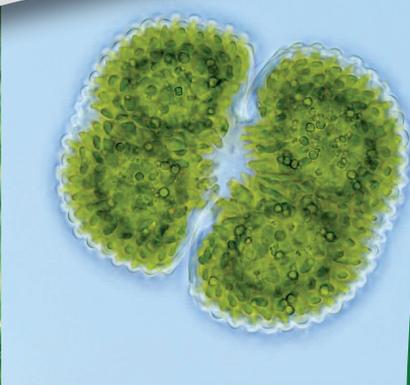
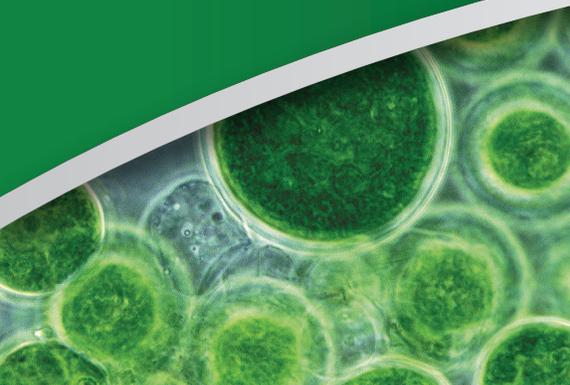




Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA

Manual de prácticas de laboratorio **Biología de Algas**



Kurt M. Dreckmann

Abel Senties

María Luisa Núñez



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Dr. Salvador Vega y León
Rector General

Mtro. Norberto Manjarrez Álvarez
Secretario General

UNIDAD IZTAPALAPA

Dr. Javier Velázquez Moctezuma
Rector de Unidad

Dr. Miguel Ángel Gómez Fonseca
Secretario de Unidad

Dr. Rubén Román Ramos
Director de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud

M. en C. José Luis García Calderón
Jefe del Departamento de Hidrobiología

Dra. Milagros Huerta Coria
Coordinadora de Extensión Universitaria

Lic. Adrián Felipe Valencia Llamas
Jefe de la Sección de Producción Editorial

Primera Impresión 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA

Av. San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina,
Del. Iztapalapa, C.P 09340, México D.F. Tel.: 5804 4600

Impreso y hecho en México/*Printed in Mexico*

Contenido

Prólogo	5
Reglamento de laboratorio	7
El reporte de los resultados	9
Material requerido por equipo	11
Características generales de las algas	13
Técnicas generales para la observación de las macroalgas	19
Práctica 1: Algas verde azules	23
Práctica 2: Diatomeas	31
Práctica 3: Dinoflagelados	37
Práctica 4: Euglenoideos	43
Práctica 5: Caráceas	47
Práctica 6: Algas verdes	53
Práctica 7: Algas pardas	59
Práctica 8. Algas rojas	67
Glosario de términos	75
Bibliografía general	81

Prólogo

El conocimiento de las algas, en términos biológicos, es comprendido a través de disciplinas como la taxonomía, ecología, evolución, biogeografía, biotecnología y conservación, entre otras. Por la alta diversidad de este objeto de estudio, la información aquí sintetizada representa solo las bases elementales para un entendimiento que responde a los planes de estudio, a nivel licenciatura, de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud (C.B.S.) de la UAM-I.

Este manual brinda información que puede ser utilizada para el trabajo de laboratorio en las UUEEAA: Fitobentos y Diversidad Biológica I de la licenciatura en Hidrobiología, Botánica General de la licenciatura en Biología Experimental. Dentro del plan de estudios de la licenciatura en Biología se incluyen las UUEEAA Biología de plantas I y la UEA optativa Biología de algas, en las cuales también tiene su inserción el presente manual.

La finalidad de éste es presentar el conocimiento descriptivo básico de la diversidad algal, explicando en los diferentes grupos taxonómicos sus características diagnósticas. En este sentido, se plantean ocho prácticas, mismas que, y con excepción de la primera, que aborda al grupo de las algas verde-azules – organismos procariontes –, representan los principales grupos taxonómicos algales, característicos de los ambientes acuáticos mexicanos, como ríos, lagunas, lagos, litorales y océanos. Cabe destacar, que los grupos seleccionados corresponden a grupos monofiléticos reconocidos por la Biología Comparada contemporánea.

Las secciones que aborda cada práctica son: INTRODUCCIÓN, TEMAS A DESARROLLAR, OBJETIVOS, MATERIAL, DESARROLLO, RESULTADOS, DISCUSIÓN, BIBLIOGRAFÍA BÁSICA y FIGURAS. Así mismo, el manual cuenta con un Glosario de términos técnicos. Cuando las figuras no son obra de los autores, se indica la fuente bibliográfica.

Finalmente, el presente manual es el resultado de veinticinco años en el ejercicio docente del laboratorio de algas, durante los cuales se han ido incorporando de manera paulatina los cambios o avances en el conocimiento universal de la biología de las algas.

Reglamento de laboratorio

- 1) Es obligación de todo usuario en el laboratorio, conocer los sistemas de alerta, zonas de seguridad, rutas de evacuación y medidas de seguridad establecidas en el laboratorio.
- 2) En caso de una emergencia, se deberá conservar la calma para realizar el desalojo y seguir las instrucciones del profesor y/o del responsable del laboratorio.
- 3) El uso de bata es obligatorio.
- 4) Está prohibida la introducción de alimentos y/o bebidas al laboratorio.
- 5) Es obligación de los alumnos mantener siempre limpia su área de trabajo.
- 6) El alumno es responsable del cuidado del equipo y los microscopios que le sean proporcionados para el desarrollo de la práctica.
- 7) No dejar aceite de inmersión en los objetivos de los microscopios. Tanto oculares como objetivos deberán ser limpiados con papel seda al final de cada sesión.
- 8) Todo material y equipo que sea ocupado por los alumnos o profesores tendrá que ser mediante el previo llenado de la solicitud de préstamo.
- 9) No se deberán arrojar productos químicos o biológicos a la tarja. En el laboratorio existen contenedores para desecho de formol, alcohol y restos de algas. Si quiere desechar otro producto químico, indicarlo al responsable del laboratorio.
- 10) El material biológico preservado, es propiedad de las colecciones de docencia. Deberá manejarse con precaución y evitar que sufra daños o alteraciones.
- 11) No se deberá sustraer material biológico perteneciente a la colección, ni perteneciente a algún profesor, sin autorización previa del profesor.
- 12) El material biológico conservado en frascos, deberá mantenerse con la cantidad de líquido fijador suficiente para evitar que se deseque o en su defecto notificar al profesor.
- 13) Si algún alumno daña el equipo o cristalería, tendrá que reponerlo.
- 14) El uso de celulares y reproductores de música debería suspenderse durante las horas de clase. Las emergencias implícitas en el uso de celulares pueden controlarse con las opciones que facilita el aparato de manera que no interrumpen la clase, sin embargo, queda a juicio del profesor de cada curso restringir su uso.

El reporte de los resultados

Cada sesión de laboratorio o práctica deberá tomarse como si se tratara de una pequeña investigación; por lo tanto se deberá tener claro lo que implica cada paso del reporte.

- I. Introducción
- II. Objetivo (s)
- III. Material y Método
- IV. Resultados
- V. Discusión
- VI. Referencias

I. Introducción

Desarrollar un tema de los que se proponen para cada una de las prácticas.

II. Objetivos

Desarrollar las preguntas ¿Por qué? y ¿Para qué?

III. Método

¿Cómo se va a alcanzar él o los objetivos?

¿Se observarán los organismos?, ¿Cómo lo va a hacer?, ¿Amplificando o disminuyendo el tamaño real del organismo?, ¿Para lograrlo, requiere preparar su microscopio?

En fin, hay que recordar QUÉ necesita observar (en ciertos casos teñir el material o elaborar cortes histológicos) para alcanzar los objetivos planteados y, en base a eso, defina el método a seguir.

IV. Resultados

Como producto de la observación usted seguramente tendrá esquemas o dibujos con notas, comentarios y anotaciones. Dichas anotaciones deberán hacer referencias a estructuras características, al objetivo usado, origen del organismo (hábitat del que fue tomado). Organice sus esquemas y notas de clase de acuerdo a lo que se le pide observar para alcanzar los objetivos planteados en cada una de las prácticas. Una vez hecho eso, lo obtenido constituye "Los Resultados" de su práctica o investigación. Preséntelos de manera clara y ordenada.

V. Discusión

¿Alcanzó los objetivos planteados?

¿Entiende el significado de alcanzar los objetivos?

¿Siente que ahora sabe algo que no sabía?, trate de explicar qué es ese "algo".

¿Siente que ahora tiene dudas que no existían? Diga a que se debe y como cree que podría superarlas.

¿Siente que ahora sabe algo nuevo pero también tiene dudas nuevas? Explíquese.

No olvide nunca describir QUÉ USÓ y OBSERVÓ durante la Práctica.

Concluya todo lo que haya aprendido sobre el tema específico. Concluya qué habría pasado de no contar con material idóneo, de no hacer una correcta observación, de no saber el tamaño real de los organismos observados. ¿El desarrollo de un método de análisis facilitó la observación y manejo de los organismos para adquirir una mayor claridad en los conceptos y características expuestas en clase?

VI. Referencias

Si necesitó libros, artículos y páginas web para la práctica, debe hacer referencia a ellos en el texto del reporte de resultados, aquí es donde debe escribir las "citas bibliográficas".

Consideraciones y ejemplos de cómo citar en un texto:

- Cuando la obra a la que se hace referencia corresponde a un solo autor se cita entre paréntesis el primer apellido del autor y el año de la obra (**Fujii, 1990**), algunos autores suelen utilizar ambos apellidos, en estos casos se separa con un guion medio (**León-Álvarez, 1996**). Separar con una coma el apellido del año es opcional, lo importante es ser consistente cada vez que se cita a lo largo del texto.
- Cuando la obra a la que se hace referencia corresponde a dos autores se cita a ambos de la misma forma en que se describió arriba (**Fujii & Sentés, 2005; Fujii & Cordeiro-Marino 1996**).
- Cuando la obra a la que se hace referencia corresponde a más de dos autores se cita al primer autor acompañado por el prefijo latino "*et al.*" (resaltado en letra cursiva ya que se trata de un idioma distinto al idioma en que se está escribiendo el reporte) y seguido por el año de la obra (**Cassano *et al.*, 2009; Machin-Sánchez *et al.*, 2012**).
- Si a lo largo del texto se hace referencia a diferentes obras de un mismo autor y año, se cita al autor o autores de acuerdo al número como se explicó arriba, seguido del año y junto a este una letra minúscula en orden ascendente de acuerdo al orden de aparición en el texto para diferenciarlas (**Dawson, 1954a; Dawson, 1954b; Tanaka & Chihara, 1980a; Tanaka & Chihara 1980b; Tanaka & Chihara, 1980c**).

