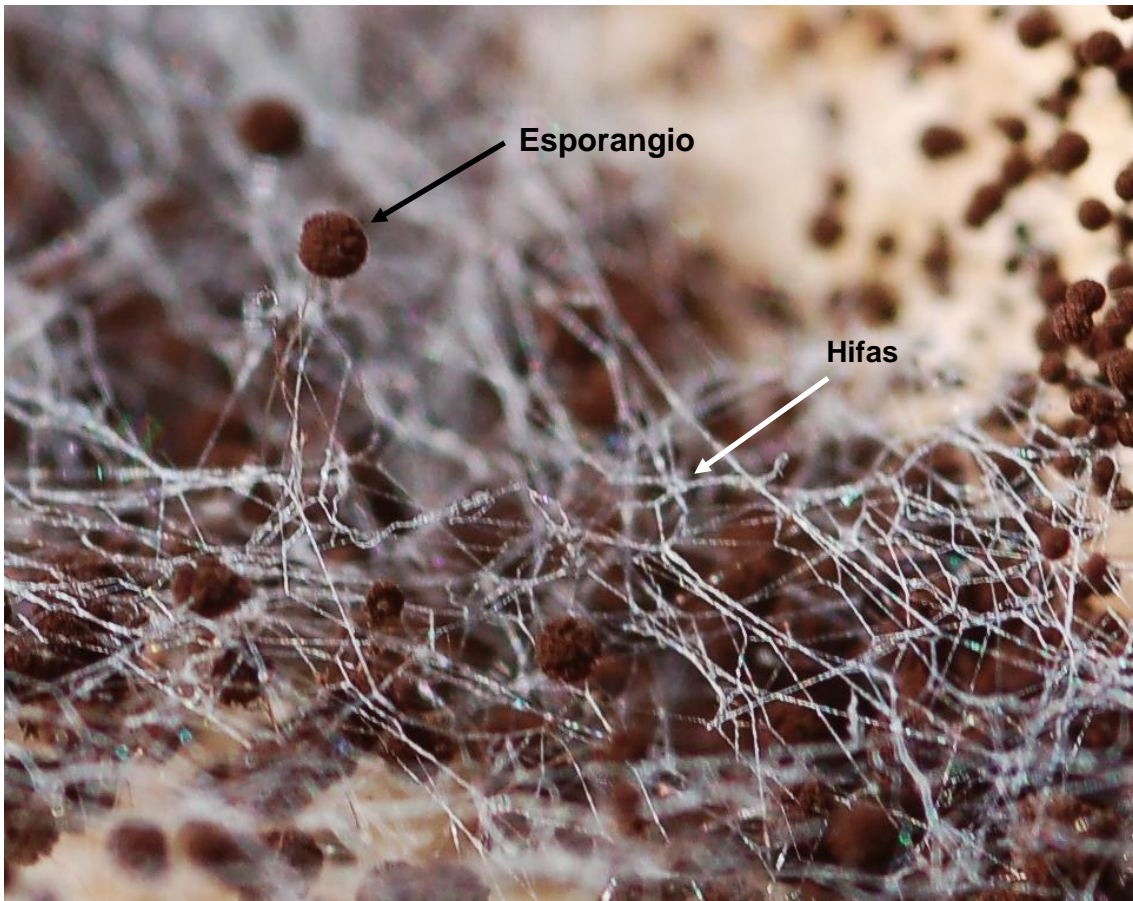


*Rhizopus* sp., en este caso sobre un trozo de empanada

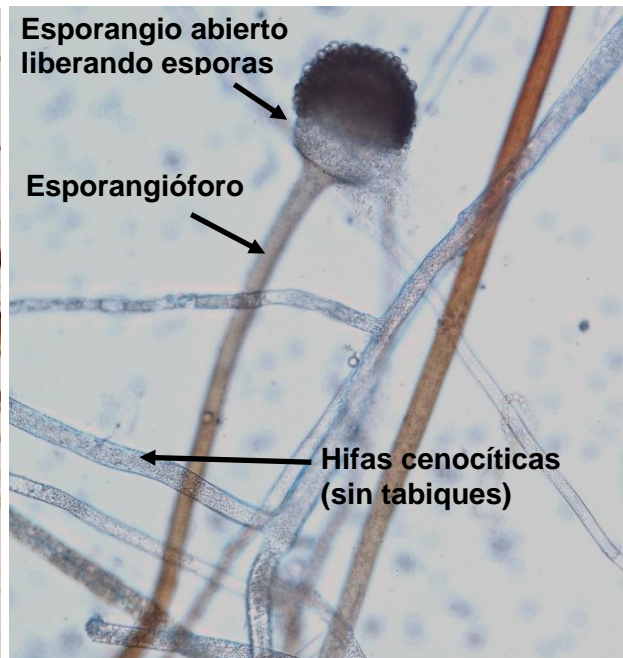


Detalle de la imagen anterior. Se observan las hifas blancas del micelio y los esporangios marrones sostenidos por el esporangióforo.





Con más aumento



Al microscopio óptico

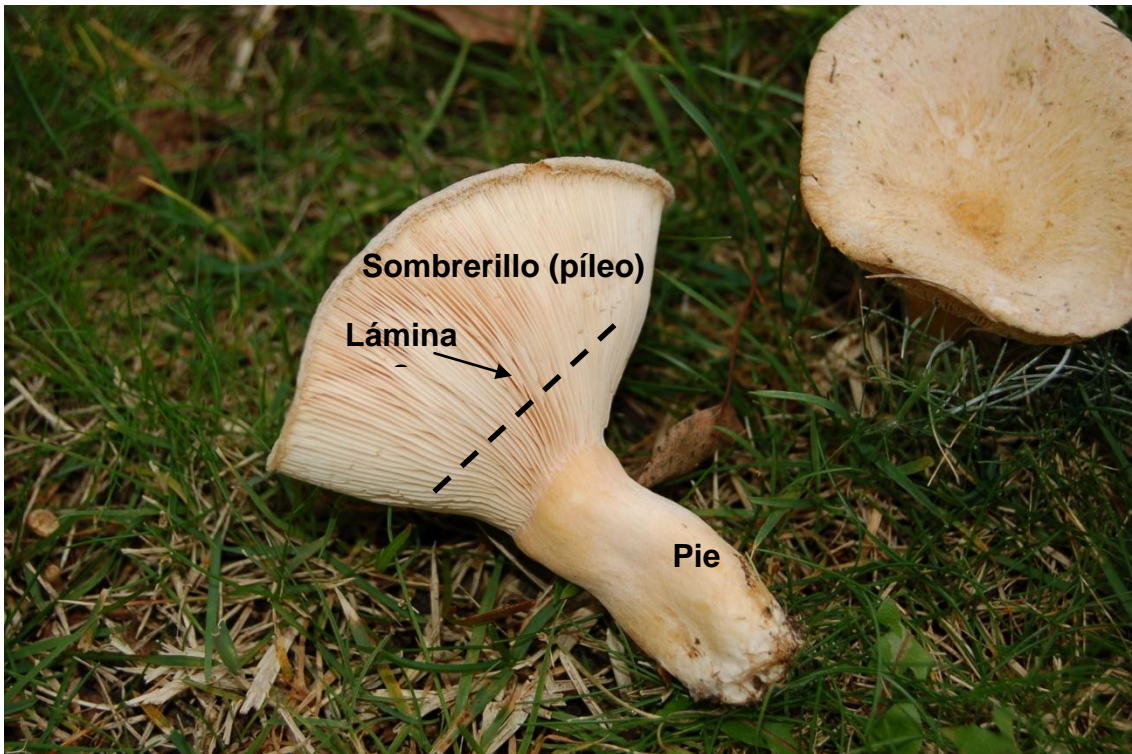
## 2.2 *Lactarius pubescens* (Basidiomycota): un hongo micorrízico



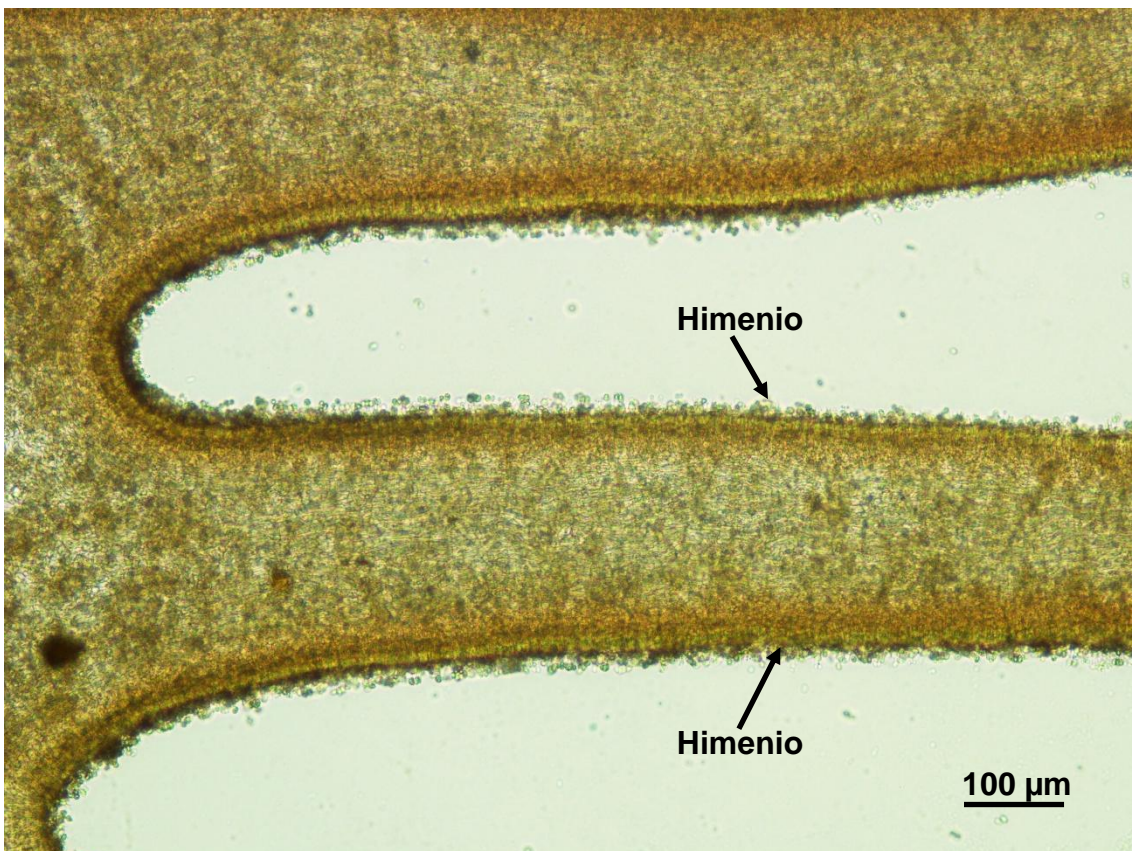
El micelio (conjunto de hifas) crece bajo tierra, asociado a las raíces de los abedules y en otoño se forma la seta que emerge del suelo. Imágenes tomadas en el Jardín Botánico de la Universidad Complutense de Madrid, 11.11.2008.



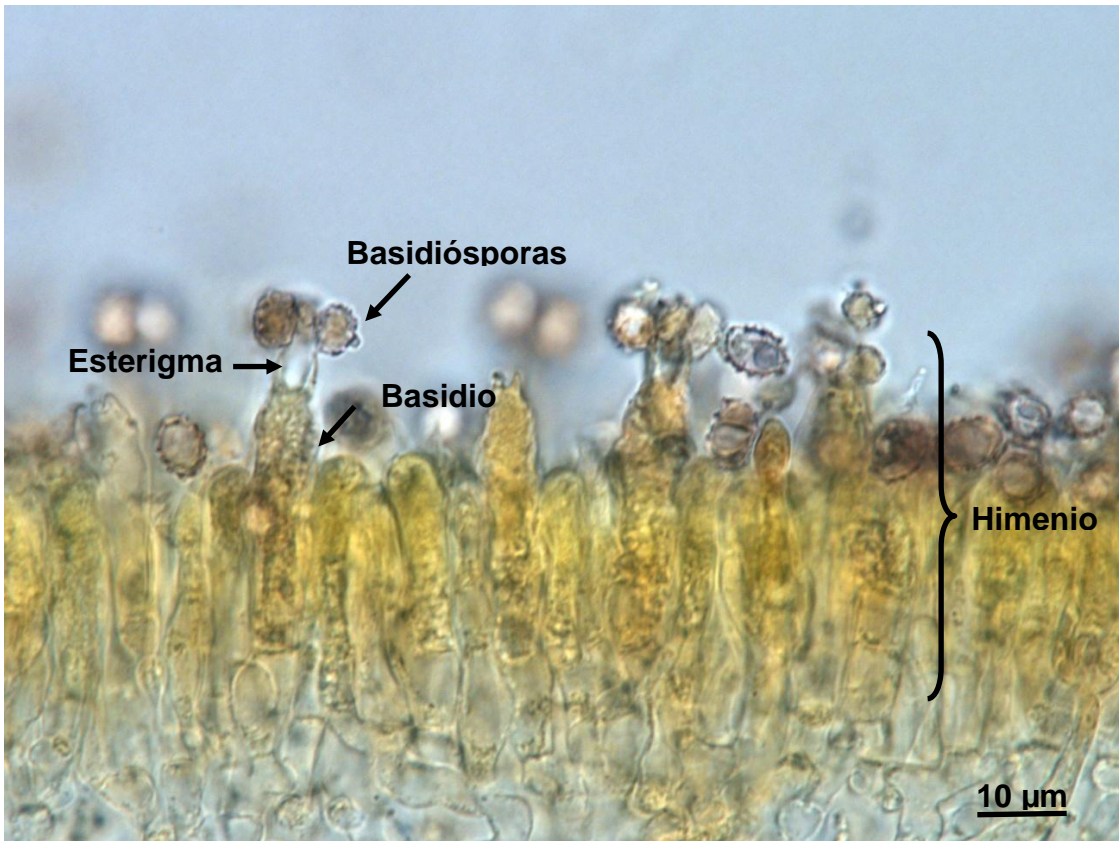
La seta es la estructura que produce las esporas, que se dispersarán para formar nuevos individuos.



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.

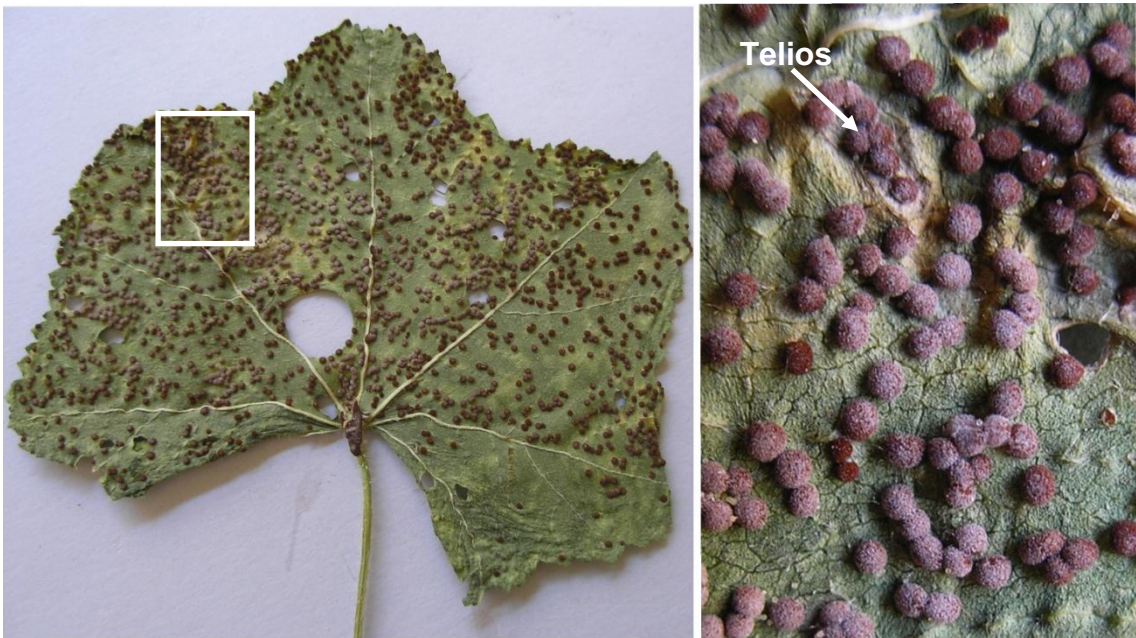


*Suillus collinitus*



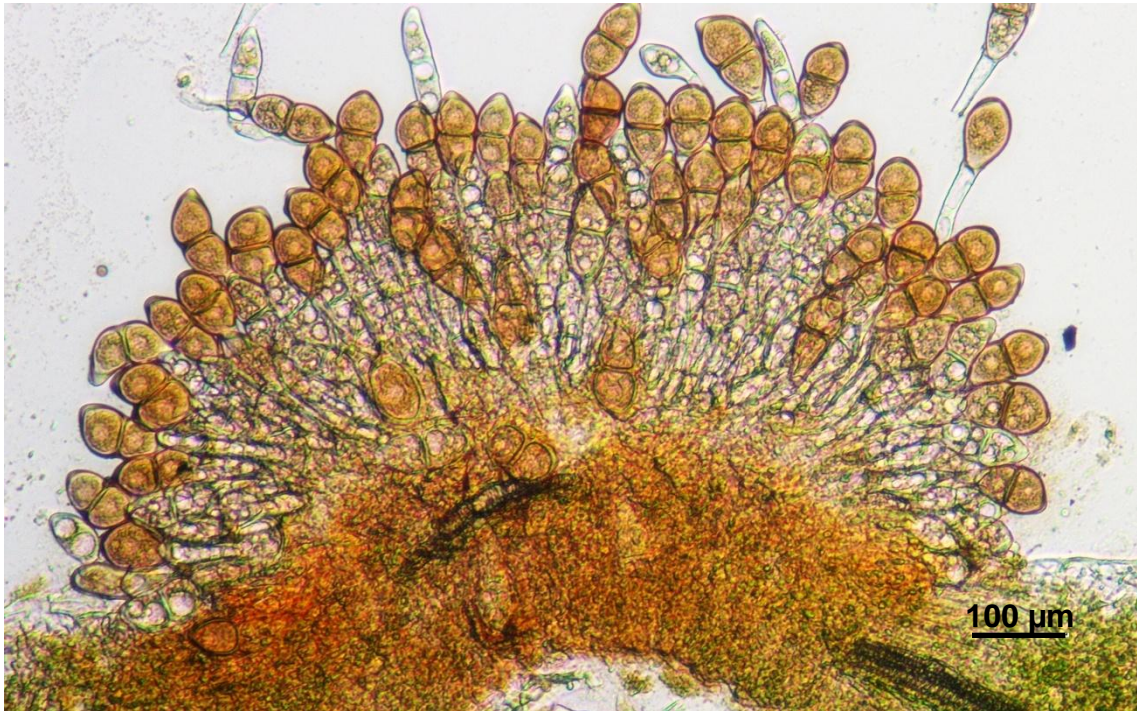
*Suillus collinitus*. Detalle de la parte inferior del sombrero con poros