Consideraciones y ejemplos de cómo escribir referencias bibliográficas.

Al escribir la referencia completa de una obra citada en el texto, se debe escribir el apellido del autor o los autores (a diferencia de las citas, en la referencia completa se enlista a todos los autores de la obra, aquí NUNCA se utiliza el prefijo "*et al.*"), acompañado de las iniciales de su segundo apellido, en caso de autores hispanos, y nombre(s). Al final de todos ellos el año de la obra, seguido por el título de la obra, editorial o revista, volumen o edición, lugar de impresión y páginas. Estos datos varían de acuerdo al tipo de publicación de la que se trate. Ejemplos:

En caso de libro:

 Bold, H.C. & M.J. Wynne. 1985. Introduction to the Algae. Structure and Reproduction. Second Edition. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.

En caso de capítulo de libro:

 Coomans, R.J. & M.H. Hommersand. 1990. Vegetative growth and organization. Chapter 12 (Pp: 275-304). In: K.M. Cole & Robert G. Sheath (Eds.) Biology of the Red Algae. Cambridge University Press. Cambridge.

En caso de tesis:

 Dreckmann, K.M. 1997. Evaluación taxonómica del género *Gracilaria* Greville (Gracilariales, Rhodophyceae) en el Pacífico tropical mexicano. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.

En caso de artículo de revista:

 Norris, J.N. & S. Fredericq. 1990. Studies on cylindrical species of western Atlantic *Gracilaria* (Gracilariales, Rhodophyceae): *G. cylindrical* Borgesen and *G. blodgettii* Hervey. Journal of Phycologia 33: 420-433.

En caso de página web:

 Dallwitz, M.J., T.A. Paine & E.J. Zurcher. (2000 onwards). Principles of interactive keys. <http://biodiversity.uno.edu/delta/>.

Material requerido por equipo

- Franela
- Navaja de rasurar
- Cubre y porta objetos (1 caja por equipo)
- Cinta adhesiva
- Plumón indeleble (punto fino)
- Muestras requeridas por equipo
- Hojas blancas (por persona)
- Lápiz 2HB y goma (por persona)
- Bata de laboratorio (por persona)

Nota: todo este material es obligatorio y deberá presentarse en cada sesión de laboratorio.

Características generales de las algas

Las algas son un grupo de organismos acuáticos con metabolismo **autótrofo** que presentan como pigmento fotosintético primario a la clorofila *a*, característica que comparten con las plantas superiores. Hay dos palabras antiguas relacionadas con el estudio de estos organismos: *alga* proveniente del latín, que significa “planta acuática”, y *phycos*, proveniente del griego, que significa “planta marina”. Tanto griegos como romanos diferenciaban a las plantas acuáticas de las terrestres obligadas, únicamente por la sencillez estructural de las primeras.

A pesar de la controversia generada en torno a su clasificación biológica y a su estrecha relación con otros grupos como plantas, bacterias, hongos y protozoarios, las algas comparten una serie de características comunes que las han mantenido como una gran agrupación artificial (polifilética). Dichas características son:

a) Organización celular

La organización celular que presentan las algas, con excepción de los representantes de las algas verde azules, es de tipo eucariótica, es decir, presentan núcleo delimitado por una doble membrana, mitocondrias, cloroplastos, retículo endoplásmico, complejo de Golgi y lisosomas (Figura 1a). En contraste, las algas verde-azules, presentan una organización celular de tipo procariótica; no tienen organelos celulares y su ADN se encuentra en una sola molécula circular en el citoplasma (Figura 1b).

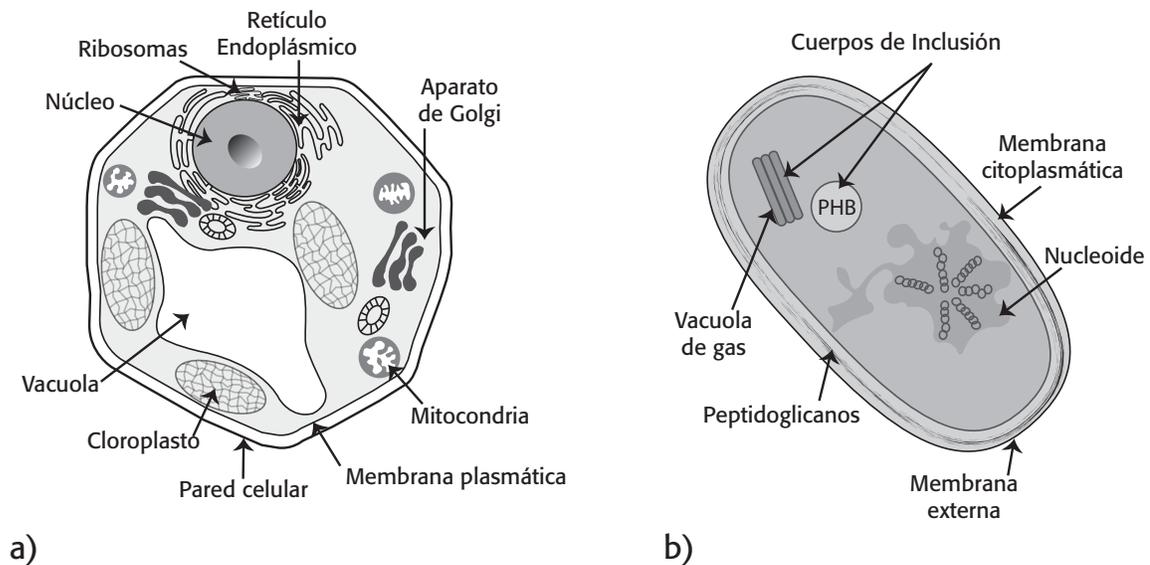


Figura 1. a) Célula eucariótica, b) Célula procariótica (Modificadas de Gherzman, 2006).

b) Estructuras de locomoción

Las algas, con excepción de las algas verde azules y las algas rojas, presentan en algún momento de su ciclo de vida estructuras de locomoción denominadas **flagelos**. En los diferentes grupos de algas, estos órganos varían tanto en número como en forma, sin embargo, típicamente presentan dos flagelos o múltiplos de dos, que pueden ser **isocontos** (Figura 2e, 2f), **anisocontos** (Figura 2c, 2d) o **heterocontos** (Figura 2a, 2b).

Es importante destacar que algunas especies en ciertos grupos de algas, presentan solamente un flagelo por célula (Figura 2h), y otras, presentan múltiples flagelos organizados a manera de corona en el ápice de las células, arreglo que se denomina **estefenacontos** (Figura 2g).

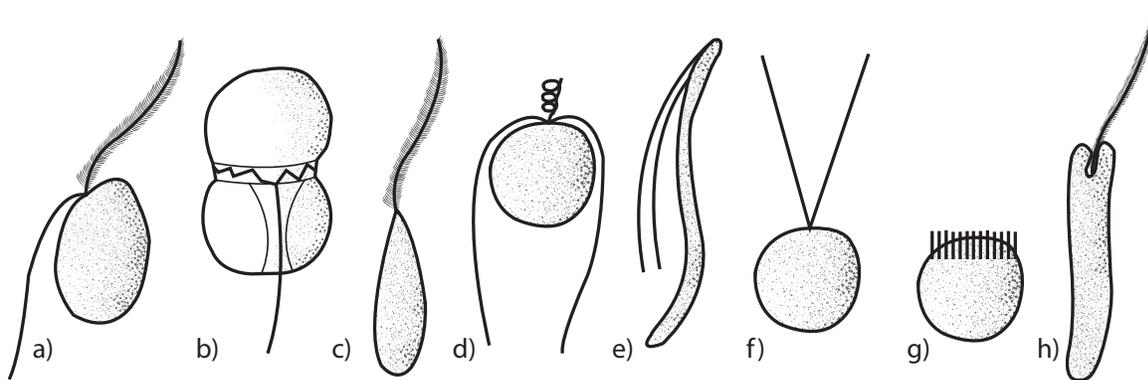


Figura 2. Tipos de flagelos en las células algales (Modificada de Lee, 1980).

c) Pared celular

La mayoría de las algas presentan una pared celular conformada principalmente de celulosa y glicoproteínas. Las diatomeas presentan una pared celular de sílice y las algas verde azules presentan una pared celular de mureína. Otros grupos presentan además incrustaciones de carbonato de calcio. Las euglenoides carecen de pared celular, sin embargo, presentan un periplasto o película semirígida alrededor de la célula, este hecho les da la apariencia como de células desnudas.

En las macroalgas, es posible encontrar otros compuestos polisacáridos tales como alginatos, agares y carragenanos, propiedad que les confiere importancia en la industria.

d) Cloroplastos

Los caracteres ultra-estructurales de los cloroplastos de las algas (como el número de membranas que lo rodean, así como el número y arreglo de los tilacoides) han sido de los más importantes a considerar para la separación de las divisiones que conforman al grupo (Figura 3). Por su origen evolutivo, observamos que algunos grupos presentan la típica doble membrana, mientras que otros presentan tres o cuatro membranas, siendo generalmente la última membrana continua con el retículo endoplásmico. De estos cloroplastos algunos presentan **tilacoides** aislados o en bandas apiladas de 2, 4 ó 6, denominado este arreglo como **grana**. En algunos casos, como en las algas rojas, uno o dos tilacoides se agrupan paralelos a la membrana interna del cloroplasto semejando una membrana más.

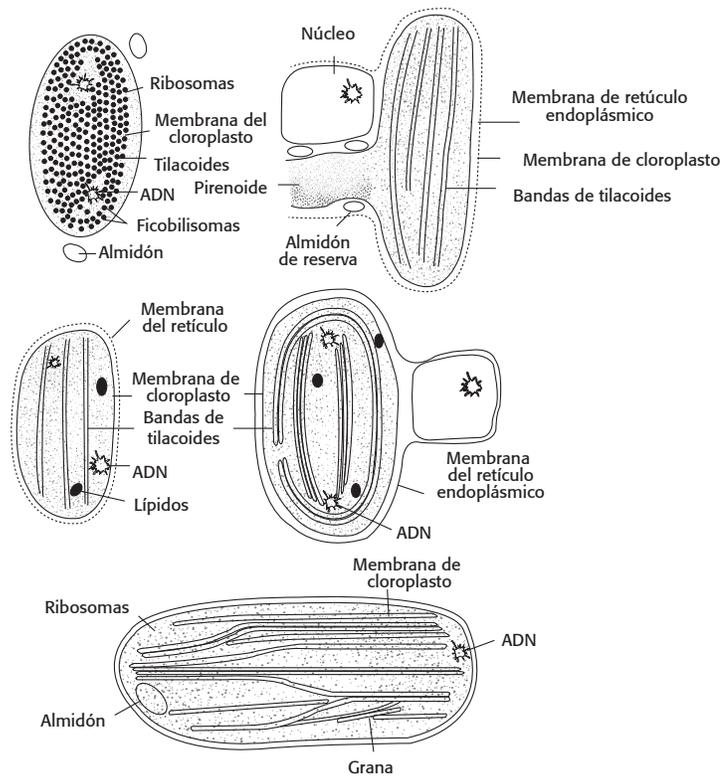


Figura 3. Tipos de cloroplastos en las algas (Modificada de Lee, 1980).

e) Pigmentos fotosintéticos

La clorofila *a* es el pigmento fotosintético (por excelencia) común en todas las algas y plantas embriófitas, alcanza un espectro de absorción de luz de 663–430 nm. Sin embargo, las algas presentan también otro tipo de clorofilas y pigmentos accesorios que les permiten un espectro de absorción mayor de la luz, de esta manera pueden abarcar una distribución más profunda en la columna de agua y realizar de manera óptima la fotosíntesis. Encontramos entonces, además de la clorofila *a*, a la clorofila *b*, la clorofila *c* (en sus formas *c1* y *c2*) y la clorofila *d*, esta última, de origen bacteriano, presenta el rango de absorción más amplio.

Los pigmentos accesorios son los principales responsables de la coloración externa que presentan las algas. Al igual que las clorofilas, se encuentran en la membrana de los **tilacoides** en los cloroplastos, desde ahí captan los fotones de luz y los transportan al sitio activo (fotosistemas) para iniciar la fotosíntesis. Los pigmentos accesorios más comunes en las algas son: las ficobilinas (ficocianinas y ficoeritrinas, solubles en agua), presentes sólo en algas verde azules y algas rojas, las fucoxantinas, las xantofilas y el más común y abundante, los carotenos.

f) Sustancias de reserva

En las células algales podemos encontrar diferentes sustancias de reserva producto del metabolismo. Las sustancias de reserva que podemos encontrar son principalmente el almidón, aunque también encontramos crisolaminarina, laminarina, manitol y paramilón en los diferentes grupos. Estas sustancias forman gránulos que se encuentran dispersos en el citoplasma celular, en los cloroplastos o en los **pirenoides**.

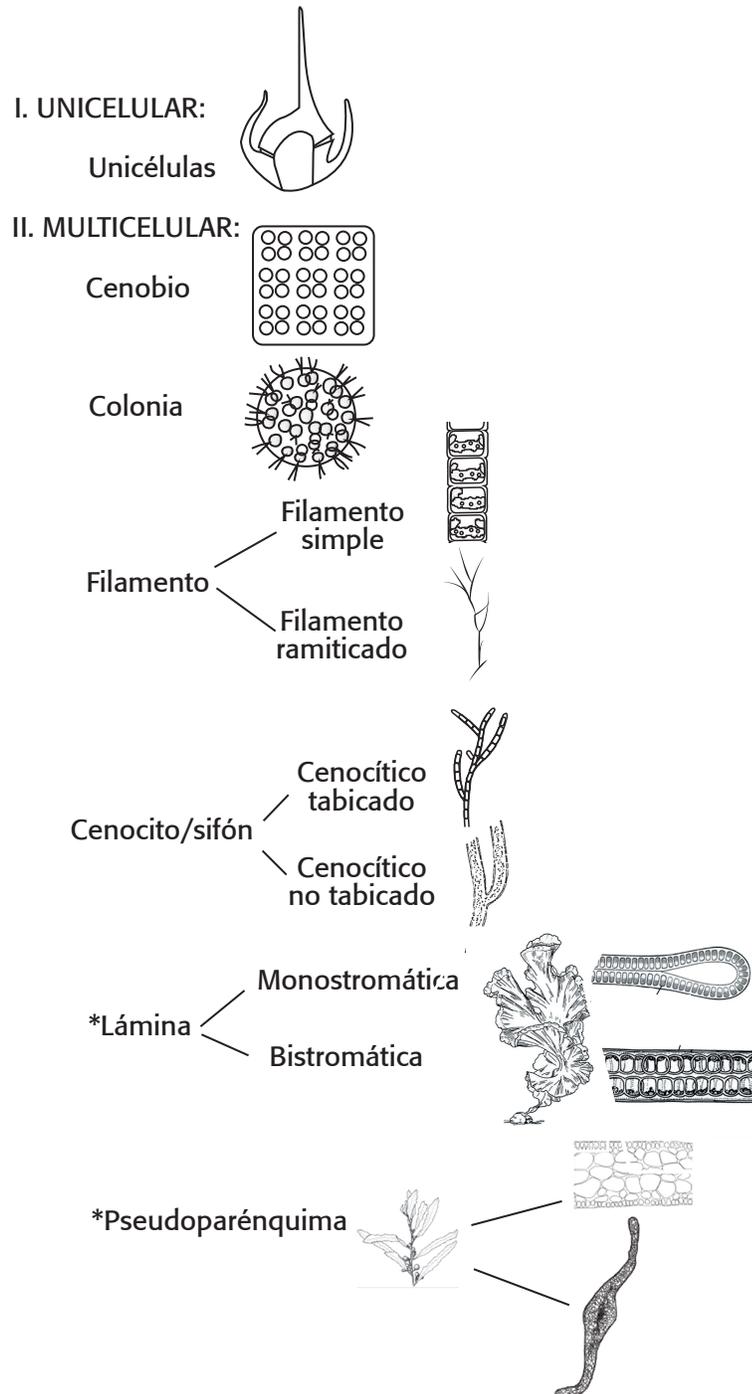
g) Nutrición

Las algas son organismos principalmente **autótrofos** (**fotoautótrofos** o **quimioautótrofos**). La fotosíntesis es su principal vía de nutrición, sin embargo, existen grupos que presentan también una forma de nutrición **heterótrofa** (**osmotrófica**, **fagotrófica** o **saprobiótica**). Algunos organismos presentan un tipo de nutrición mezclada de autotrofia y heterotrofia, la cual se denomina **mixotrofia**, y a los organismos que la presentan se les denomina mixótrofos.

h) Niveles de organización

El **Nivel de organización** se define como el grado de complejidad morfológica y fisiológica de un organismo. En las algas, reconocemos diferentes tipos de organización, comenzando desde el nivel **unicelular** que es el más sencillo hasta el **pseudoparénquima** de las algas pardas que es el más complejo.

Los niveles de organización pueden ser clasificados de acuerdo al incremento en complejidad estructural como se muestra en el siguiente esquema:



*Esquemas del talo al corte transversal.

l) Reproducción y ciclos de vida

Las algas pueden reproducirse por dos vías, la asexual, que en el caso de las algas verde azules es típicamente fisión binaria y en otras algas unicelulares es mitosis, y la sexual en donde podemos observar **oogamia**, **isogamia** o **anisogamia**.

El método de reproducción asexual consiste simplemente en la división repetida de un mismo organismo resultando en el incremento de la biomasa en una población, no implica recombinación genética. Contrariamente, la reproducción sexual implica la recombinación genética y con ella el aumento de la variabilidad genética en una población.

El proceso de alternancia entre reproducción sexual y asexual o entre fases somáticas y fases nucleares de un organismo, se denomina ciclo **de vida**. En las algas podemos diferenciar tres tipos de ciclo de vida, que de acuerdo al sitio donde ocurre la meiosis, se denominan cigótico, gamético o esporico. También, dependiendo del número de fases adultas de vida libre que participen en el ciclo de vida, se denominan **monofásicos**, **difásicos** y **trifásicos**. La carga genética, o número cromosómico, que presentan las fases adultas, también juegan un papel en la nomenclatura de los ciclos de vida, estas pueden ser haploides (n) o diploides ($2n$).

Bajo estos conceptos y dependiendo de la predominancia genética, se denominan: a) **Ciclo de vida cigótico** (haplobiéntico haploide) (Figura 4a), b) **Ciclo de vida gamético** (haplobiéntico diploide) (Figura 4b) y c) **Ciclo de vida esporico o alternancia de generaciones** (diplobiéntico haplo-diploide) (Figura 4c). En la mayoría de algas rojas, el ciclo de vida esporofítico, presenta una segunda fase esporica parásita del gametofito (carposporofito), por lo que se denomina ciclo de vida esporico trifásico.

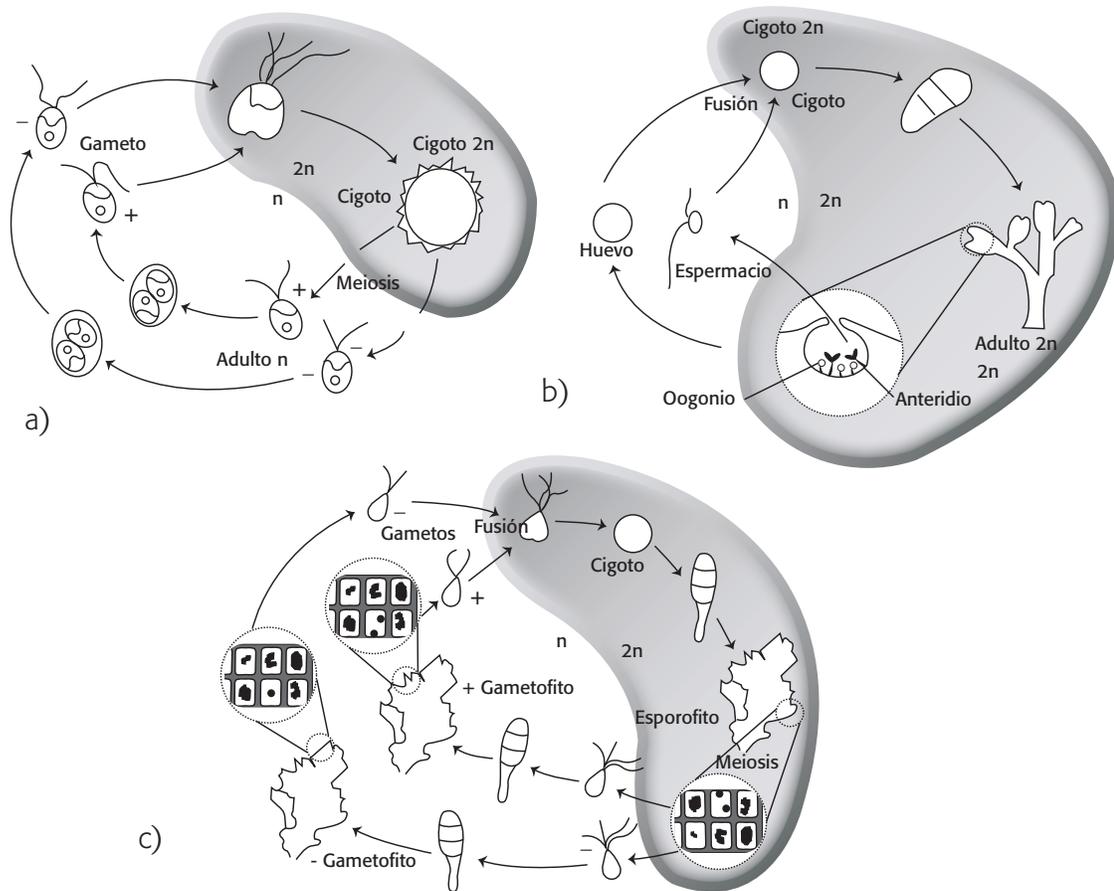


Figura 4. Esquemas de los ciclos de vida. a) Ciclo de vida cigótico (una fase adulta n), b) Ciclo de vida gamético (una fase adulta $2n$), c) Ciclo de vida esporico o alternancia de generaciones (dos fases adultas, gametofito n y esporofito $2n$). (Modificada de Graham & Wilcox, 2000).