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

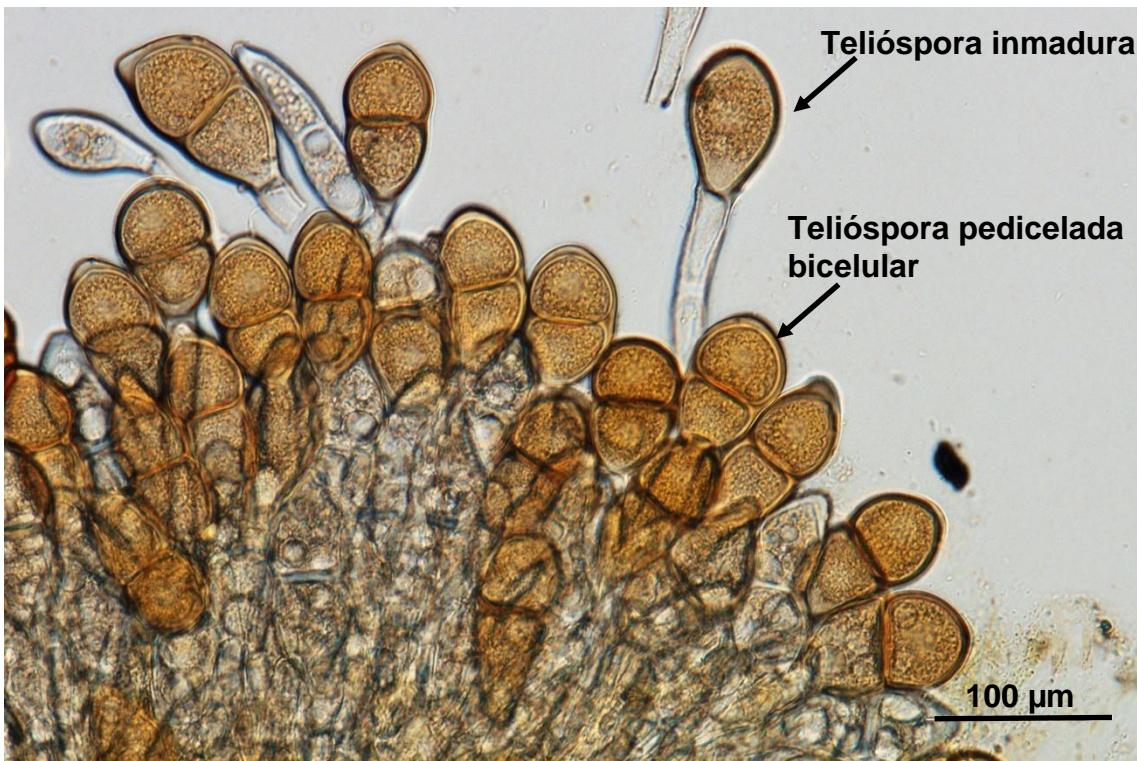


Hoja de *Malva sylvestris* infectada por *Puccinia malvacearum* (fase de telio). A la derecha detalle de los telios.



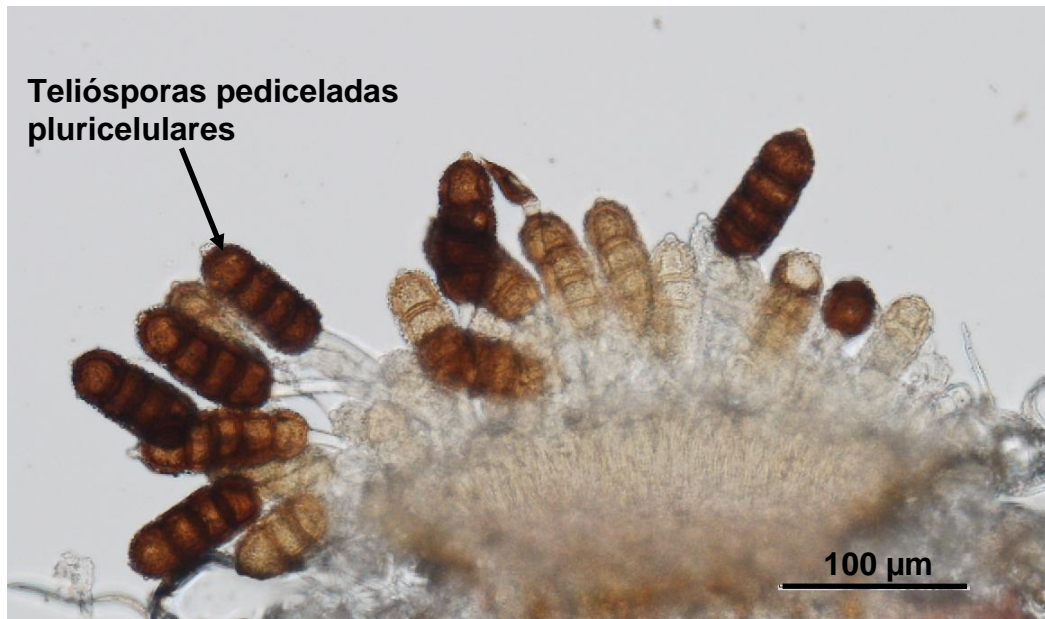


Corte transversal de un telio



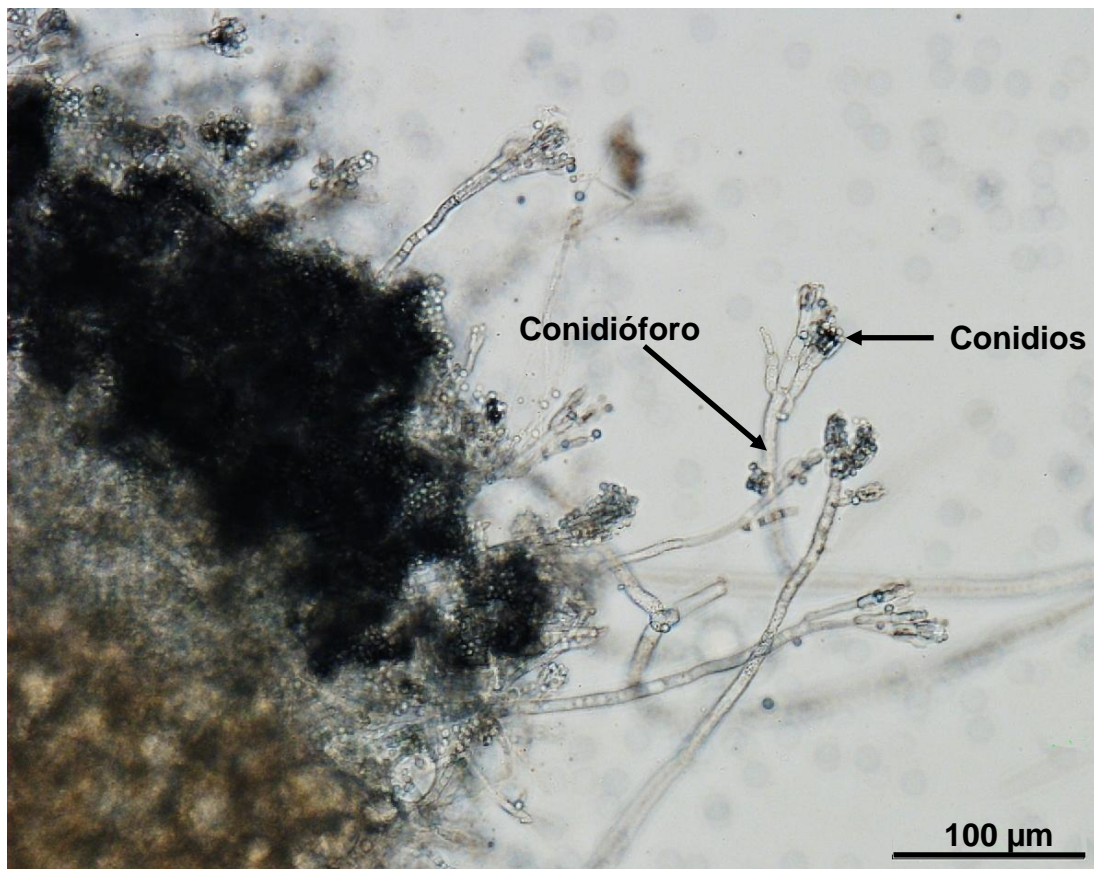
Detalle de las teliósporas en distintos grados de desarrollo

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

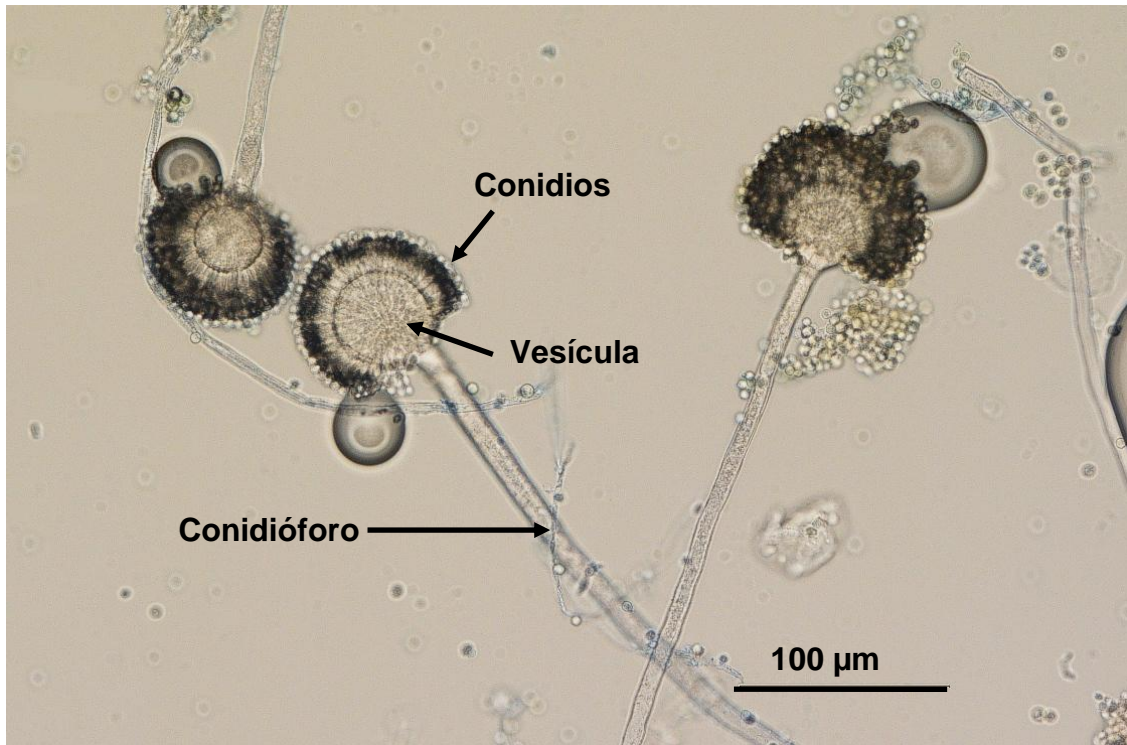


Las teliósporas presentan más compartimentos que en *Puccinia* y la pared está ornamentada por pequeñas papilas.

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

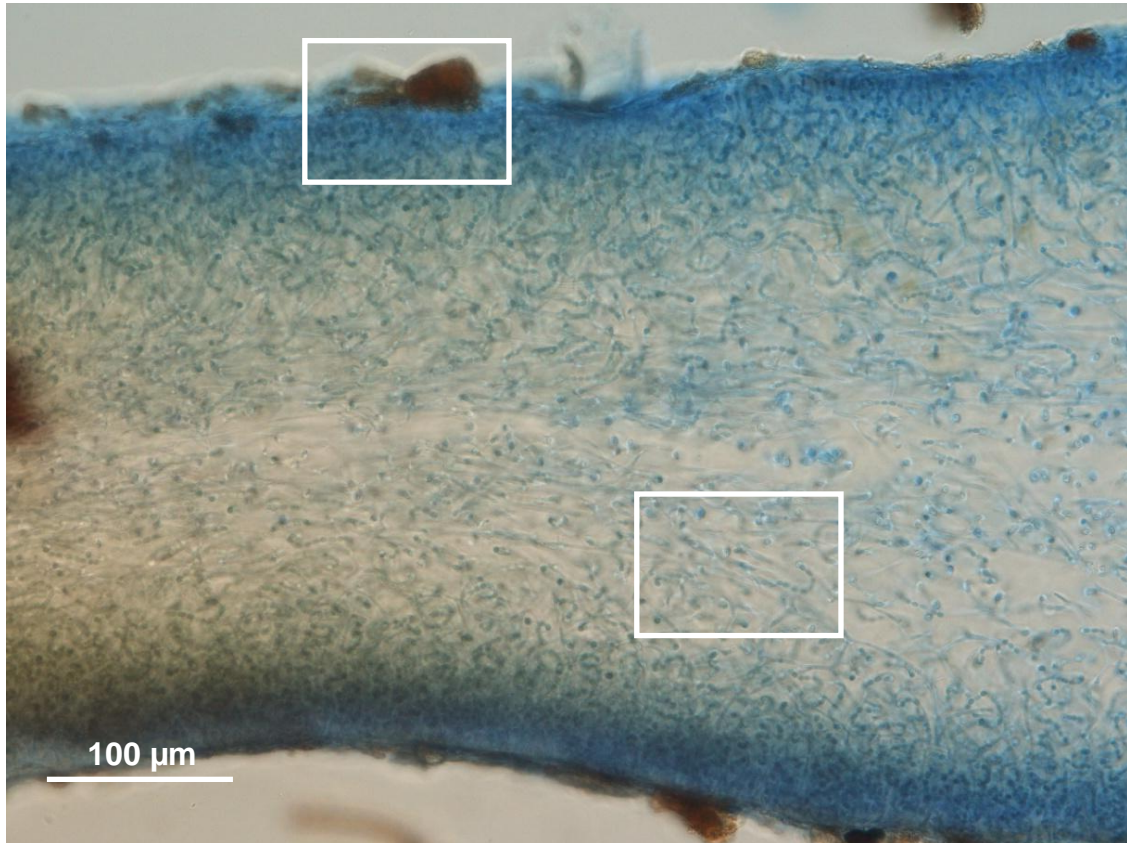


*Penicillium* sp. creciendo sobre pan. Fase asexual

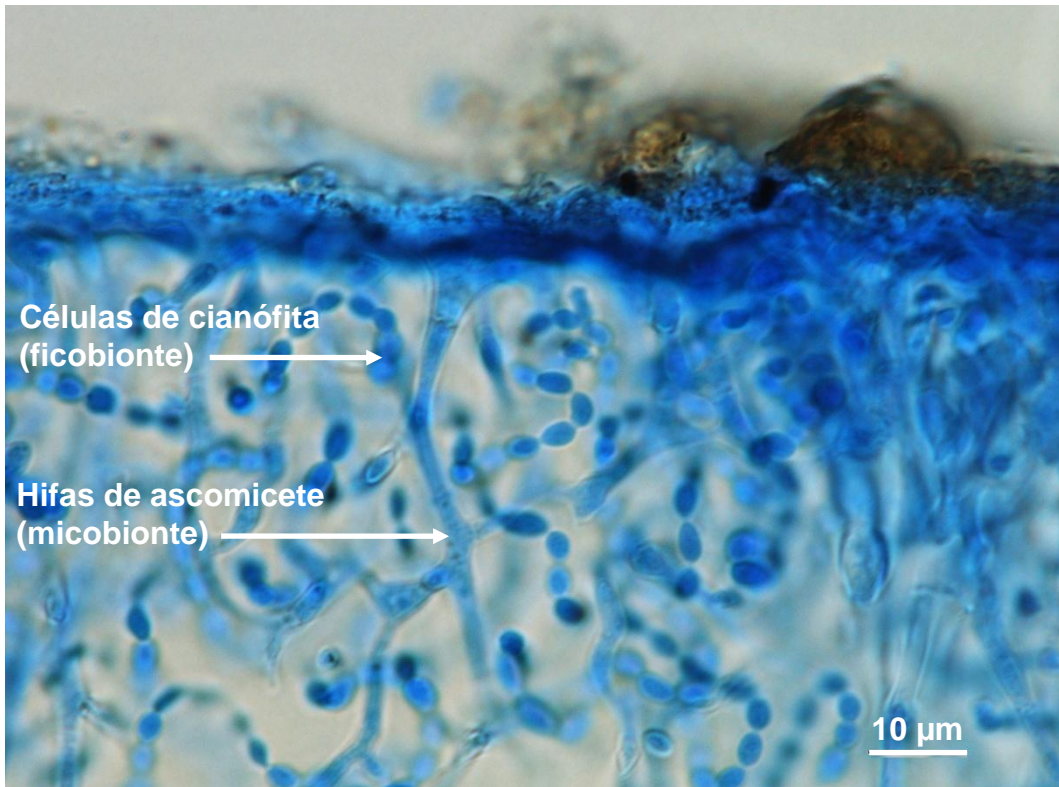


*Aspergillus* sp. Fase asexual

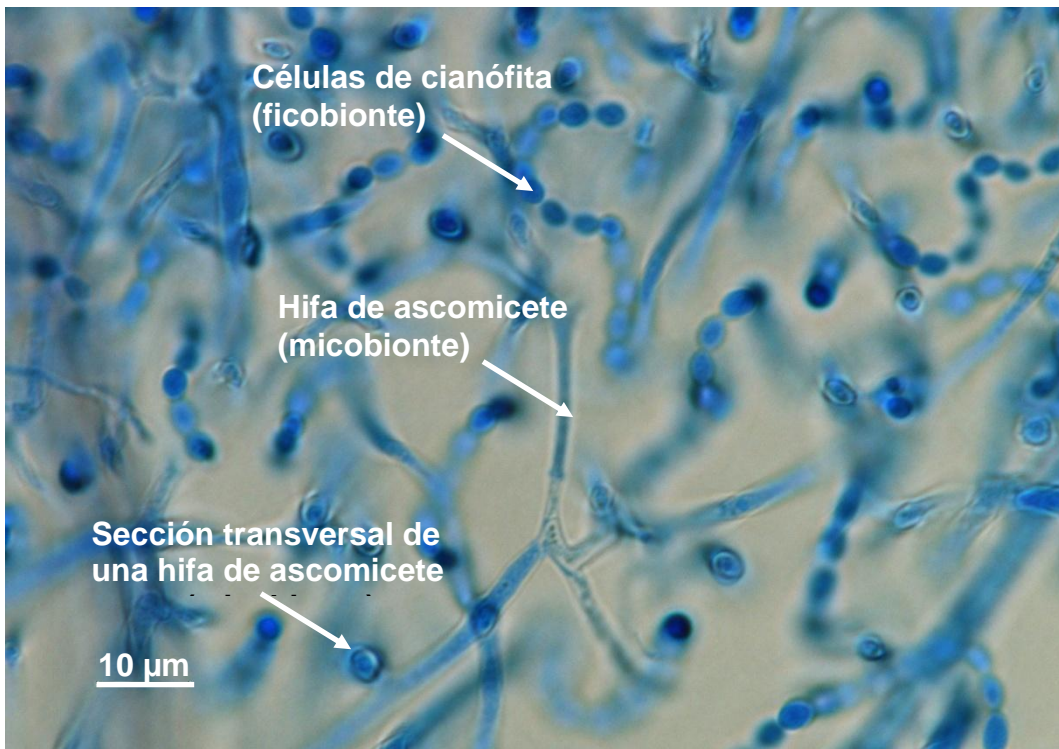
2.7 *Collema* (Ascomycota): un líquen homómero formado por un hongo en simbiosis con una cianobacteria



Corte transversal del talo, teñido con azul de lactofenol



Detalle de la parte superior de la sección del talo

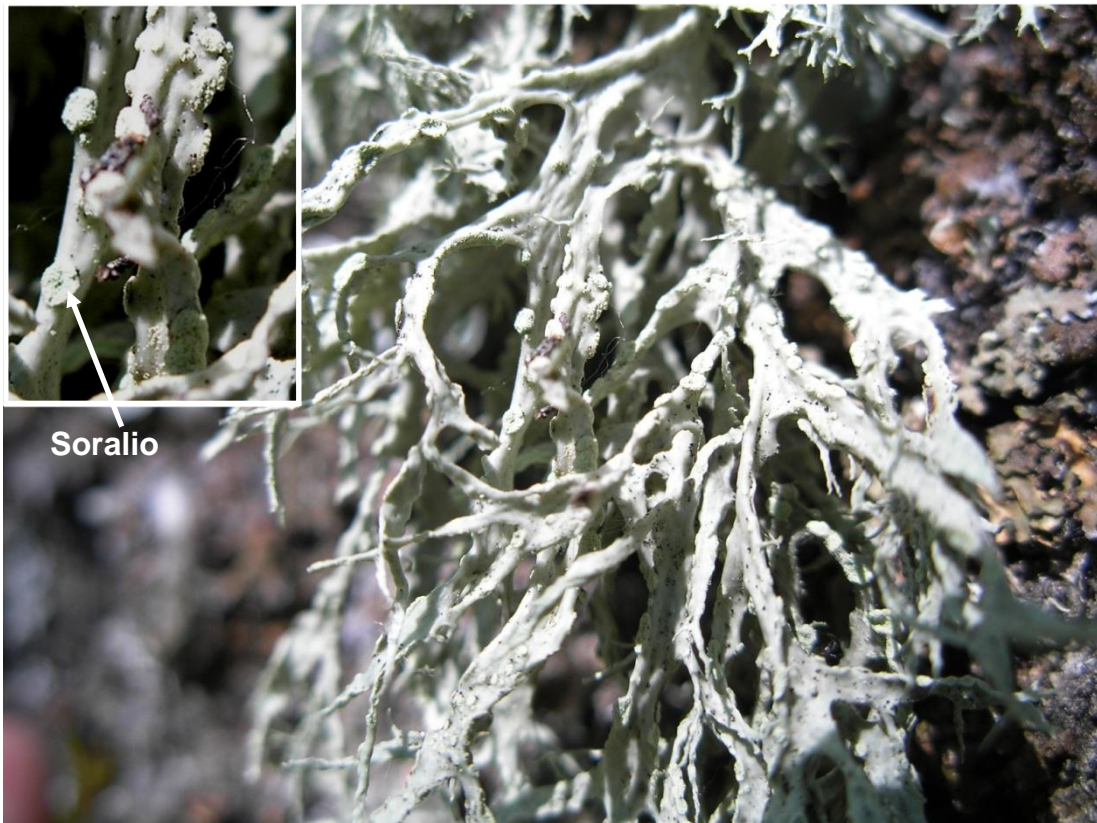


Detalle de la zona central de la sección del talo. Compare con *Nostoc*

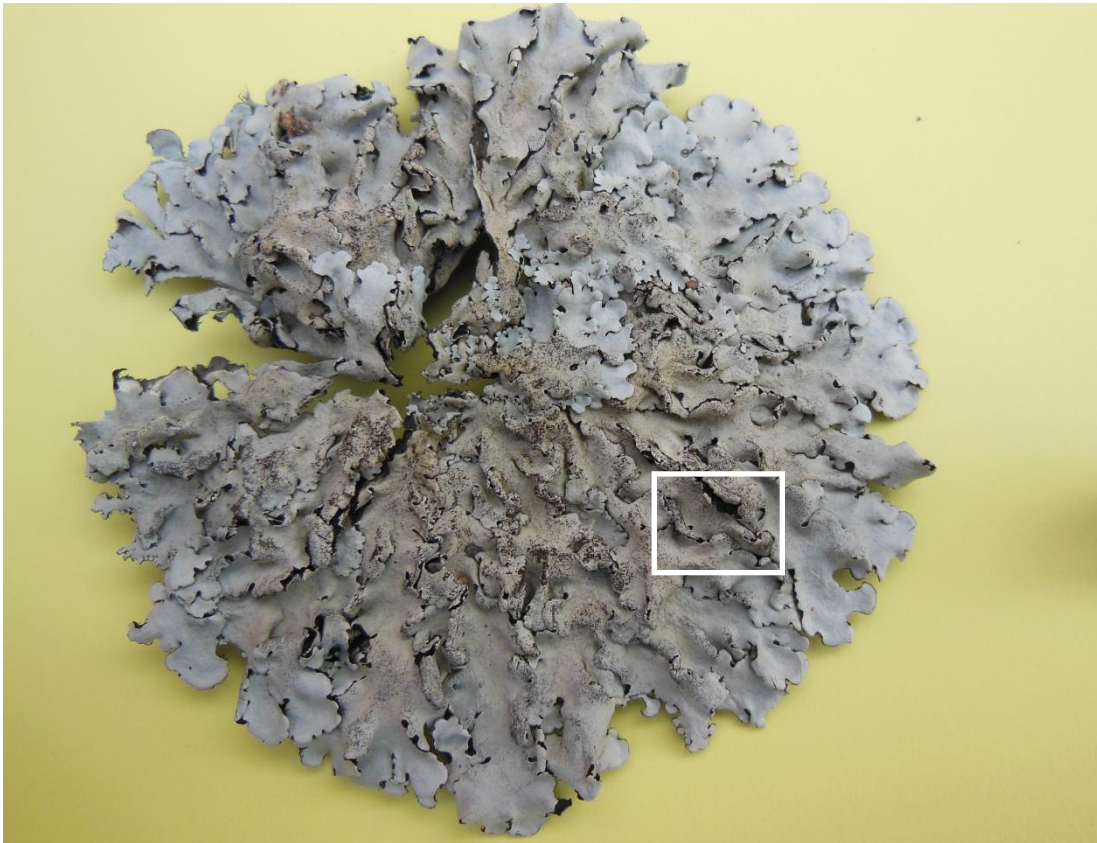
## 2.8 Algunos líquenes heterómeros comunes



*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



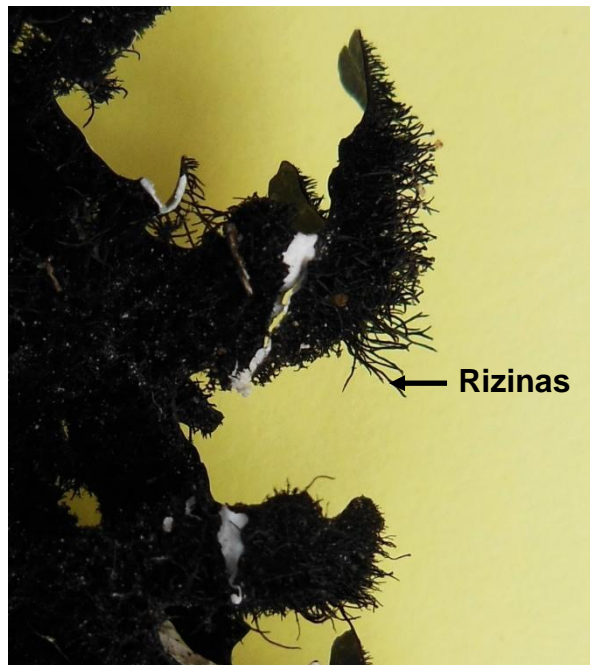
*Parmelina quercina*, un líquen foliáceo con apotecios marrones



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

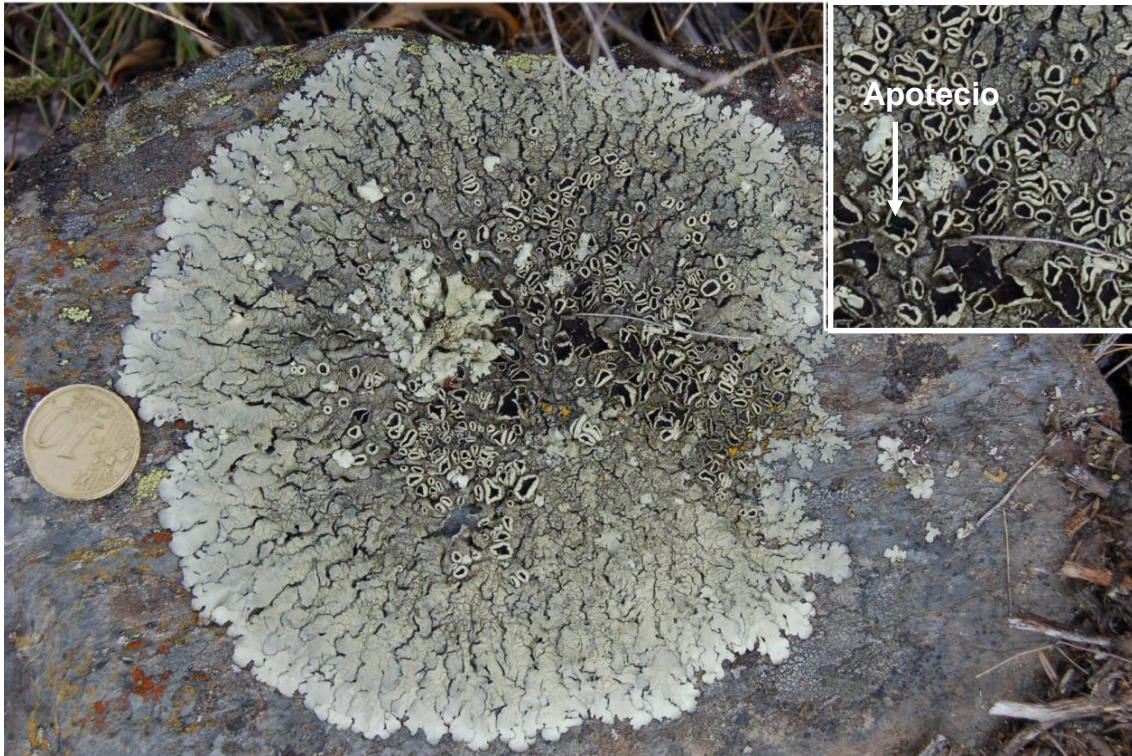


*Parmelia sulcata*, un líquen foliáceo con pseudocifelas (roturas del córtex a través de las que se observa la médula) y ricinas en la cara inferior.



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).