j) Ambientes

Las algas habitan en ambientes acuáticos (planctónicas, suspendidas en la columna de agua) o bentónicas (asociadas a un sustrato), aunque también es posible encontrarlas, aunque con menos frecuencia, en el aire, en el suelo o en los hielos, por lo que su distribución es cosmopolita. El hecho de que las algas compartan el ambiente acuático, explica la convergencia evolutiva de los diferentes grupos, ya que se encuentran sujetas a las mismas presiones de selección.

Técnicas generales para la observación de las macroalgas

Las macroalgas presentan un talo tridimensional, por lo que para poder observar su nivel de organización y caracteres anatómicos, es necesario elaborar cortes histológicos (en ciertas regiones del talo) longitudinales o transversales, dependiendo del tipo de desarrollo celular de cada grupo.

Cortes histológicos (longitudinales y transversales) con navaja de rasurar.

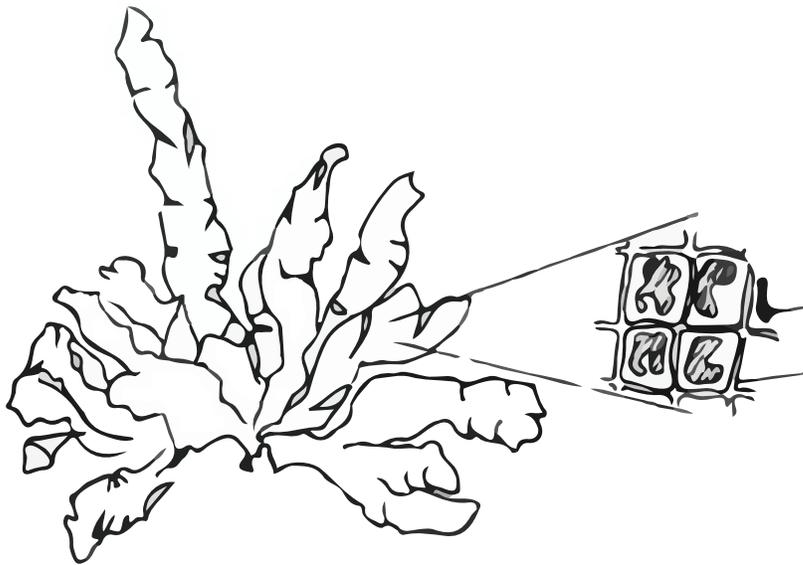


Figura 6. Células pigmentadas en vista superficial

Figura 5. Aspecto general del talo a simple vista.

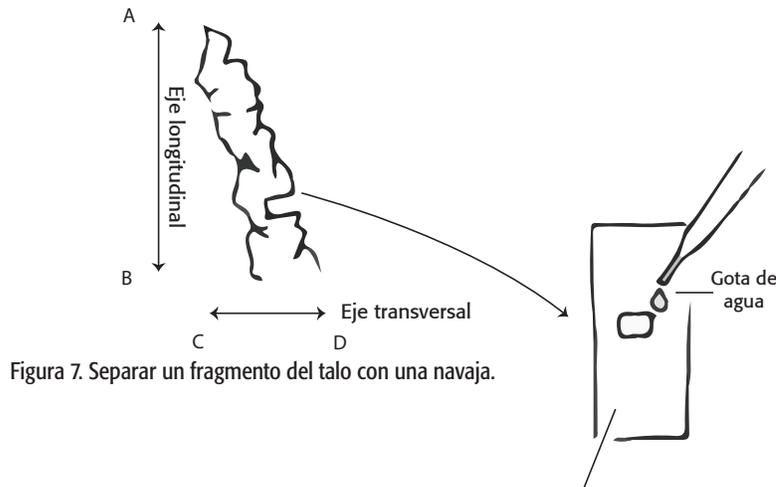


Figura 7. Separar un fragmento del talo con una navaja.

Figura 9. Traslado del fragmento a un portaobjetos.

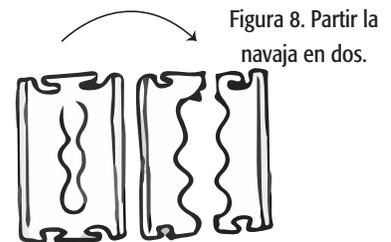


Figura 8. Partir la navaja en dos.

Observación al microscopio compuesto y evaluación de los cortes

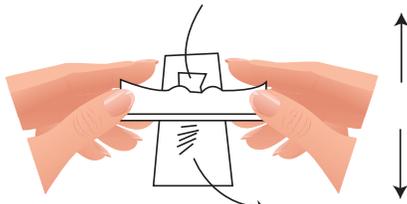


Figura 10. Usando el microscopio estereoscópico, con movimientos ascendentes y descendentes se hace trabajar la navaja como guillotina sobre el fragmento algal.

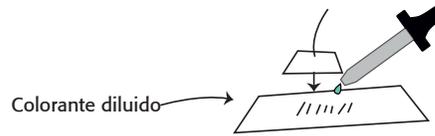


Figura 11. Elaboración de la preparación.

Observación al microscopio compuesto y evaluación de los cortes

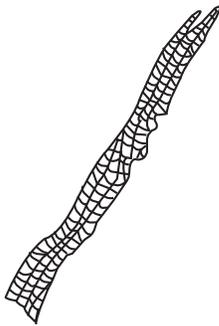


Figura 12. Este es el aspecto de un corte NO útil.

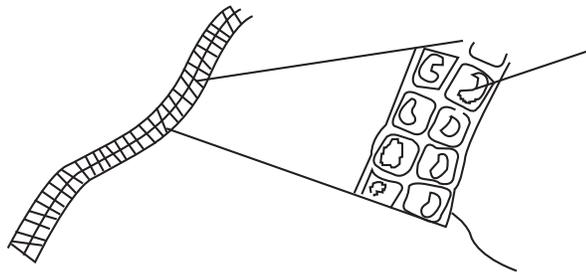


Figura 13. Este es el aspecto de un corte útil.

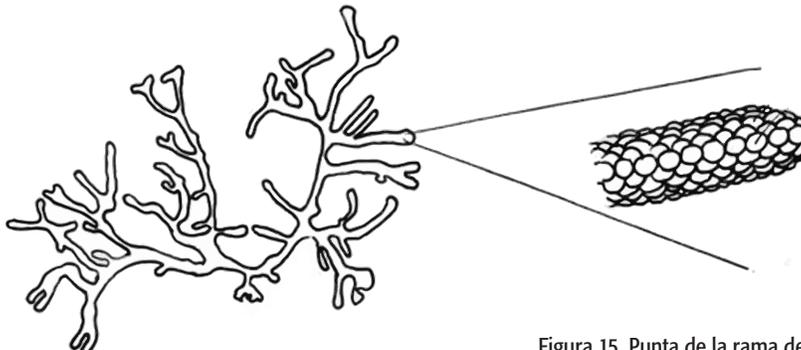


Figura 14. Aspecto general del talo a simple vista.

Figura 15. Punta de la rama del talo en mayor aumento.

Técnica para desmenuzar talos algales

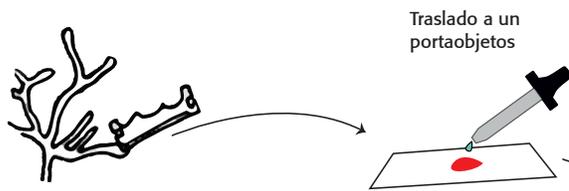


Figura 16. Separación de un fragmento usando la navaja.

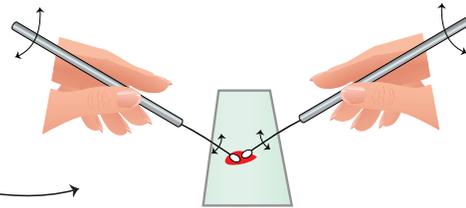


Figura 17. Con agujas de disección disgregar o romper el fragmento de tal manera que no quede nada de su forma original.

Nota: ¿Cómo hacer un squash? Muy simple. Se separa un pequeño fragmento del talo con unas pinzas y navaja de rasurar; se pone sobre el portaobjetos; se agrega un gota de colorante (el que el profesor indique) más dos de agua; se pone el cubreobjetos y, con la goma de borrar de la parte de atrás de un lápiz (o con otro objeto similar, pero con mucha delicadeza) se procede a dar pequeños golpes sobre la preparación, el objeto es que el fragmento algal se desintegre manteniendo la forma general, en la medida que la separación o espacio que hay entre porta y cubre así lo permite. La técnica de squash permite observaciones claras y rápidas.

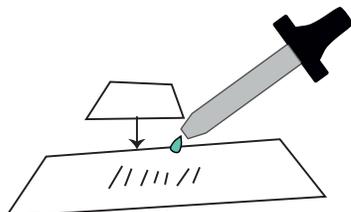
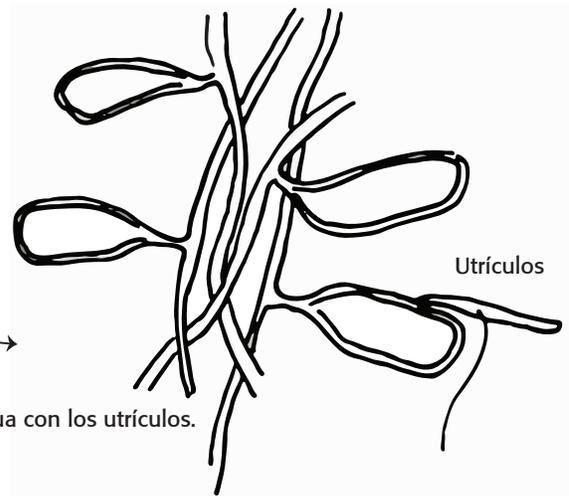


Figura 18. Elaboración de la preparación.