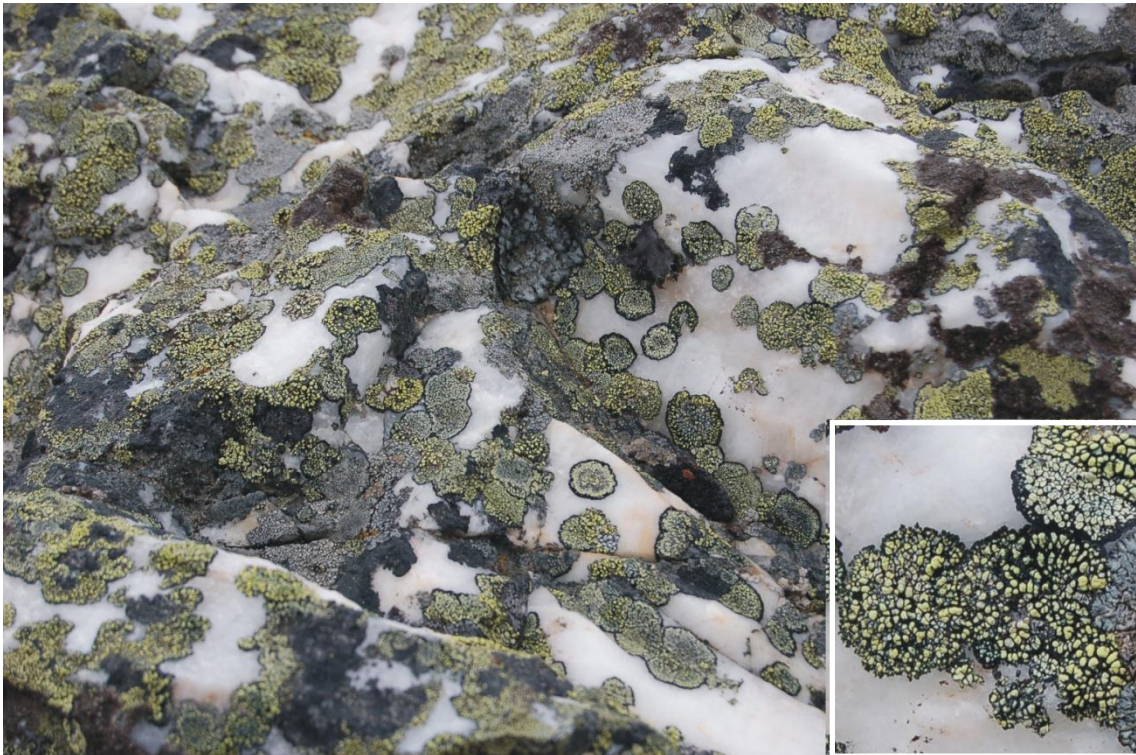
*Umbilicaria grisea*, líquen umbilicado (unido al sustrato por la zona central del talo) con talo de color pardo. Sobre la misma roca crecen diversos líquenes crustáceos.



*Lasallia pustullata*, otro líquen umbilicado



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

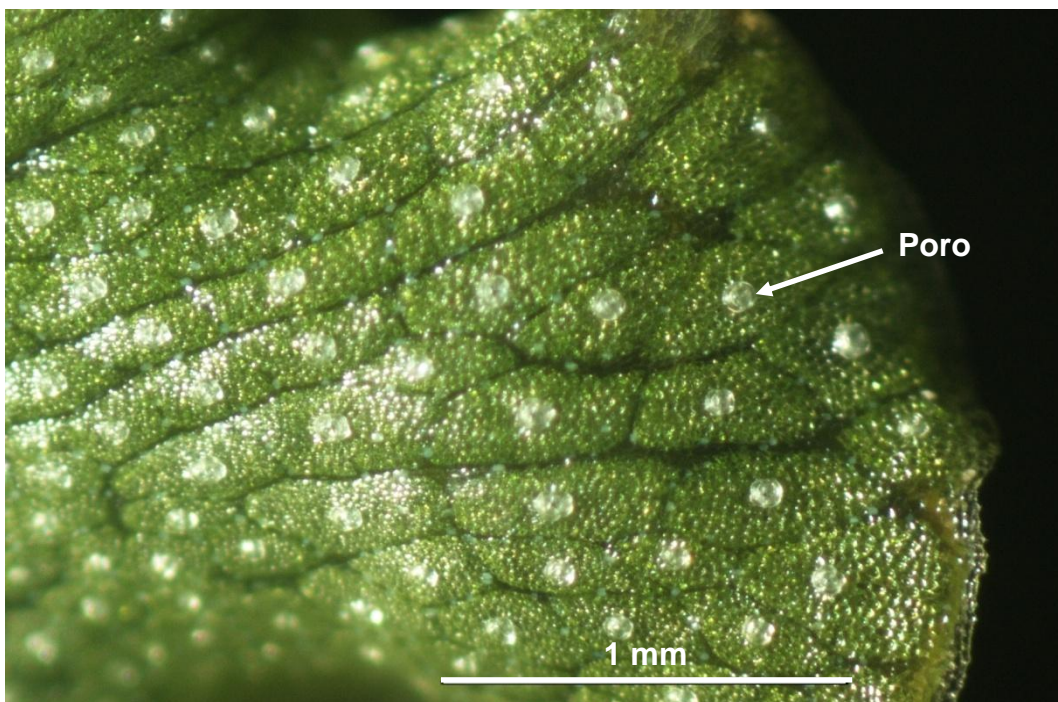


Sobre esta vena de cuarzo masivo domina el color de los talos amarillos con reborde negro de *Rhizocarpon geographicum*, otro liquen crustáceo. Con más detalle en el recuadro.

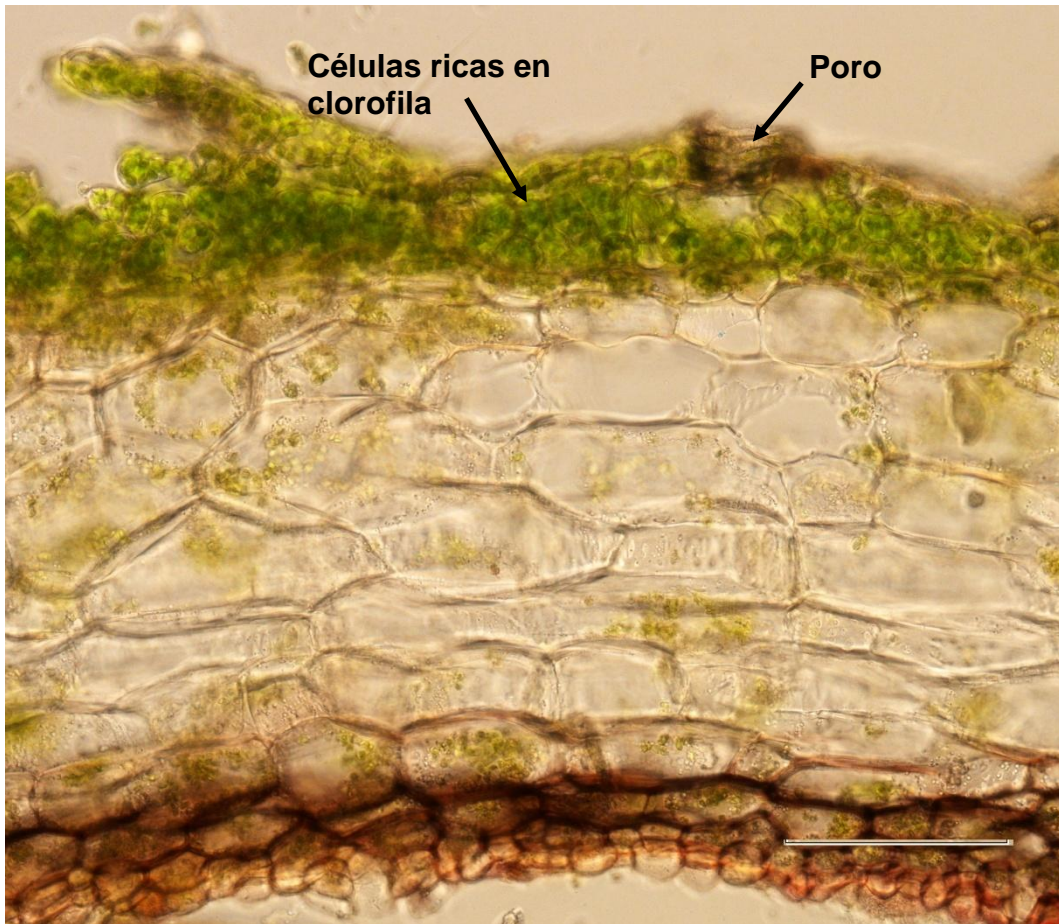
### 3.1. Hepática talosa (Marchantiophyta)



Gametofito de una hepática talosa con estructuras de reproducción asexual (conceptáculos) y sexual (arquegonioforos y anteridioforos).



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



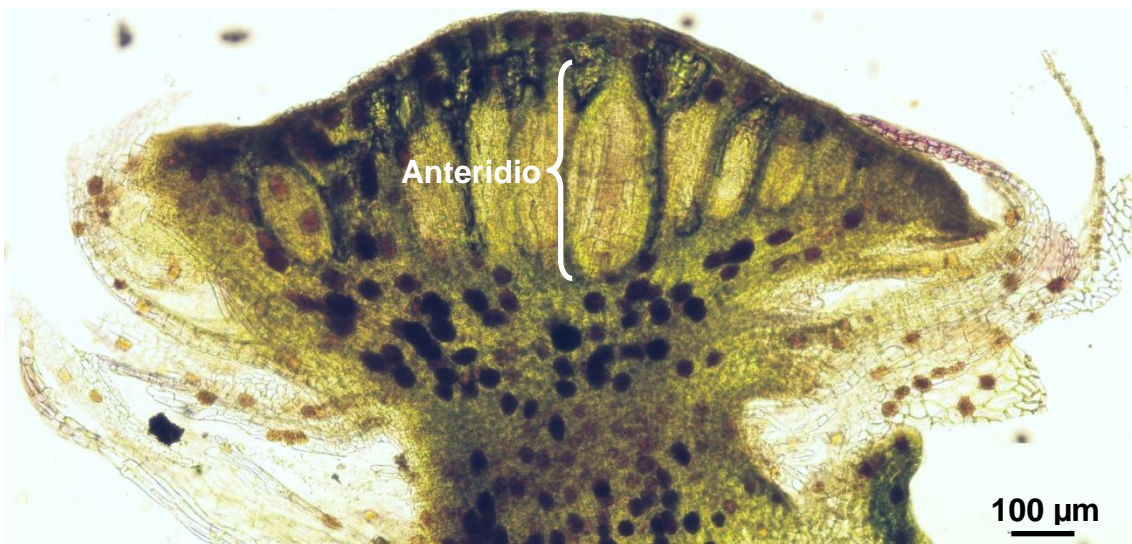
Corte transversal del gametofito

Estructuras de reproducción sexual (en el gametofito)





Anteridióforos 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

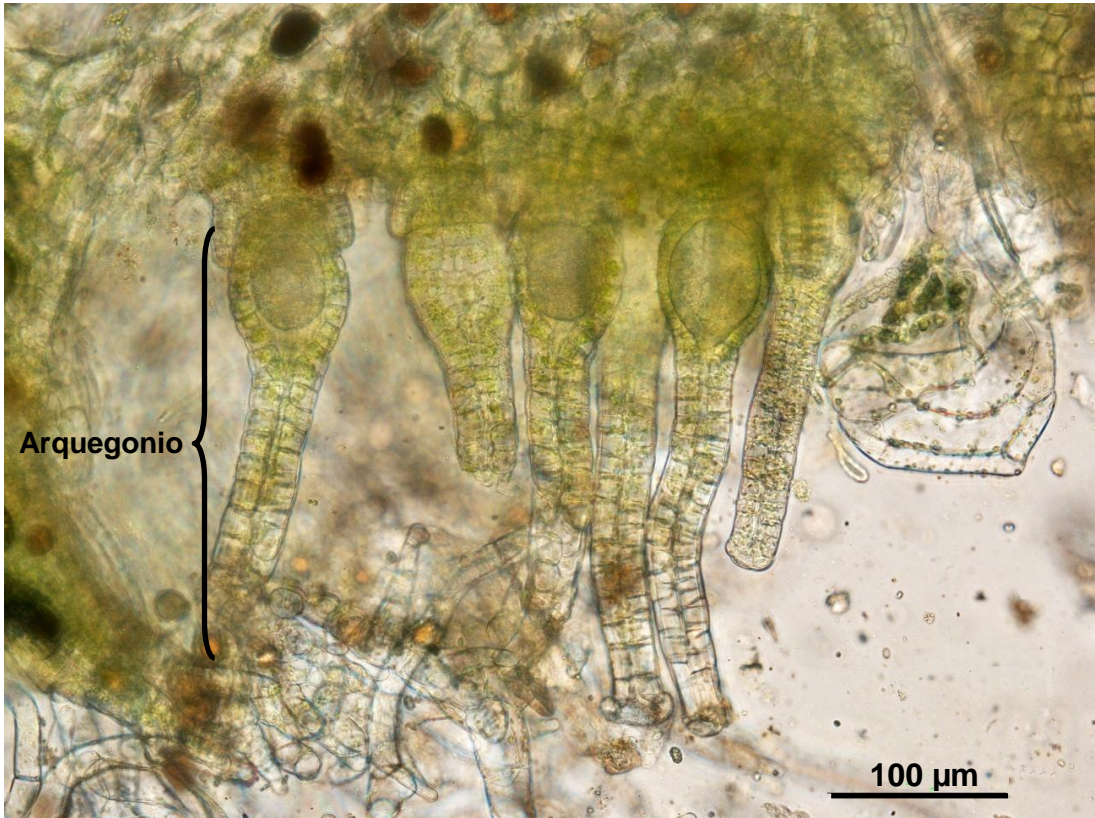


Corte longitudinal de un arquegonióforo joven. El recuadro señala donde se formarán los arquegonios (gametangios femeninos).





Arquegoni6foro maduro



Secci6n del arquegoni6foro con los arquegonios (gametangios femeninos) ya formados.

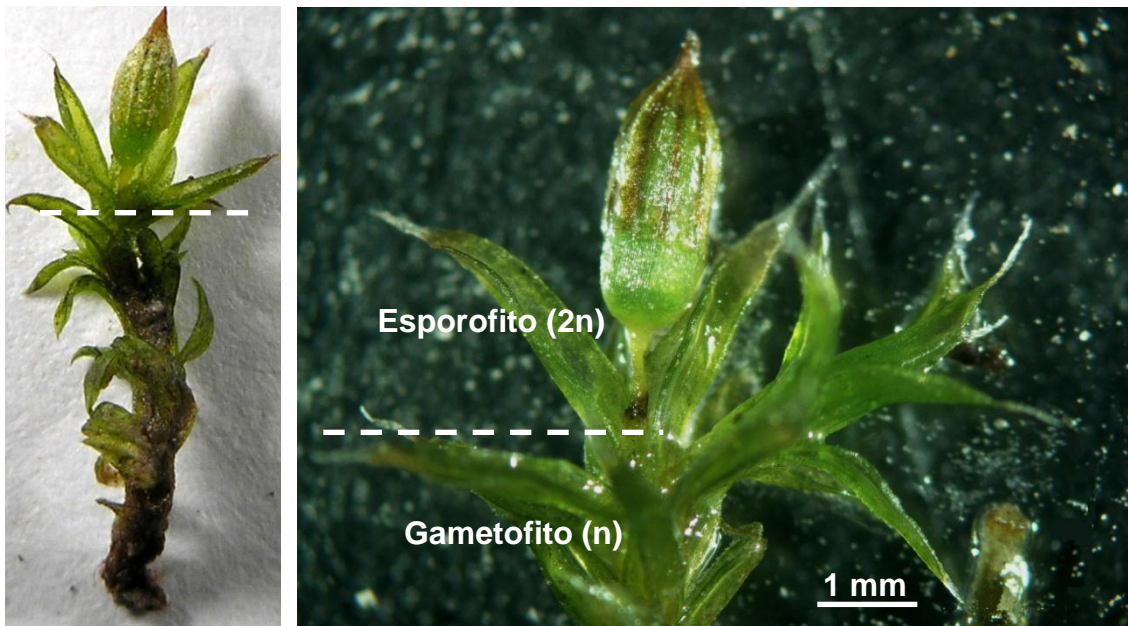


Después de la fecundación, el cigoto se desarrolla y forma el esporofito (de pequeño tamaño) que permanece unido al arquegonióforo (gametofito).

### 3.2 *Orthotrichum* (Bryophyta): un musgo sencillo



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



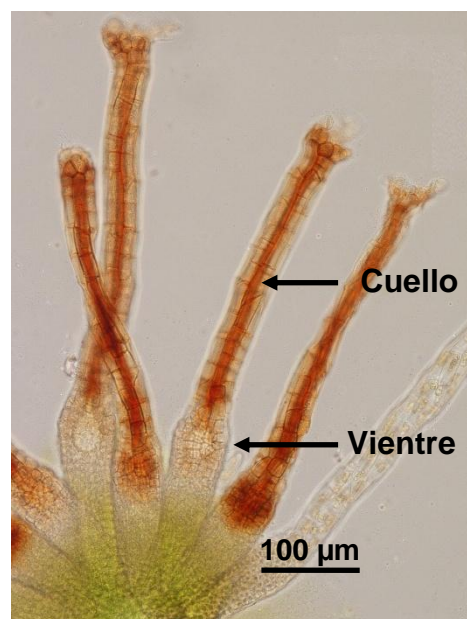
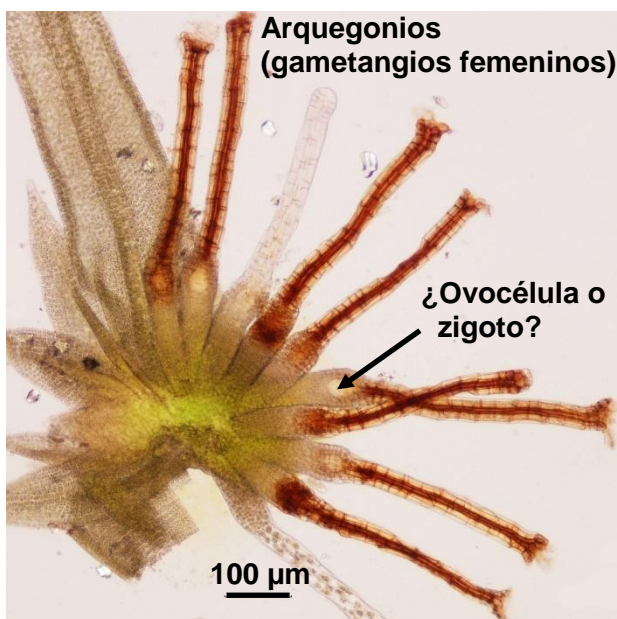
Un individuo visto a la lupa binocular. Imágenes: José Pizarro



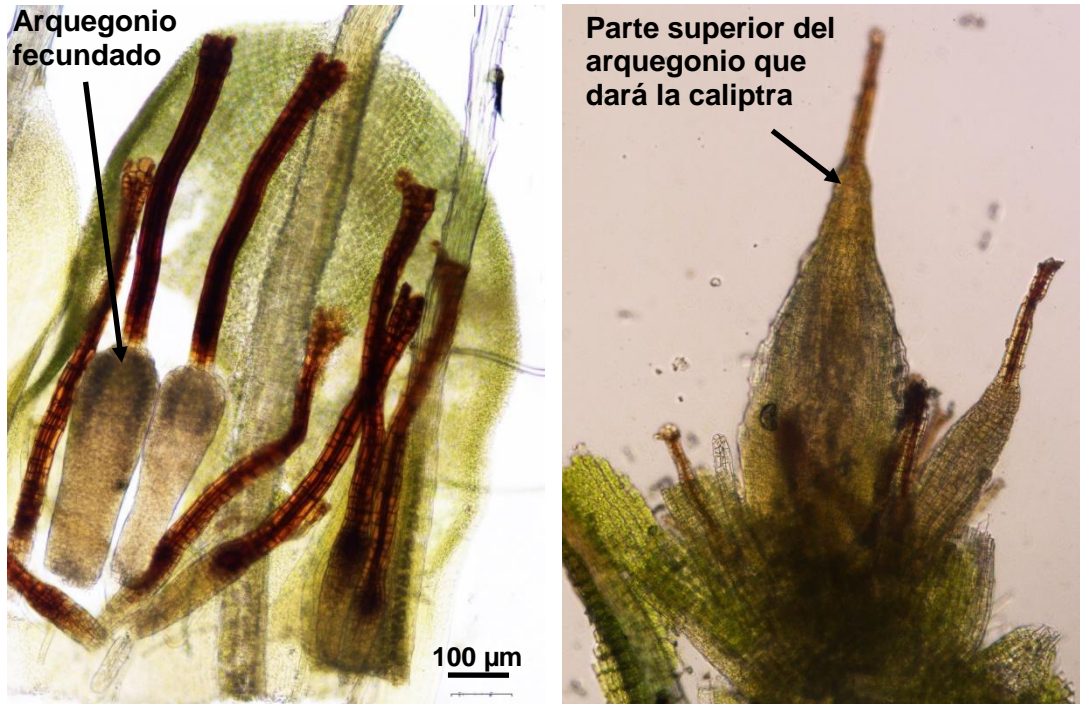
En el ápice del gametofito se forman los gametangios femeninos y masculinos.



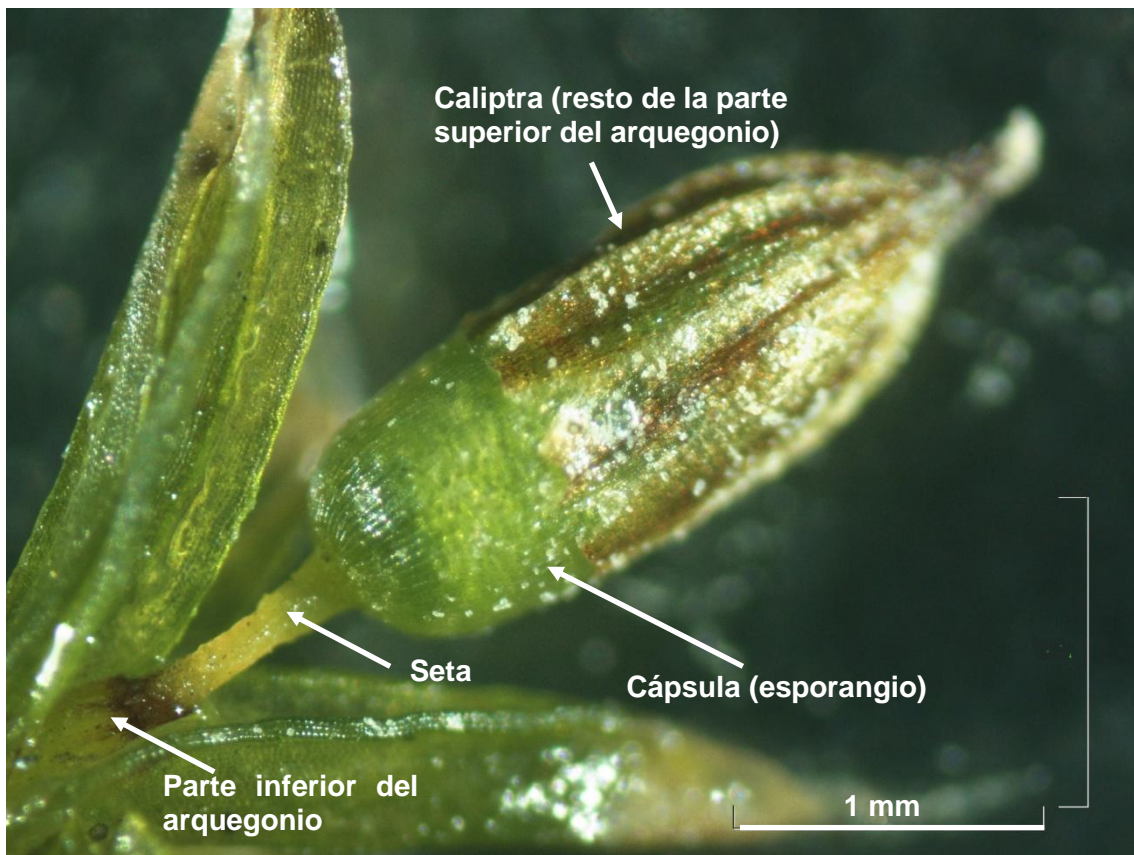
Conjunto de anteridios (separados del gametofito)



Conjunto de arquegonios (separados del gametofito)



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

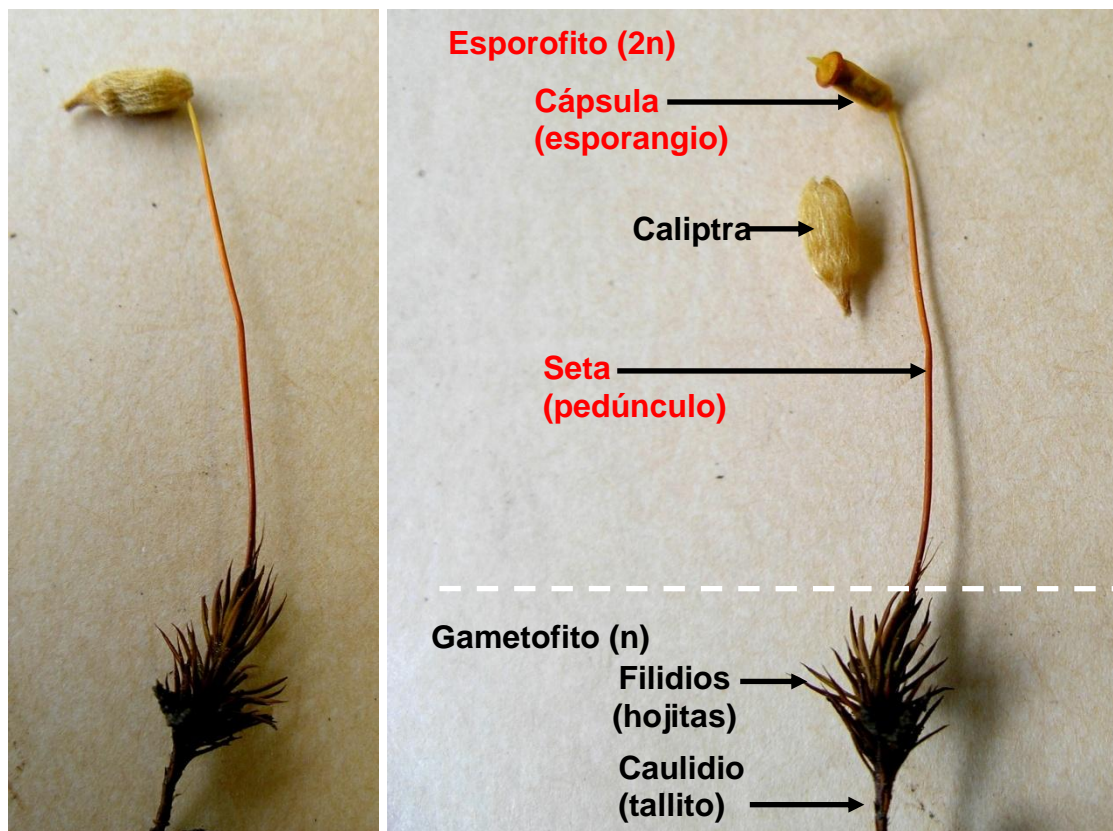


Esporofito desarrollado. Consta de cápsula (esporangio), seta y pie (dentro de la parte inferior del arquegonio). A través del pie el esporofito recibe nutrientes del gametofito. Imagen: José Pizarro.

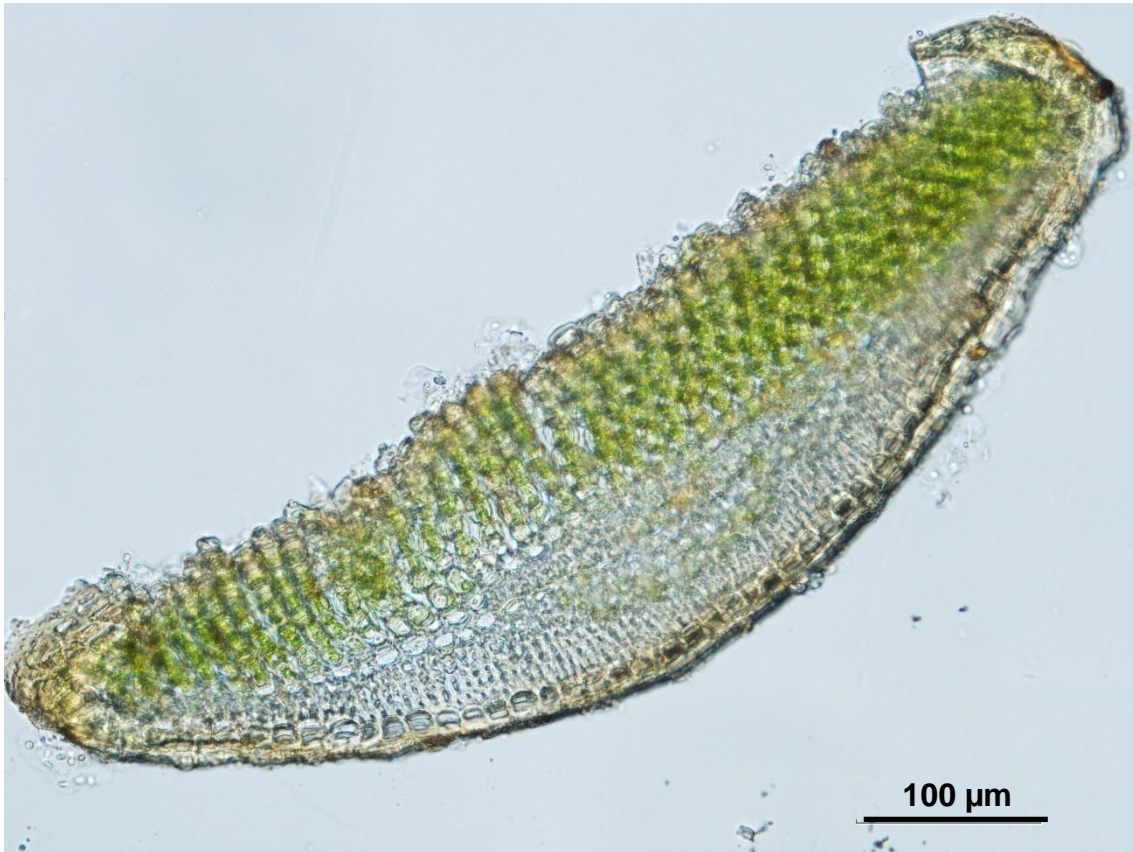
### 3.3 *Polytrichum* (Bryophyta): un musgo común bastante complejo



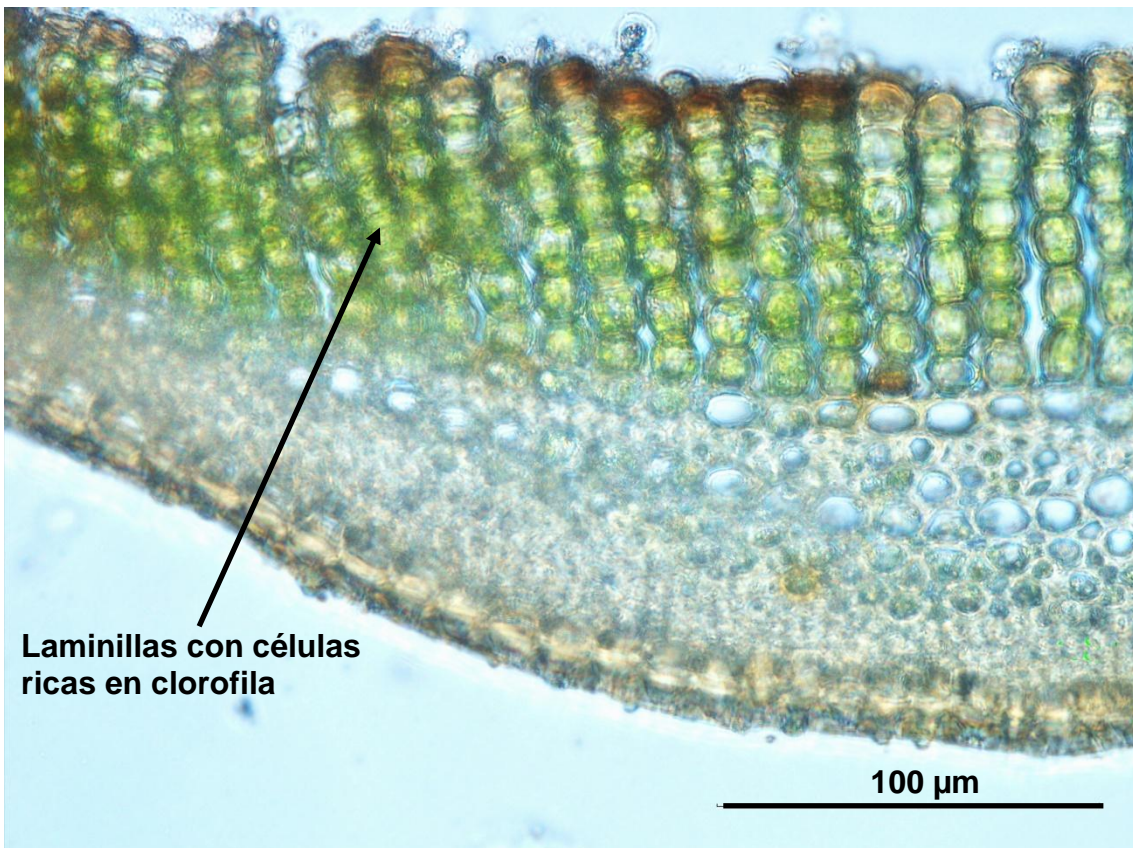
*Polytrichum* sp. en la Sierra Norte de Madrid (13.06.2012)