Estructura cenocítica continua con los utriculos.

Figura 19. Estructura reproductora. En su base se presentan los únicos tabiques.

Observación al microscopio compuesto y evaluación de la técnica de desmenuzado.

Práctica 1

Algas verde azules

Introducción

Las algas verde azules (Cyanophyceae), son organismos procarióticos **fotoautótrofos** con una distribución cosmopolita, pues podemos encontrarlas tanto en mares, ríos, lagos, lagunas como en hielos, desiertos, suelos o aguas termales. Su aparición en la tierra data de 3500 millones de años, son el grupo de algas más primitivo, responsables del cambio de una atmósfera reductora a una atmósfera oxigénica.

Distintos especialistas (tanto microbiólogos como ficólogos) consideran que las algas verde azules no pertenecen al grupo de las algas, a pesar de compartir una gran cantidad de caracteres con éstas, sino que, debido a que su organización celular es procariótica, deben ser clasificadas como bacterias.

Las bacterias pertenecen al Reino Prokaryotae, el cual se caracteriza por presentar células con ribosomas pero carecen de los organelos. De este modo no presentan núcleo, mitocondrias, cloroplastos, retículo endoplásmico, complejo de Golgi y lisosomas. El material genético de un procarionte está contenido en una sola molécula de ADN circular, que se encuentra en el citoplasma, sin envoltura nuclear que las rodee. La resistencia de la pared celular bacteriana puede atribuirse a las propiedades del peptidoglicano, una macromolécula presente solo en procariontes, la cual consiste en dos tipos poco comunes de azúcares unidos a péptidos cortos. Las células bacterianas presentan diferentes metabolismos los cuales son: **heterótrofos** (saprobitos, parásitos, comensales) y **autótrofos** (quimiosintéticas o quimioautótrofas). Y de acuerdo al ambiente estas pueden ser **aerobias** o **anaerobias** (obligadas o facultativas). Las bacterias se reproducen por **fisión binaria** y el intercambio del material genético se puede dar por tres mecanismos: transformación, transcripción y **conjugación**. Sin embargo, la principal fuente de variación genética en este grupo se debe a la **mutación**.

Las bacterias pueden agruparse por sus propiedades de tinción, dando como resultado dos grandes grupos:

Gram Positivas: Estas poseen una pared celular gruesa de peptidoglicano, y una membrana plasmática. Estas retienen el pigmento cristal violeta, por lo que al teñirlas con este pigmento y safranina, se ven coloreadas (Figura 20a).

Gram Negativas: Estas poseen pared celular consistente de una capa interna delgada de peptidoglicano y una membrana plasmática, además una membrana externa de lipopolisacáridos y proteínas. Al teñirlas con cristal violeta y safranina no exhiben coloración alguna (Figura 20b).

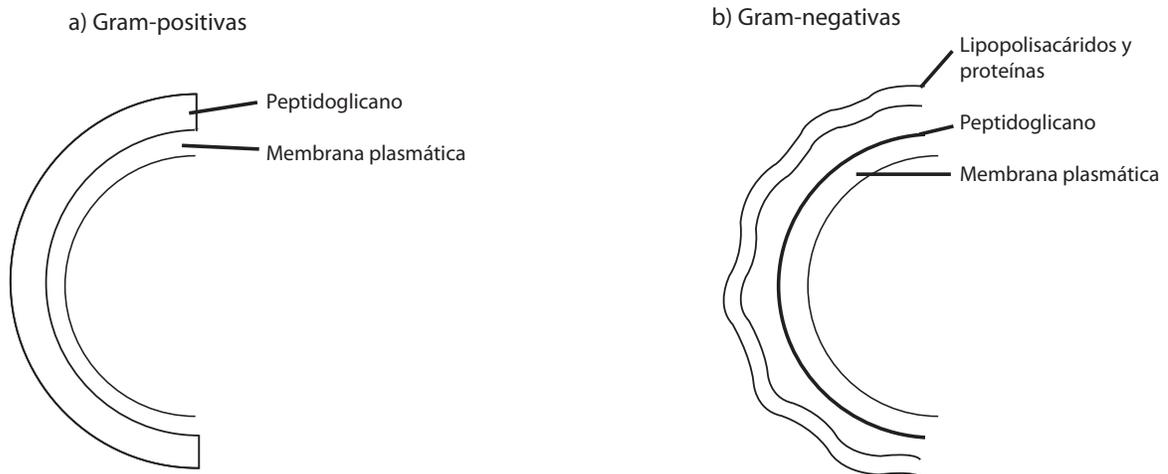


Figura 20. Diferencias en la pared celular de: a) Gram positivas y b) Gram negativas.

Las algas verde azules pertenecen al grupo de las Gram-positivas. Su patrón estructural básico es el siguiente:

- a) Células con ADN fibrilar, circular sin proteínas histonas asociadas, como las bacterias.
- b) Presentan una pared celular de mureína. Otras envolturas celulares son la membrana plasmática y una vaina mucilaginosa que les permite asociarse con otras células y adherirse al sustrato.
- c) Ninguna célula presenta flagelos.
- d) Son autótrofas fotosintéticas, presentan como pigmentos fotosintéticos a la clorofila *a* y *d*, como pigmentos accesorios presentan ficobilinas (ficocianina y ficoeritrina) en el aparato fotosintético denominado ficobilisomas (los cuales se encuentran en la membrana de los **tilacoides**) pues carecen de cloroplasto. Esta característica las relaciona evolutivamente con las algas rojas.
- e) Presenta una gran variedad de niveles de organización, desde formas **unicelulares** - que son poco comunes pues generalmente se encuentran a partir de dos células unidas por la vaina – hasta **cenobios, colonias, filamentos simples** (conformados por el **tricoma** más la **vaina**) y **filamentos multiseriados**. Los filamentos pueden presentar ramificaciones verdaderas, producto de un cambio en el plano de división celular, o ramificaciones falsas o pseudoramificaciones, producto de un cambio en la dirección en el arreglo de las células en el **tricoma** o por la ruptura de éste, quedando unidas por la vaina, semejando una ramificación.
- f) Se reproducen por fisión binaria, fisión múltiple, exocitos u **hormogonios**.

A pesar de que algunos las consideran como bacterias y no como algas, en las algas verde azules es posible observar un patrón estructural básico (características esenciales que definen al grupo biológico) el cual es semejante al resto de lo que conocemos como algas; es decir, a pesar de ser procariontes en su organización celular, poseen el pigmento fotosintético primordial: clorofila *a* y pigmentos accesorios (“cosechadores de luz”) como ficoeritrinas y ficocianinas. También presentan niveles de organización más complejos como las algas eucarióticas, a diferencia de las bacterias estrictas que presentan formas sencillas.

Temas a desarrollar (elegir uno):

- A. Características de células procarióticas.
- B. Diferencias de las formas cianobacterianas vs. formas bacterianas.
- C. Niveles de organización y células especializadas de las algas verde azules.
- D. Reproducción de las algas verde azules.
- E. Importancia ecológica y evolutiva de las algas verde-azules.

Objetivos

- Observar bajo el microscopio óptico, las diferencias morfológicas en el grupo.
- Observar y diferenciar los niveles de organización y estructuras especializadas del grupo.

Material

Por equipo:

- Muestras colectadas de cuerpos de agua estancada
- Microscopio compuesto
- Pipetas Pasteur
- Goteros con bulbo de goma
- Aceite de inmersión
- Papel seda

- 1 Caja de Petri
- Agujas y pinzas de disección

Proporcionado por el Profesor:

- Lugol

Desarrollo

Debido a que las especies de algas verde azules viven sobre otras algas, o sea son epifitas, o suspendidas en la columna de agua, para observarlas será necesario hacer preparaciones *in toto* (esto es, montando el objeto en agua y sin requerir técnicas histológicas especiales) de fragmentos de algunas algas verdes, rojas y cafés. Dichos fragmentos pueden ser teñidos con una gota de colorante (el que el profesor indique) antes de poner el cubreobjetos para facilitar la observación de estos microorganismos.

Diferenciar las siguientes estructuras: **acineto, heterocisto, hormogonio, filamento, tricoma, vaina, necridio, ramas y pseudoramas.**

Resultados

Elaborar esquemas evidenciando las estructuras características de los grupos, así como incorporar el nivel de organización e indicar el objetivo (10X, 40X, 100X) al que fueron hechas las observaciones.

Discusión

Se sugiere discutir sobre la implicación ecológica y evolutiva de los diferentes niveles de organización y estructuras especializadas presentes en algas verde azules. También puede enfocarse la discusión a la diversidad morfológica en el grupo, la diversidad de ambientes en que crecen, su importancia ecológica o económica o el papel que juegan en su ambiente. Otro punto de discusión importante puede enfocarse hacia por qué se presentan en ciertas épocas del año y bajo ciertas condiciones ambientales, florecimientos algales nocivos (sobre todo de especies tóxicas) en cuerpos de agua eutróficos.

Bibliografía básica

-  Anagnostidis K. & J. Komárek. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytas 3. Oscillatoriales. Archv für Hydrobiologie/ Suppl. 80. *Algological Studies* 50-53: 327-472.
-  Bold, H. C. & M. Wynne. 1978. Introduction to the algae, structure and reproduction. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J.
-  Carr, N. & G. Whitton (Eds.) 1973. The biology of cyanobacteria. Botanical Monographs, vol. 19. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
-  Graham, L. & L. Wilcox. 2000. Algae. Prentice Hall.
-  Humm, H.J. & S.R. Wicks. 1980. Introduction and guide to the marine blue green algae. John Wiley and sons.
-  Lee, R. E. 1980. Phycology. Cambridge University Press. Cambridge.
-  Novelo, E. 2011. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 90. Cyanoprokaryota. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
-  Van Den Hoek, C., D.G. Mann & H.M. Jahns. 1998. Algae: An Introduction to phycology. Cambridge.