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



Sección transversal de un filidio, con células diferenciadas

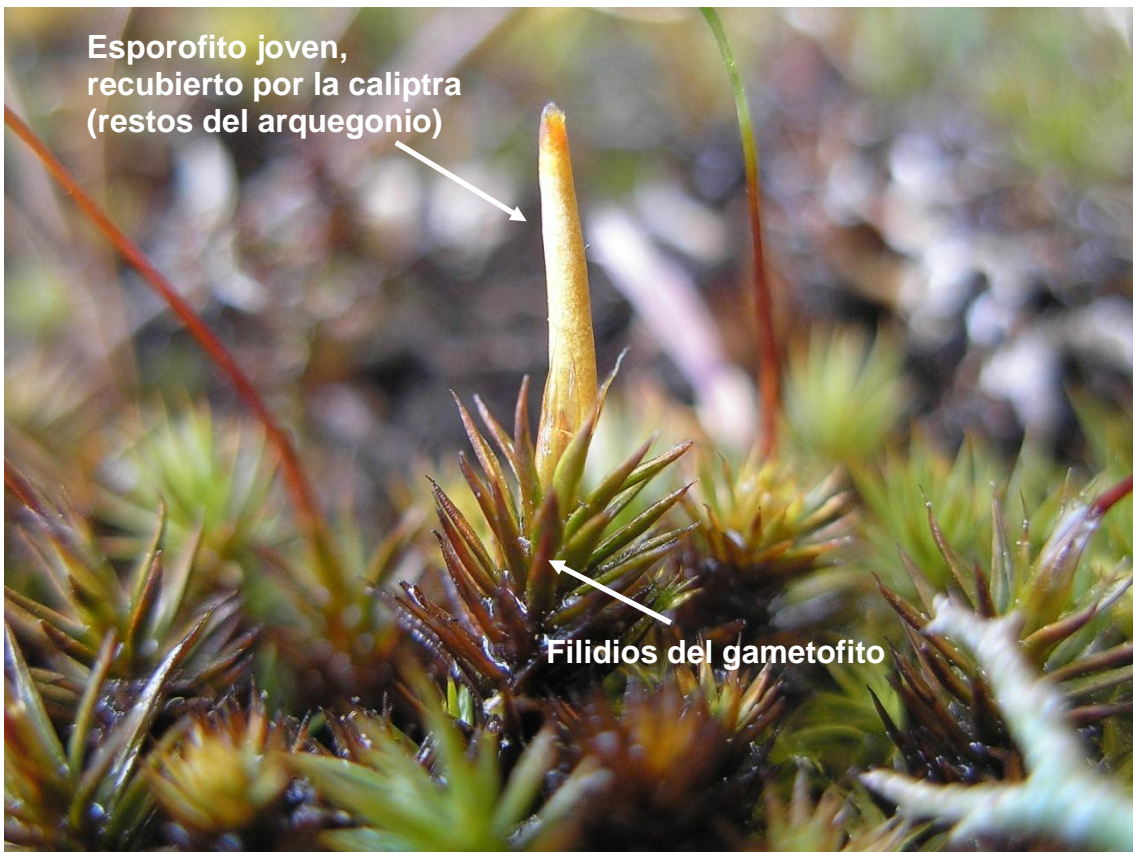


Laminillas con células  
ricas en clorofila

Detalle de la imagen anterior



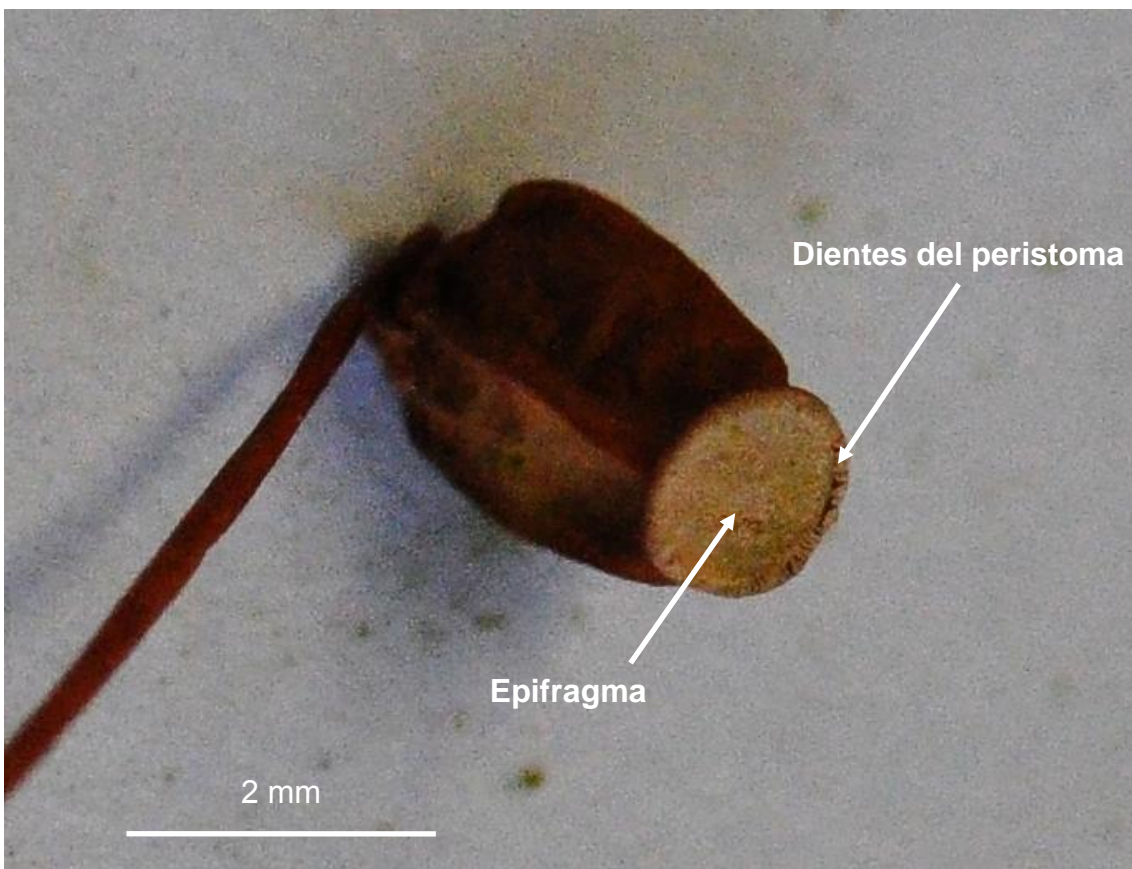
Cabezuela con anteridios (gametangios masculinos), después de rehidratar la planta en el laboratorio.



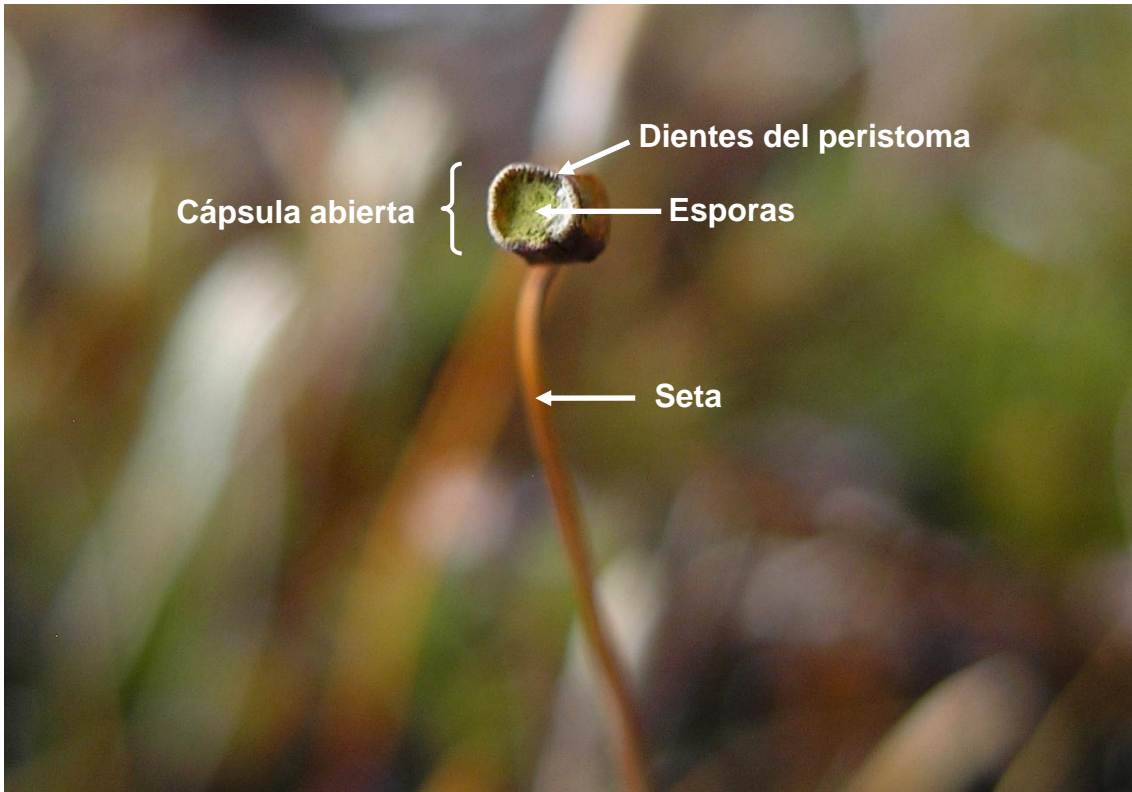




Detalle de la caliptra de un esporofito ya maduro

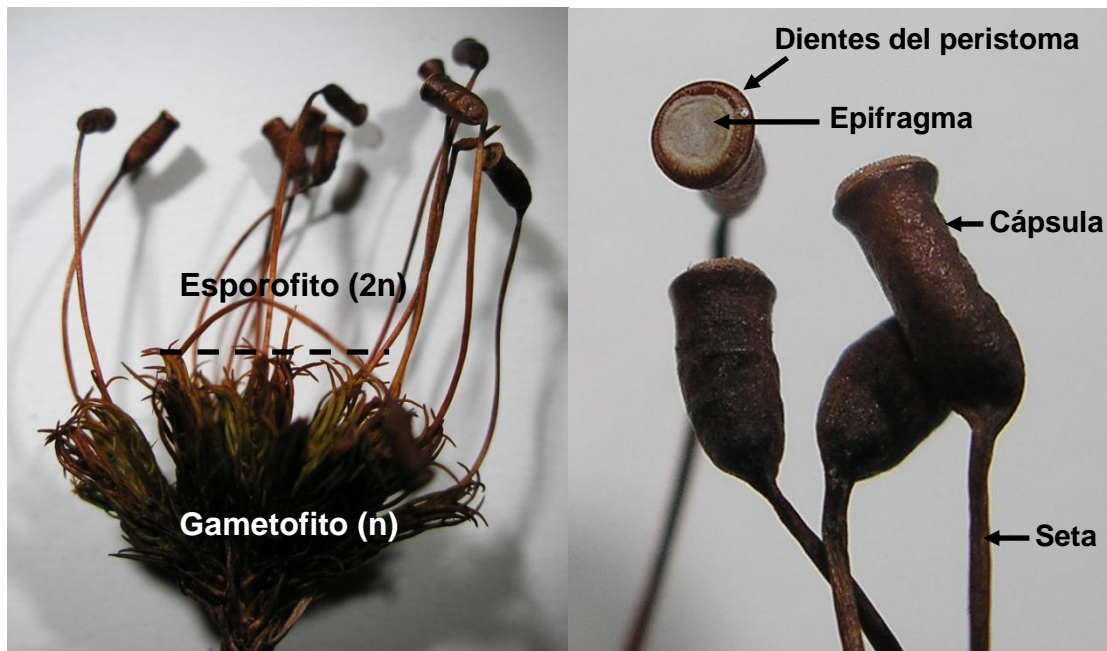


Detalle de la cápsula sin caliptra pero todavía con el epifragma (membrana que cierra el peristoma).

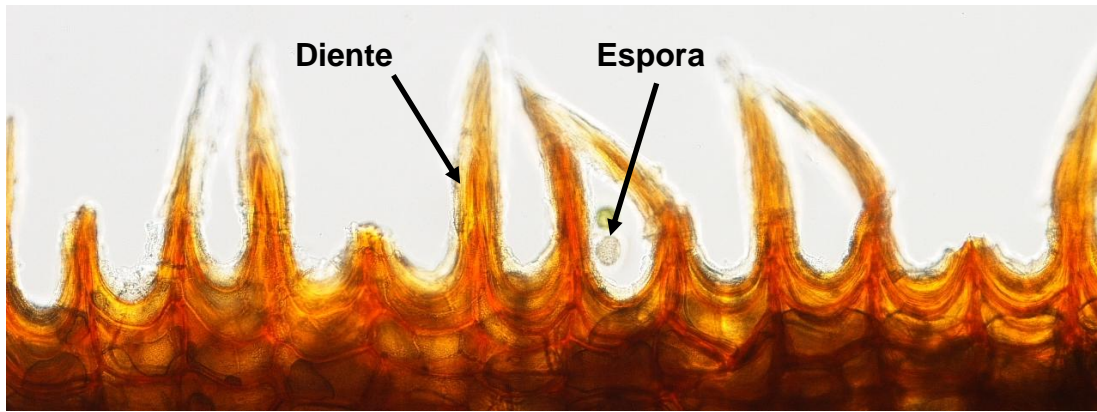


Cápsula sin caliptra y sin epifragma

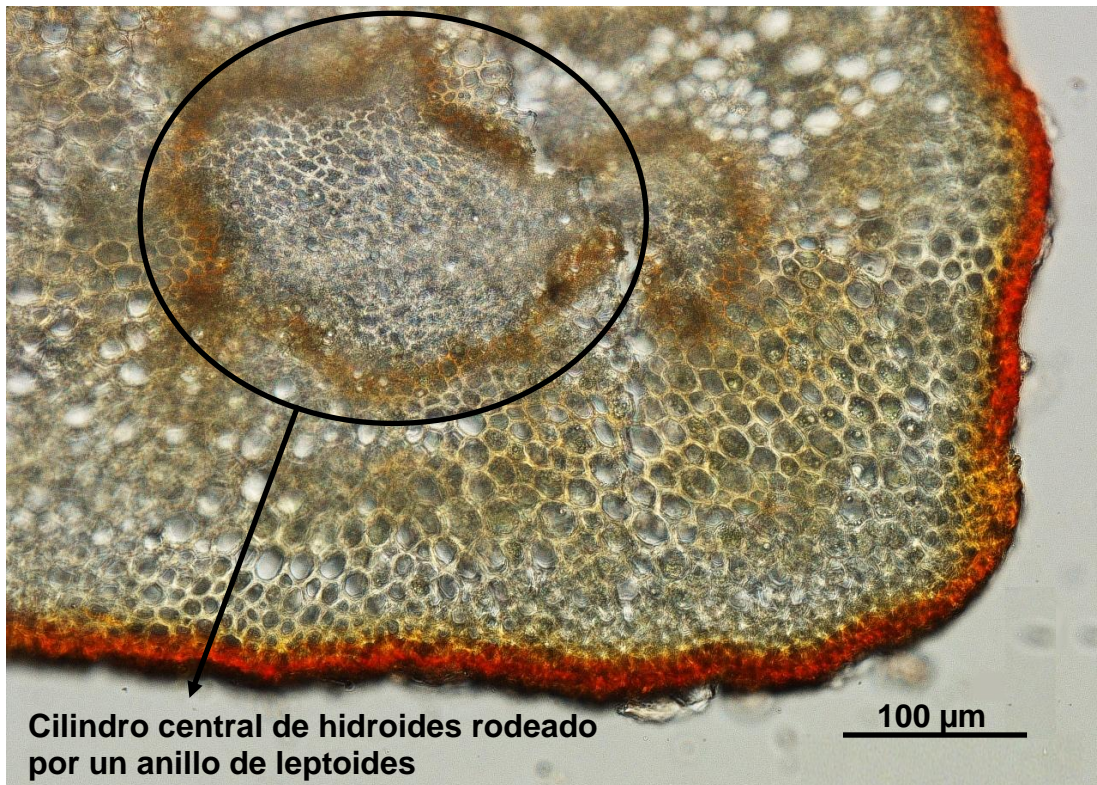
### 3.4 *Dendroligotrichum* (Bryophyta): un musgo del Hemisferio Sur



*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 caulidio mostrando diferentes capas