Figuras de algas verde azules

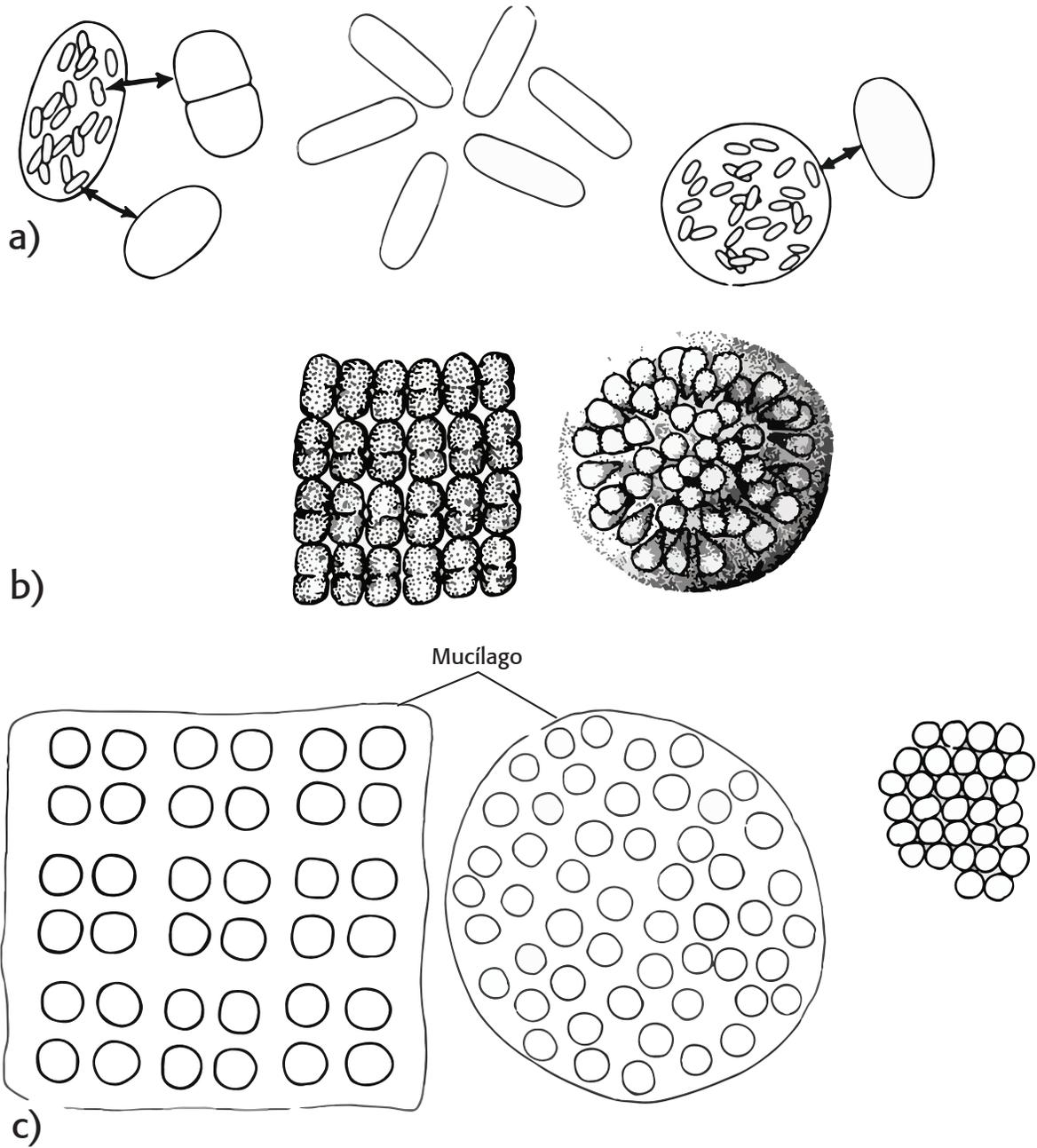
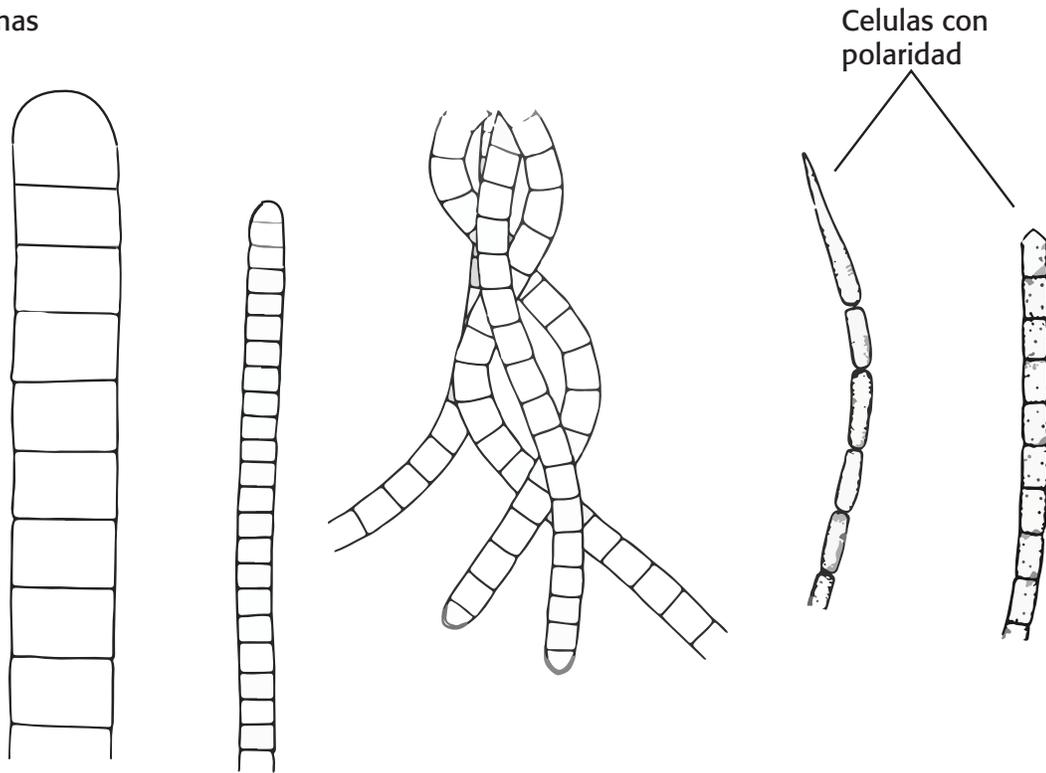


Figura 21. Morfología general de las algas verde-azules: a) formas unicelulares, b) y c) formas cenobiales. (Modificada de Humm & Wicks, 1980).

a) Tricomas



b) Tricoma + vaina

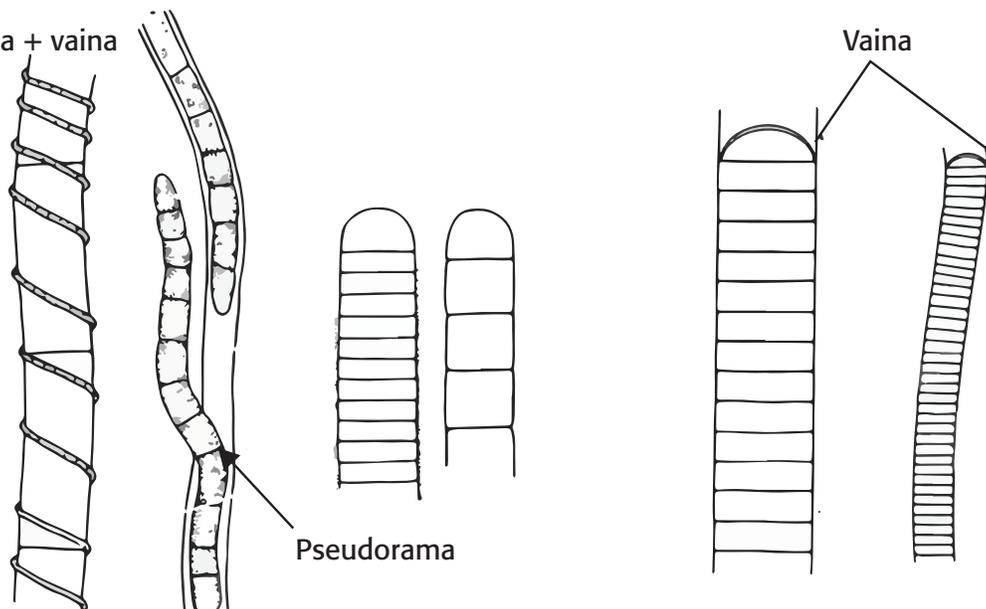


Figura 22. Morfología general de las algas verde-azules: a) tricomas y b) tricoma más vaina (Modificada de Humm & Wicks, 1980).