Sección transversal de un filidio

#### 4.1 Algunos helechos homósporos comunes



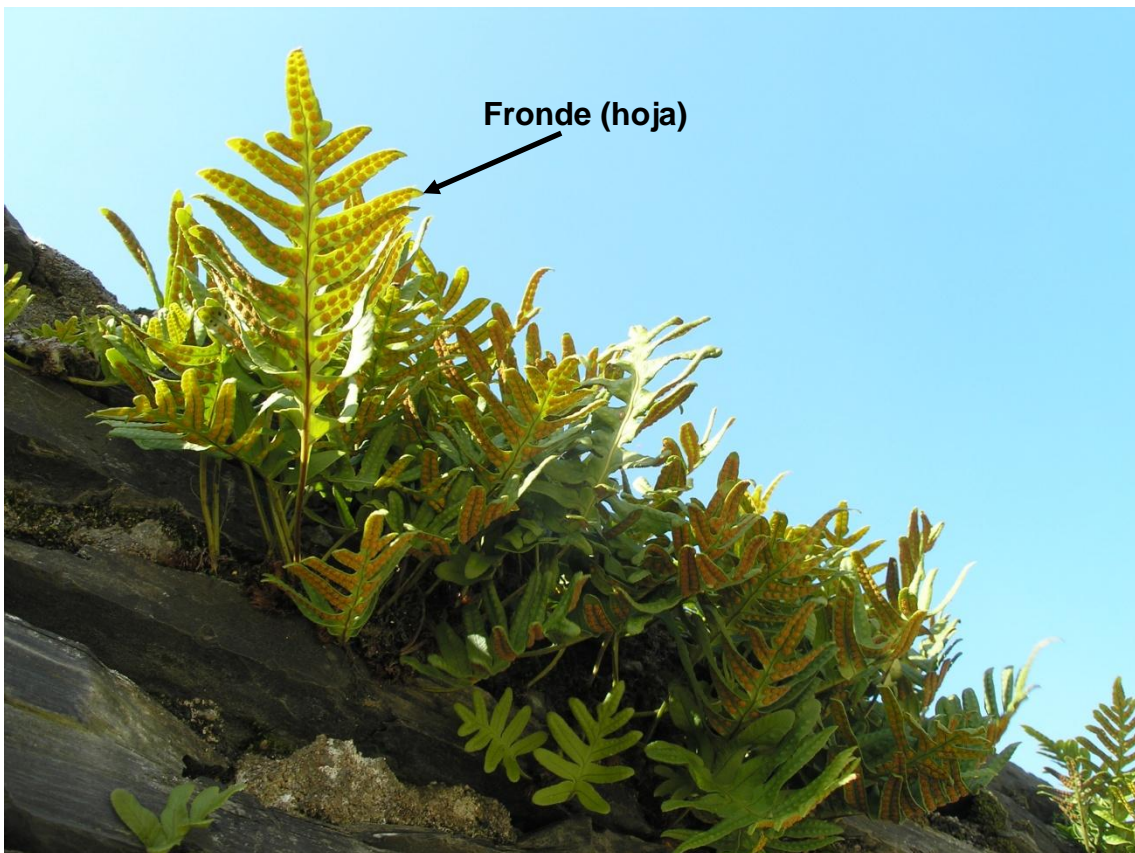
Esporofito de *Asplenium trichomanes*



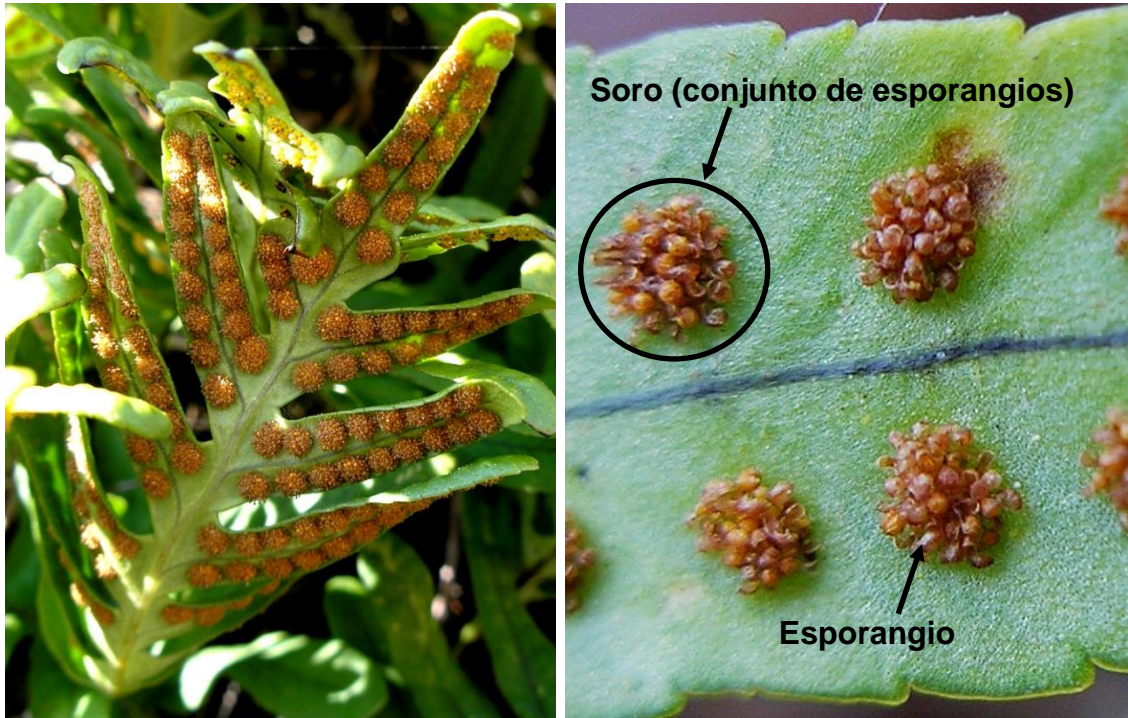
Esporofito de *Asplenium billotii*



Esporofito de *Ceterach officinarum*



Esporofito de *Polypodium* sp.

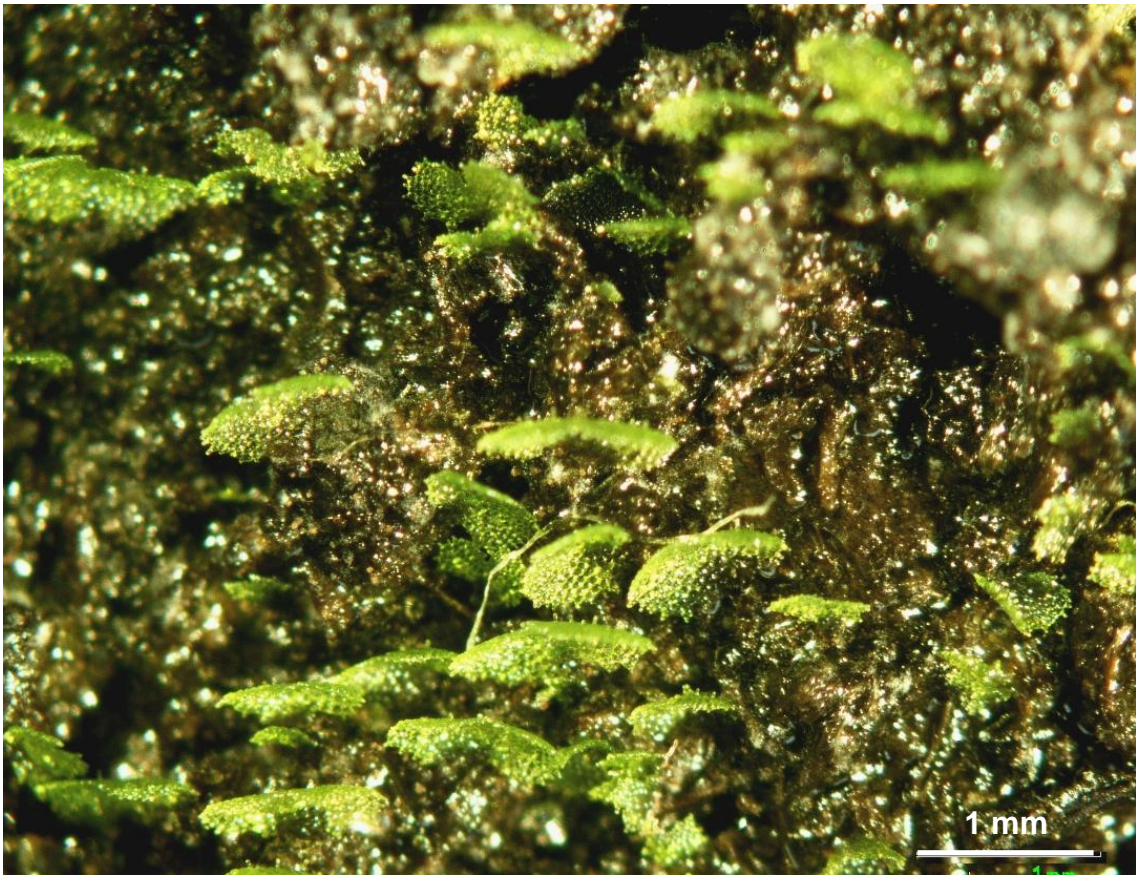


*Polypodium* sp.. Fronde con esporangios agrupados en soros desnudos (sin indusio).

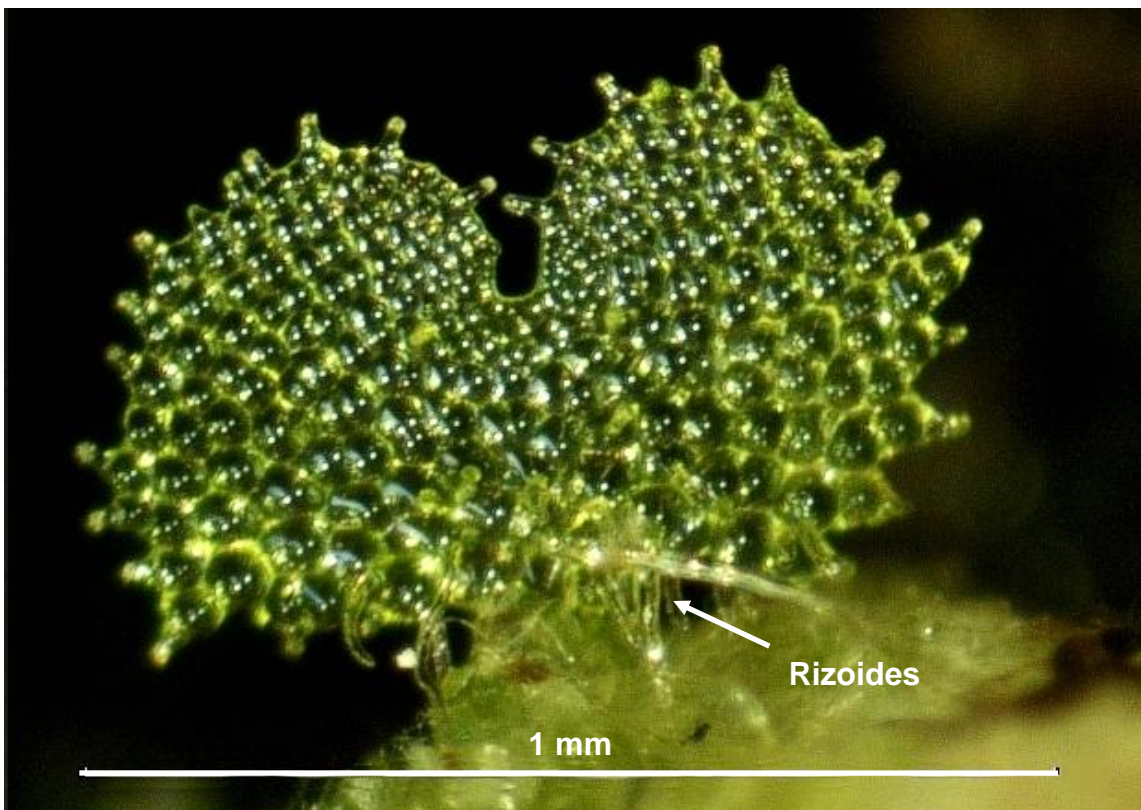


Esporofito de *Blechnum spicant*, creciendo en una grieta (uno de los hábitats preferidos por muchos helechos).

## 4.2 Diversas etapas del ciclo de vida de un helecho homósporo



Una siembra densa de esporas produce muchos gametofitos

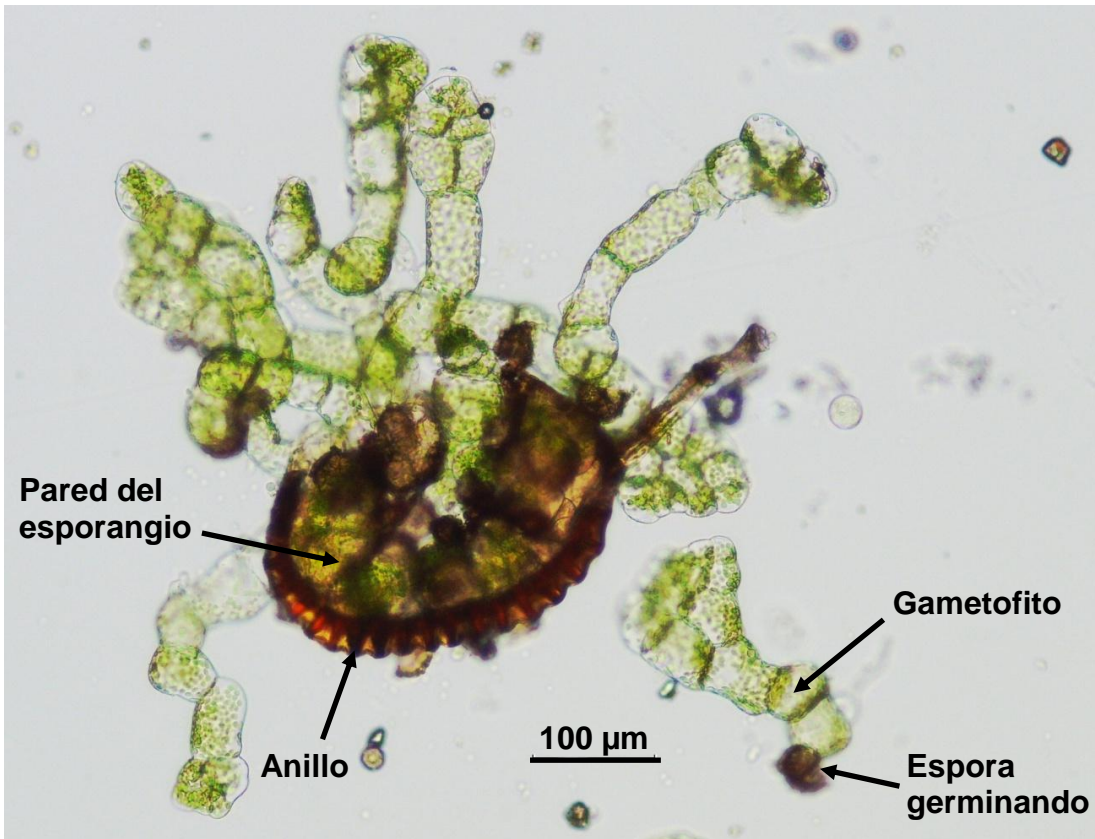


Detalle de un gametofito joven. Imagen a la lupa binocular: José Pizarro



Cuando se produce la fecundación se forman esporofitos

Imágenes del ciclo vital de un helecho, al microscopio óptico

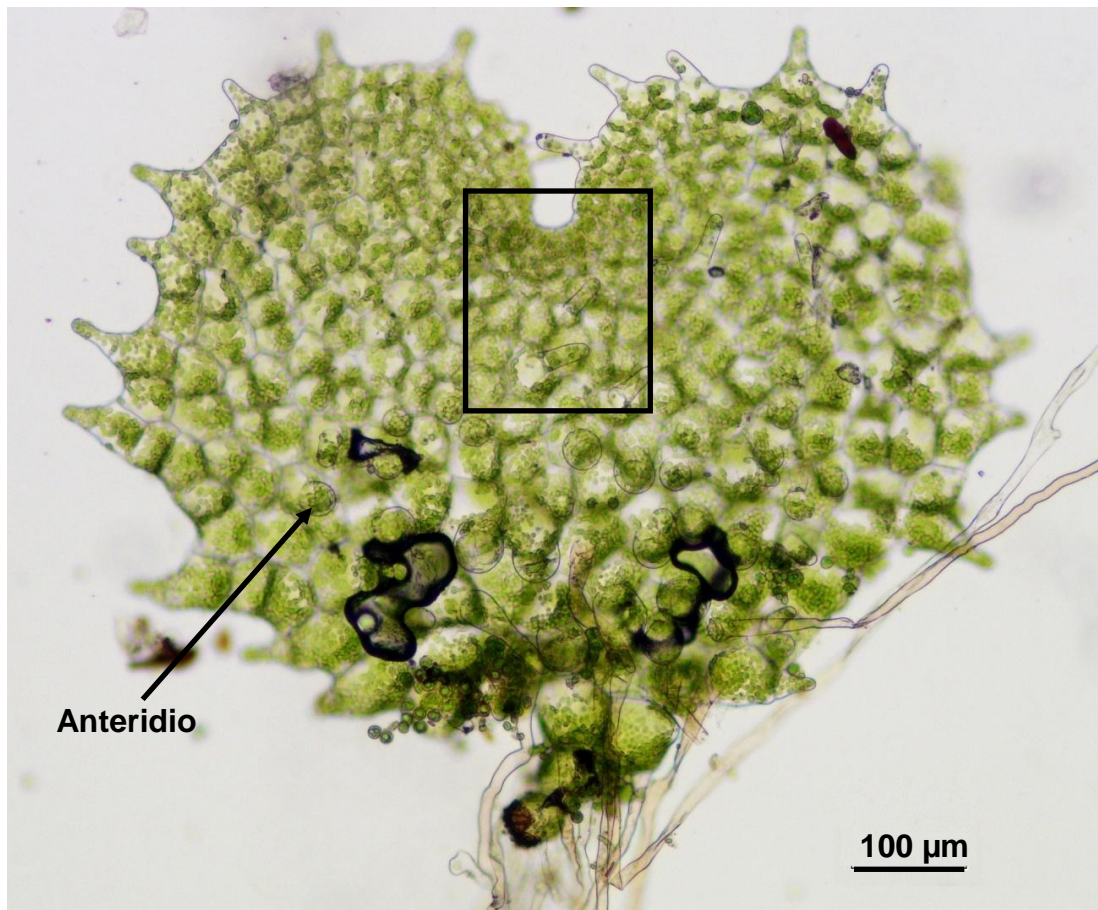


Un esporangio liberando esporas que comienzan a germinar dando el gametofito. Imagen al microscopio óptico.