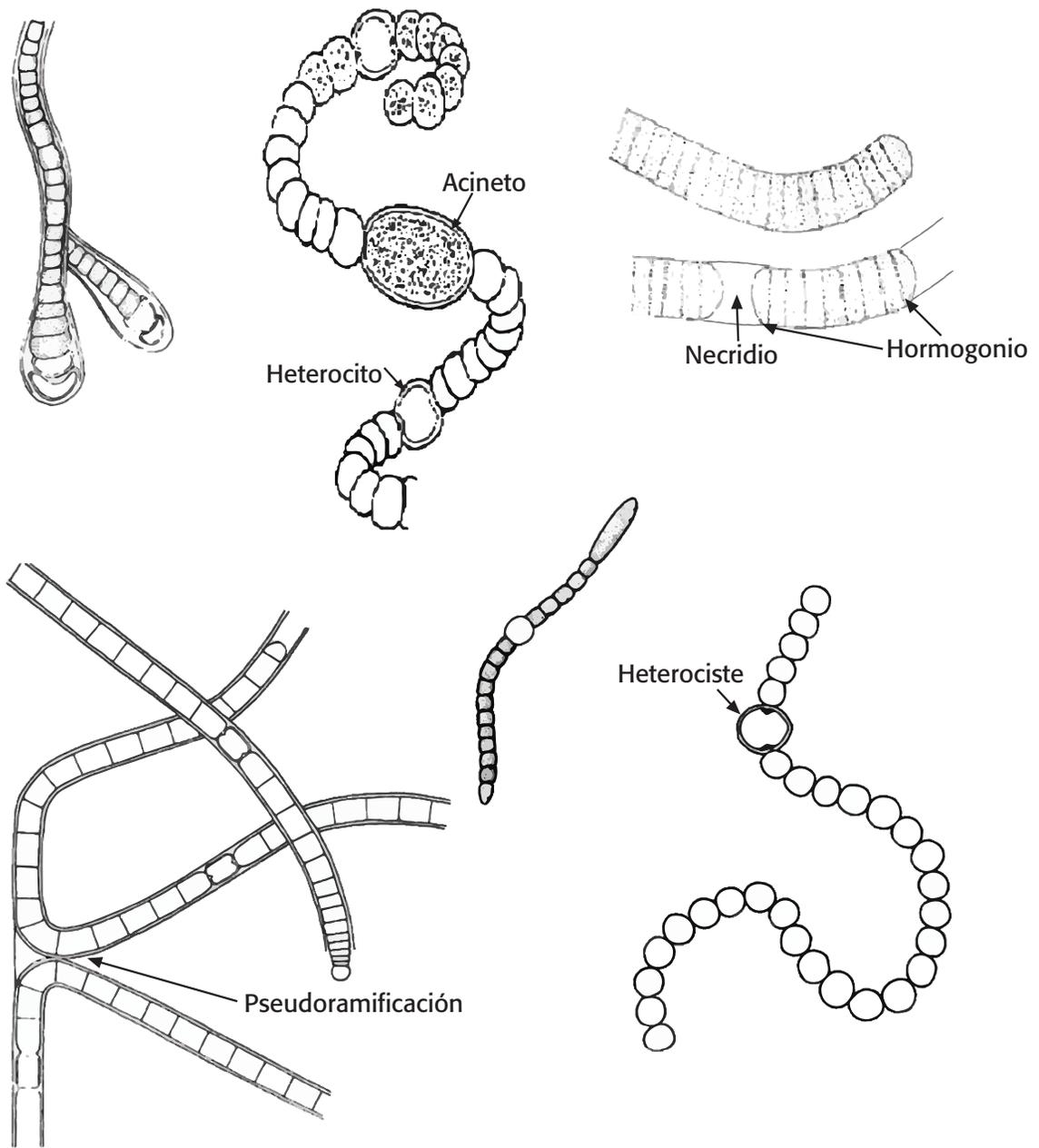


Figura 23. Morfología general de las algas verde-azules: tricomas con heterocitos. (Modificada de Humm & Wicks, 1980 y Novelo, 2011).

Práctica 2:

Diatomeas

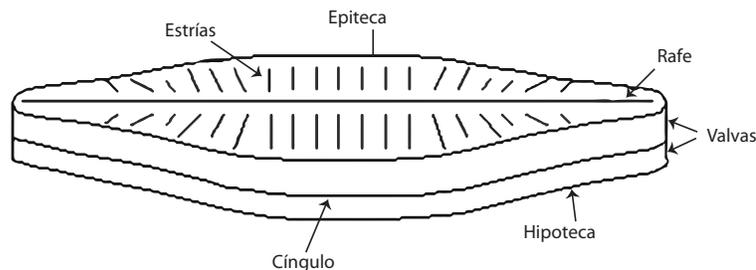
Introducción

Las diatomeas (Bacillariophyceae) junto con los dinoflagelados, son el grupo más abundante en el fitoplancton, una proporción importante son de hábitos planctónicos, es decir, se encuentran suspendidos en la columna de agua.

Su patrón estructural básico es el siguiente:

- Gametangios** masculinos o espermas con dos **flagelos heterocontos**, uno de ellos liso, posterior, y el otro con mastigonemas, enrollado en el cíngulo.
- Cloroplastos rodeados de la doble membrana típica y dos membranas de retículo endoplásmico.
- Tilacoides** apilados en tres bandas con un **pirenoide** central.
- Pared celular de sílice.
- Nutrición autótrofa, sus pigmentos fotosintéticos primarios son la clorofila *a* y *c*. También presentan fucoxantina como pigmento accesorio.
- La crisolaminarina es la sustancia de reserva presente en las células.
- Su **nivel de organización** es principalmente **unicelular**, aunque algunas veces forman **colonias, cenobios** o cadenas.
- Reproducción asexual y sexual, ciclo de vida gamético.

a)



b)

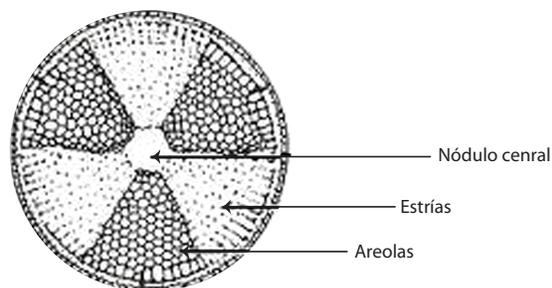


Figura 24. Morfología general de las diatomeas: a) diatomeas pennales y b) diatomeas centrales (Modificado de Romero-Zarco, 2002).

Temas a desarrollar (elegir uno):

- A. Importancia de las diatomeas en la paleontología.
- B. Niveles de organización y estructuras peculiares de diatomeas.
- C. Reproducción en las diatomeas.
- D. Importancia ecológica de las diatomeas.

Objetivos:

- Observar y diferenciar la morfología externa y estructuras particulares en el grupo.

Material

Por equipo:

- Microscopios óptico
- Pipeta Pasteur

Proporcionado por el Profesor:

- Muestras de agua marina y dulce (de ser posible, muestras colectadas en red para tener la muestra concentrada).
- Preparaciones semipermanentes.
- Colorantes (lugol, safranina, cristal violeta, verde yodo, azul de metileno, entre otros).

Desarrollo

El procedimiento será sencillamente la elaboración de preparaciones *in toto*. Para ello, sólo será necesario tomar una gota (solo una) de agua del frasco muestra y agregar colorante (el que el profesor indique) diluido.

Resultados

Elaborar esquemas evidenciando las estructuras características del grupo, así como incorporar el nivel de organización e indicar el objetivo (10X, 40X, 100X) al que fueron hechas las observaciones.

Discusión

Se sugiere discutir sobre las diferencias morfológicas y estructurales del grupo, su importancia ecológica y su función en el plancton. Así mismo se sugiere discutir sobre la importancia del estudio del grupo en la economía, la industria y la salud.

Bibliografía básica

-  Bold, H. C. & M. Wynne. 1978. Introduction to the algae, structure and reproduction. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J.
-  Cantoral-Uriza, E. A., J. Carmona-Jimenez & G. Montejano. 1997. Diatom of calcareous tropical springs in the central regions of Mexico. *Cryptogamie Algology* 18(1): 19-46.
-  Cox, E. J., J. Carmona-Jiménez & G. Montejano. 1997. Identification of freshwater diatoms from live material. Chapman & Hall. London.
-  Drebes, G. 1997. Sexuality. 250-283. *In*: Werner, D. (ed.). The Biology of Diatoms. Botanical monographs Vol. 13. University of California Press. E.U.A.
-  Fourtanier, E. & L. P. Kociolek. 1999. Catalogue of the diatom genera. *Diatom Research* 14(1): 1-90.
-  Graham, L. & L. Wilcox. 2000. Algae. Prentice Hall.
-  Lee, R. E. 1980. Phycology. Cambridge University Press. Cambridge.
-  Martínez-Macchiavello, J. C. 2003. Aplicación de las diatomeas en medicina forense. *Contribución en Diatomología* 1:1-8.
-  Novelo, E., R. Tavera & C. Ibarra 2007. Bacillariophyceae from karstic wetlands in Mexico. *Bibliotheca Diatomologica* 54. Gebr. Borntraeger Verlagsbuchhandlung: Stuttgart.
-  Reynolds, C.S. 1990. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge.
-  Round, F., R.M. Crawford & D.G. Mann. (Eds.). The diatoms, biology and morphology of the genera. Cambridge University Press. Cambridge.
-  Van Den Hoek, D.G. Mann & H.M. Jahns 1998. Algae: An Introduction to phycology. Cambridge.
-  Werner, D. (Ed.). 1977. The biology of Diatoms. Botanical Monographs, vol. 13. Blackwell Scientific Publications. Oxford.

Figuras de diatomeas

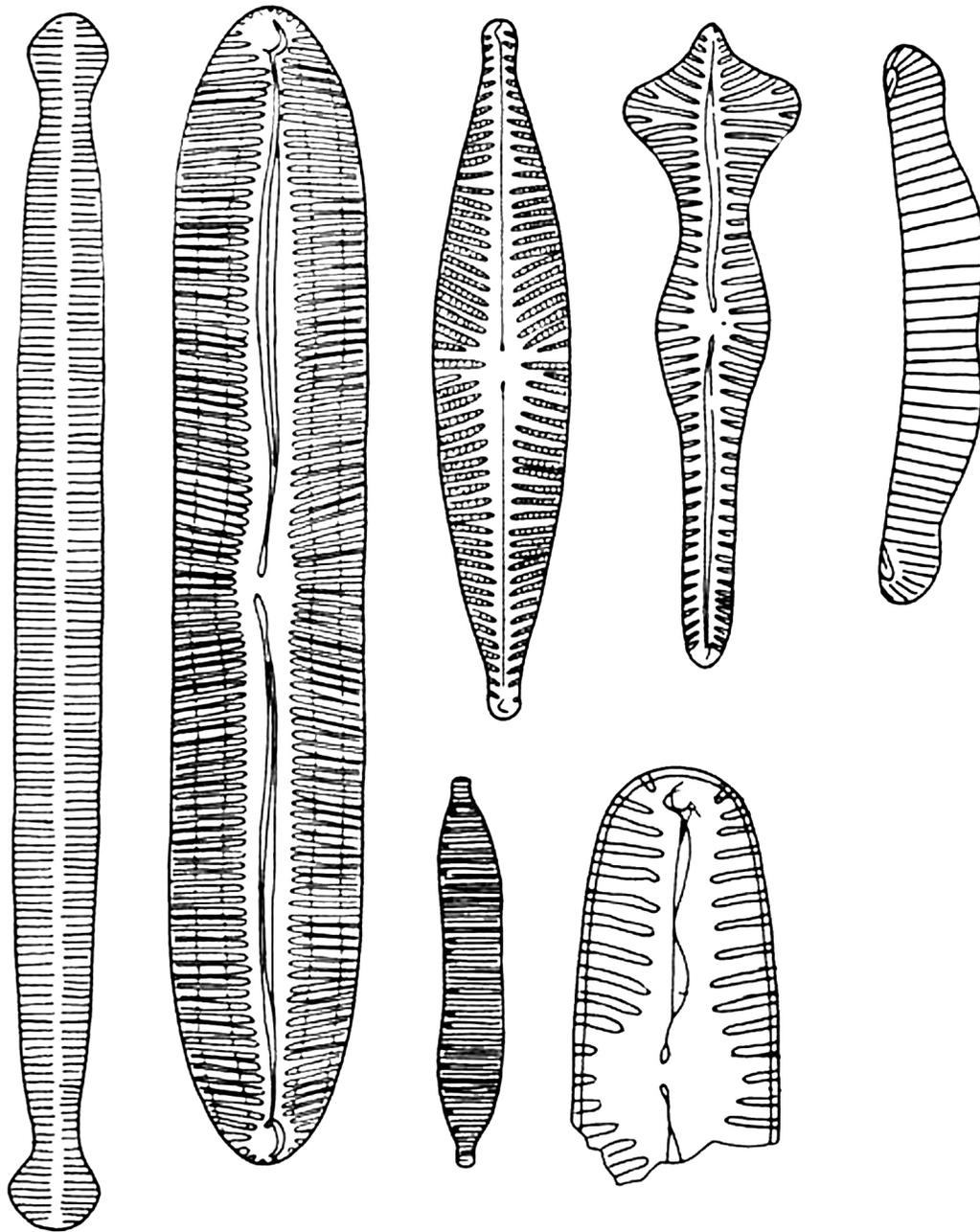


Figura 25. Morfología general de diatomeas pennadas: Unicelulares. (Modificada de Parra & Bicudo, 1995).