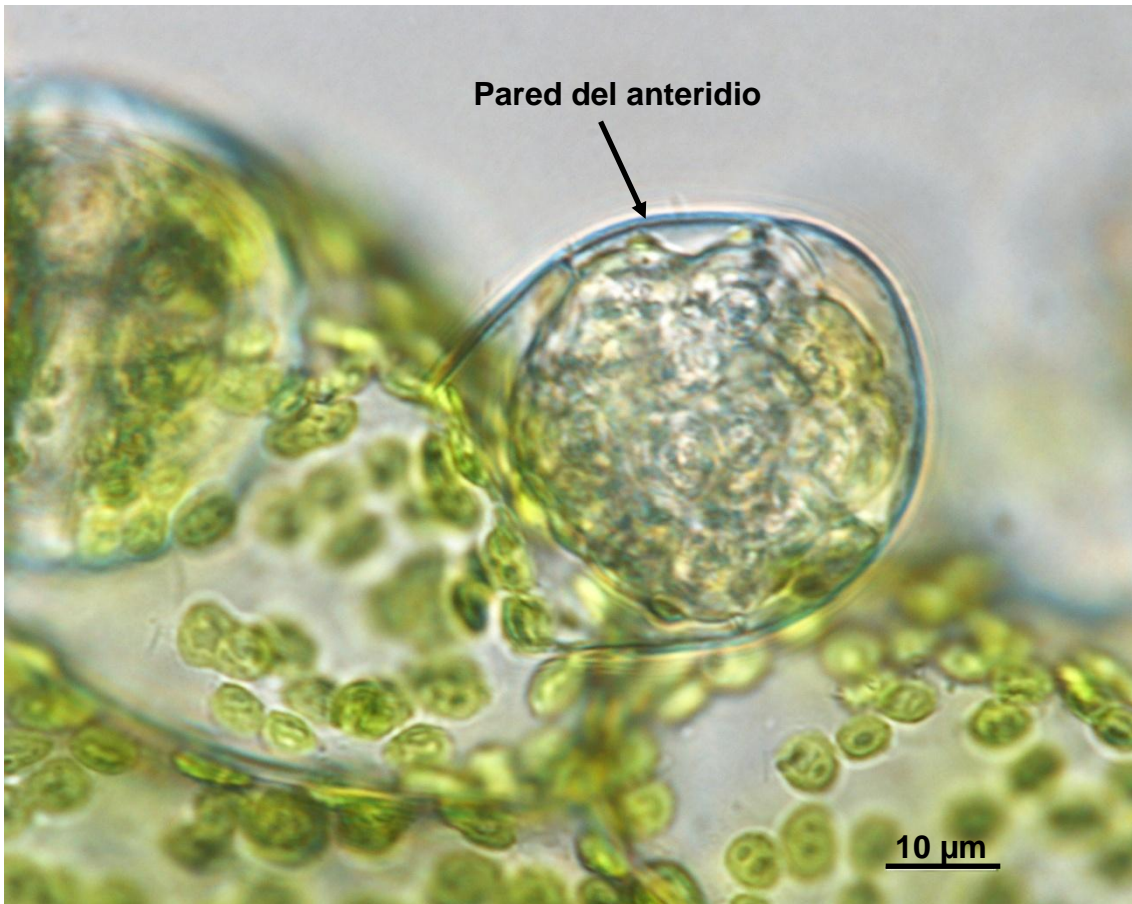




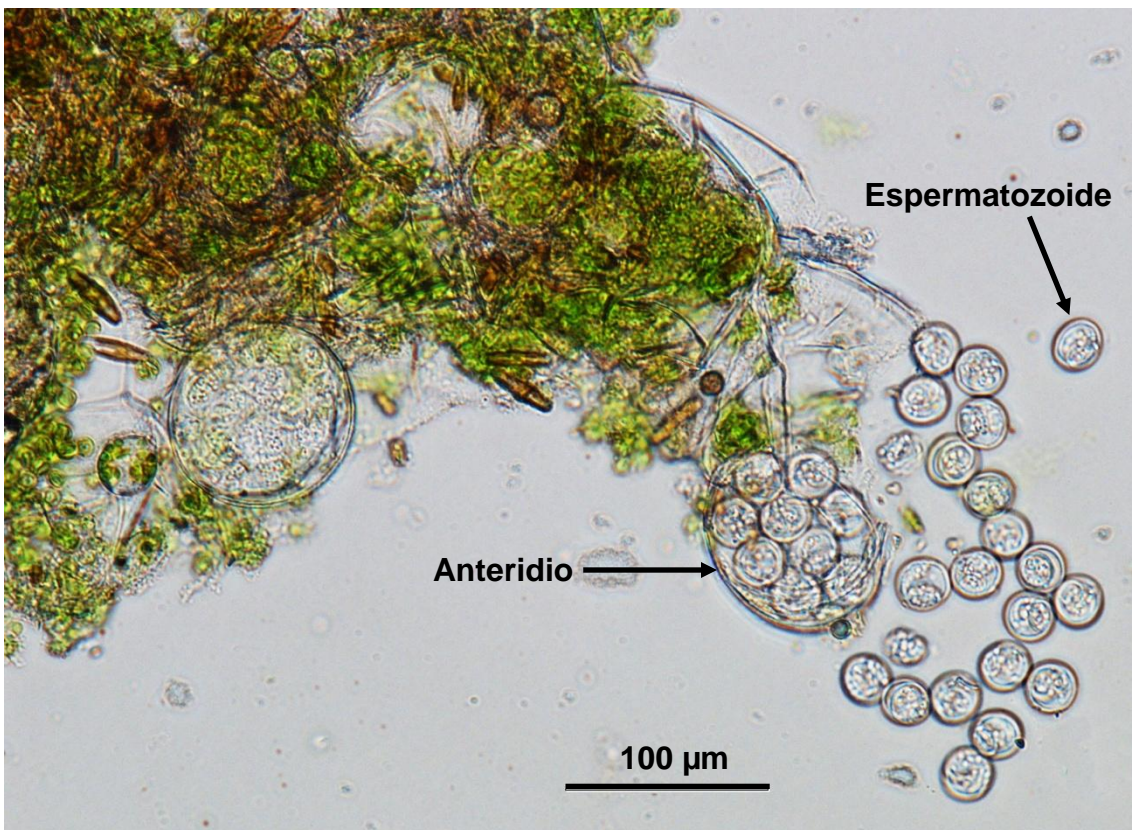
Primeras fases del crecimiento del gametofito. Cuando solo hay un tipo de esporas, el gametofito se desarrolla de forma exospórica, es decir, fuera de la pared esporal.



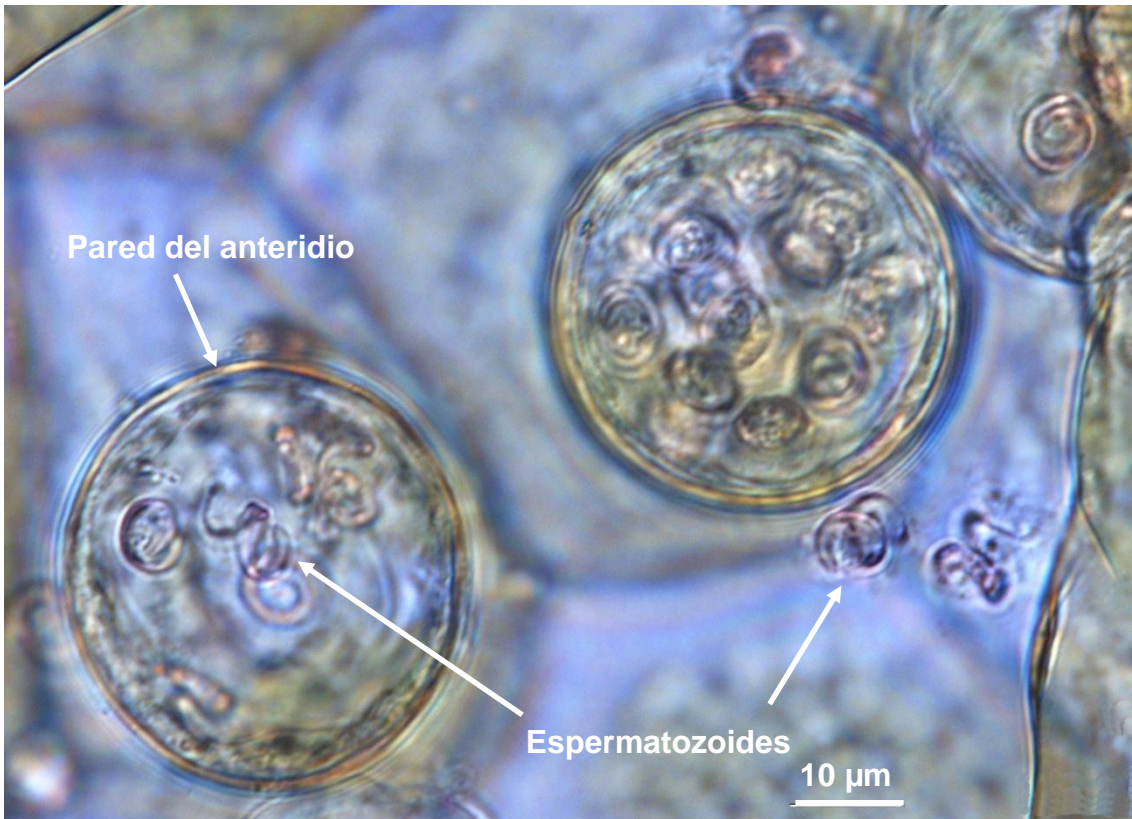
Cuando el gametofito alcanza cierto tamaño se diferencian los anteridios (gametangios masculinos). Normalmente los arquegonios (gametangios femeninos) se forman un poco después, en la zona marcada con el recuadro.



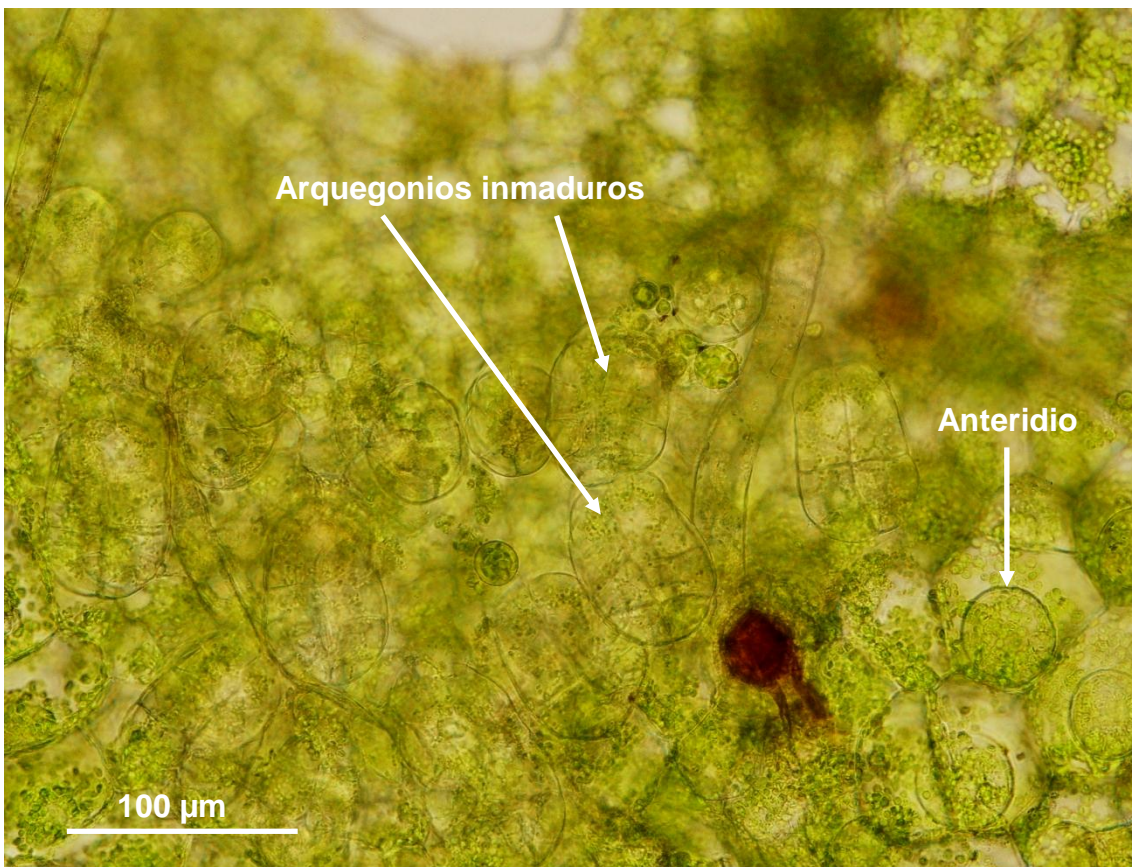
Anteridio inmaduro con los espermatozoides en el interior



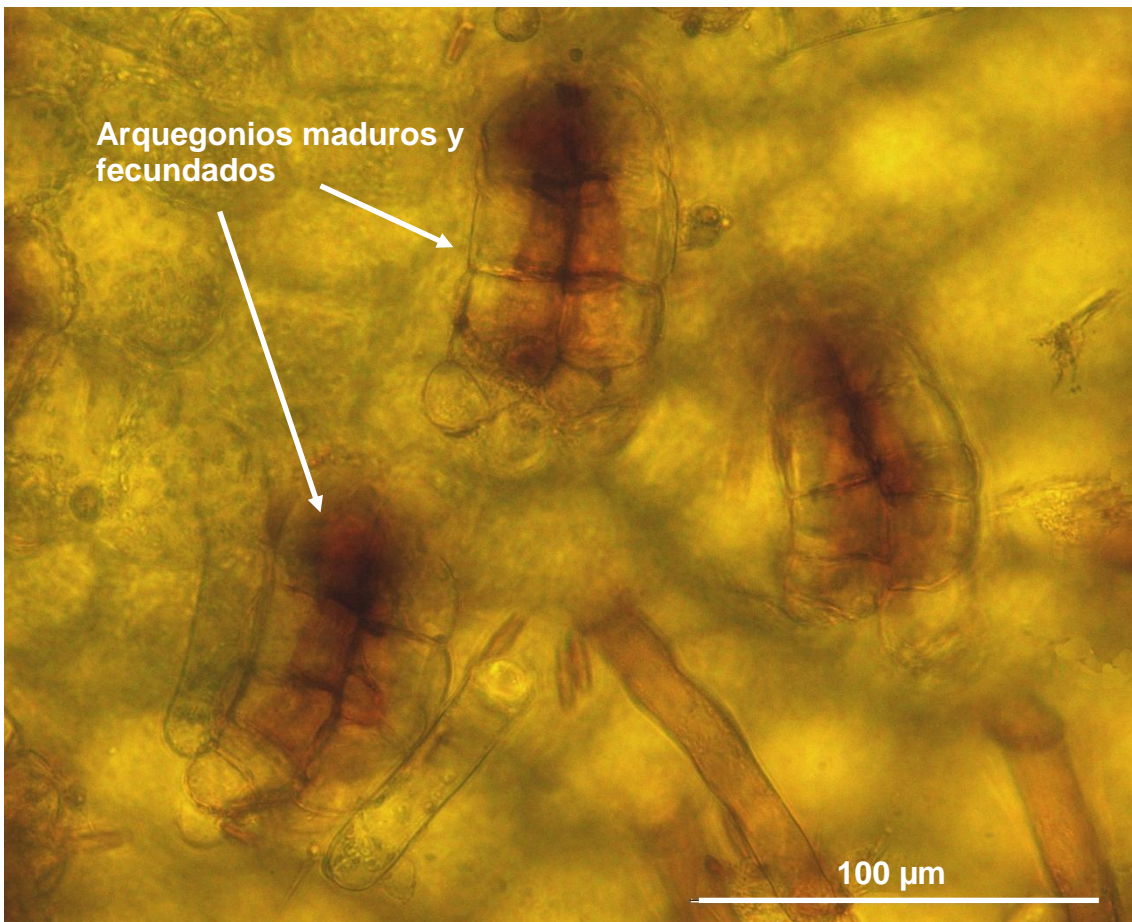
Anteridio maduro liberando espermatozoides



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



Los gametofitos de los helechos homósporos tienen anteridios y arquegonios.





Sección transversal del gametofito mostrando un arqueonio ya fecundado