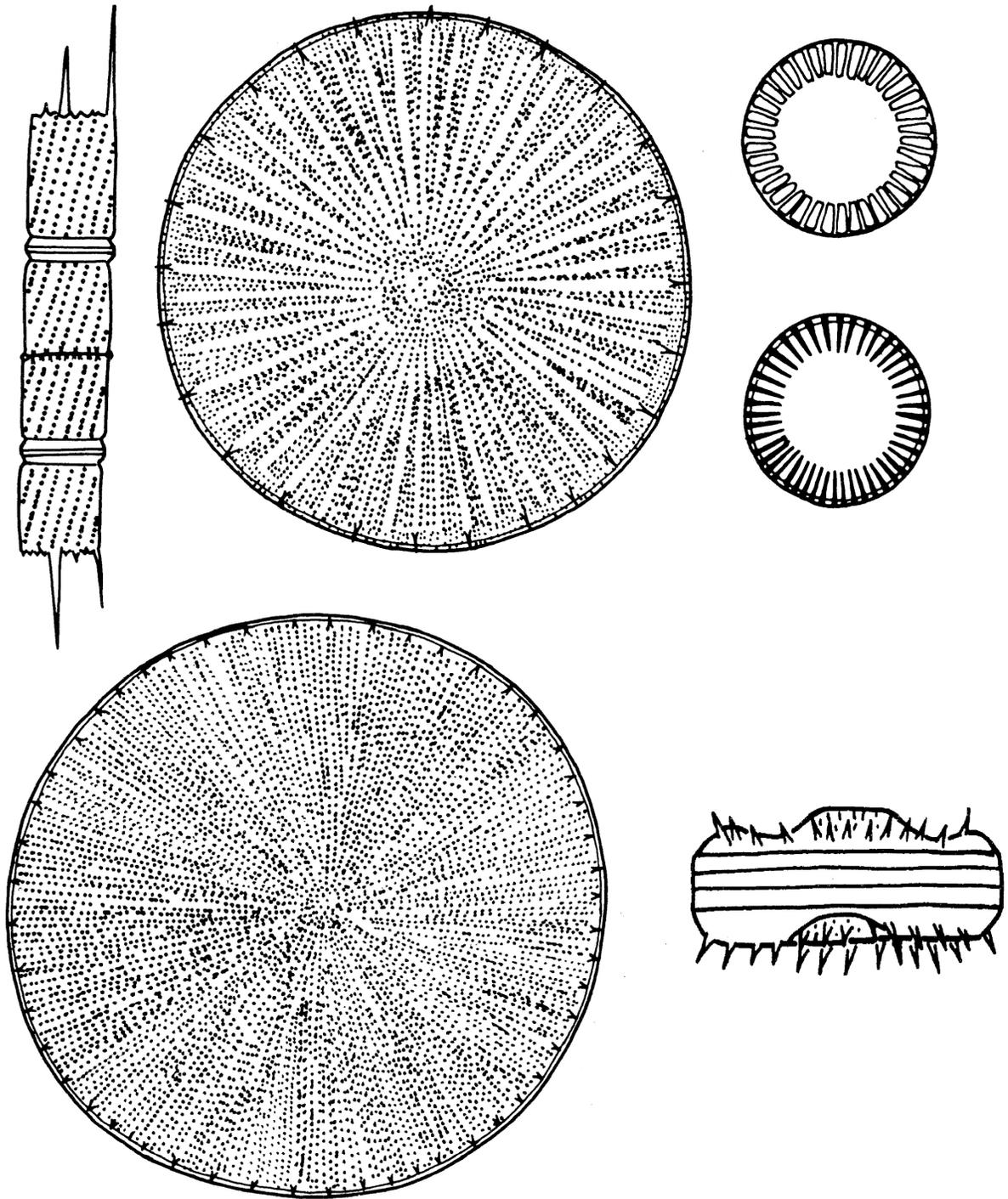


Figura 26. Morfología general de diatomeas céntricas: Unicelulares. (Modificada de Parra & Bicudo, 1995).

Práctica 3

Dinoflagelados

Introducción

Los dinoflagelados (Dinophyceae) junto con las diatomeas, son uno de los grupos más abundantes en el fitoplancton, son de hábitos planctónicos, es decir, se encuentran suspendidos en la columna de agua.

Su patrón estructural básico es el siguiente:

- Nutrición **autótrofa**, **heterótrofa** y **mixótrofa**.
- Algunos presentan una pared celular muy delgada formada por vesículas denominadas **anfiesma**, que da la impresión de células desnudas (dinoflagelados atecados), otros presentan una pared celular con teclas (dinoflagelados tecados) de celulosa (2 a varias placas de diferente forma y disposición).
- Cloroplastos rodeados por tres membranas sin conexión con la envoltura nuclear. Bandas de **tilacoides** apilados en hileras tres.
- Presentan como pigmentos fotosintéticos a la clorofila *a* y *c* y como pigmentos accesorios a los β -carotenos, la peridininina y la neoperidininina.
- Como sustancia de reserva almacenan almidón.
- Células móviles. Flagelos **anisocontos**, uno transversal, enrollado en el cíngulo y con largos **mastigonemas**, y otro longitudinal, dispuesto en el **sulcis** y dirigido hacia la porción posterior.
- Reproducción sexual y asexual, ciclo de vida cigótico.
- El nivel de organización es unicelular, sin embargo, algunas veces forman cadenas, aunque también es posible encontrar **colonias** y **filamentos**.

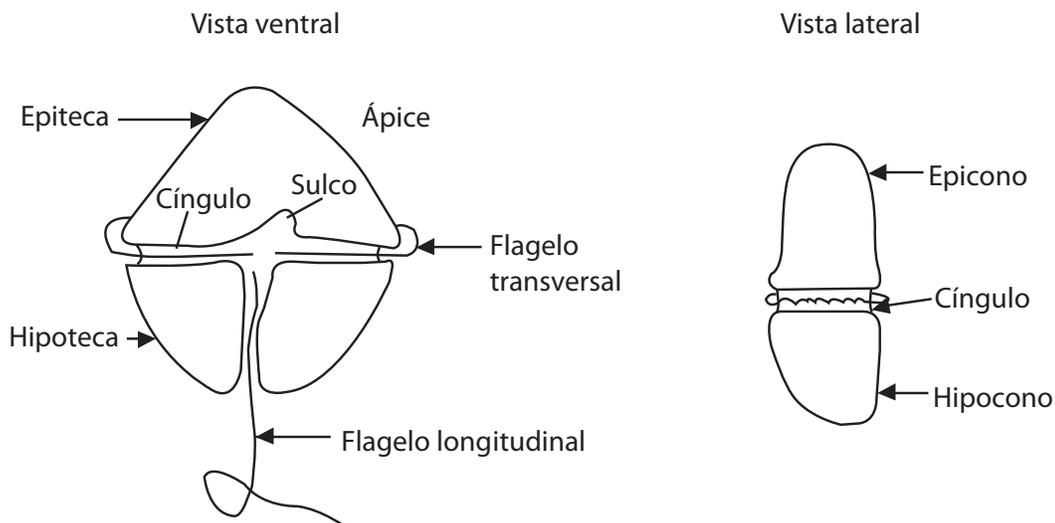


Figura 27. Morfología general de los dinoflagelados (Modificado de Garduño-Solórzano *et al.* 2010).

Temas a desarrollar (elegir uno):

- Niveles de organización y estructuras peculiares de los dinoflagelados.
- Reproducción en los dinoflagelados.
- Importancia ecológica de los dinoflagelados.

Objetivos

- Observar y diferenciar la morfología externa y estructuras particulares en el grupo.

Material

Por equipo:

- Microscopio óptico
- Pipeta Pasteur

Proporcionado por el Profesor:

- Muestras de agua marina y dulce (de ser posible, muestras colectadas en red para tener la muestra concentrada).
- Preparaciones semipermanentes.
- Colorantes (Iugol, safranina, cristal violeta, verde yodo, azul de metileno, entre otros).

Desarrollo

El procedimiento será sencillamente la elaboración de preparaciones *in toto*. Para ello, sólo será necesario tomar una gota (solo una) de agua del frasco muestra y agregar colorante (el que el profesor indique) diluido.

Resultados

Elaborar esquemas evidenciando las estructuras características del grupo, así como incorporar el nivel de organización e indicar el objetivo (10X, 40X, 100X) al que fueron hechas las observaciones.

Discusión

Se sugiere discutir sobre las diferencias morfológicas y estructurales del grupo, su importancia ecológica y su función en el plancton. El potencial tóxico de varios grupos de dinoflagelados. Asimismo se sugiere discutir sobre la posición taxonómica de los dinoflagelados y su relación con los protozoarios.

Bibliografía básica

-  Bold, H. C. & M. Wynne. 1978. Introduction to the algae, structure and reproduction. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J.
-  Carty, S. 2003. Dinoflagellates. En: J.D. Wehr y R.G. Sheath (Eds). Freshwater Algae of North America. Ecology and Classification. Academic Press. Elsevier E.U.A.
-  Cortés-Altamirano, R. 1998. Las Mareas Rojas. AGT Editor, S. A. México, D.F.
-  Garduño-Solórzano, G., S. Licea-Durán, M.G. Olivia-Martínez & M. A. García-Gómez. 2010. Dinoflagelados. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, México.
-  Graham, L. & L. Wilcox. 2000. Algae. Prentice Hall.
-  Lee, R. E. 1980. Phycology. Cambridge University Press. Cambridge.
-  Reynolds, C.S. 1990. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge.
-  Van Den Hoek, D. G. Mann & H.M. Jahns 1998. Algae: An Introduction to Phycology. Cambridge.

Figuras de dinoflagelados

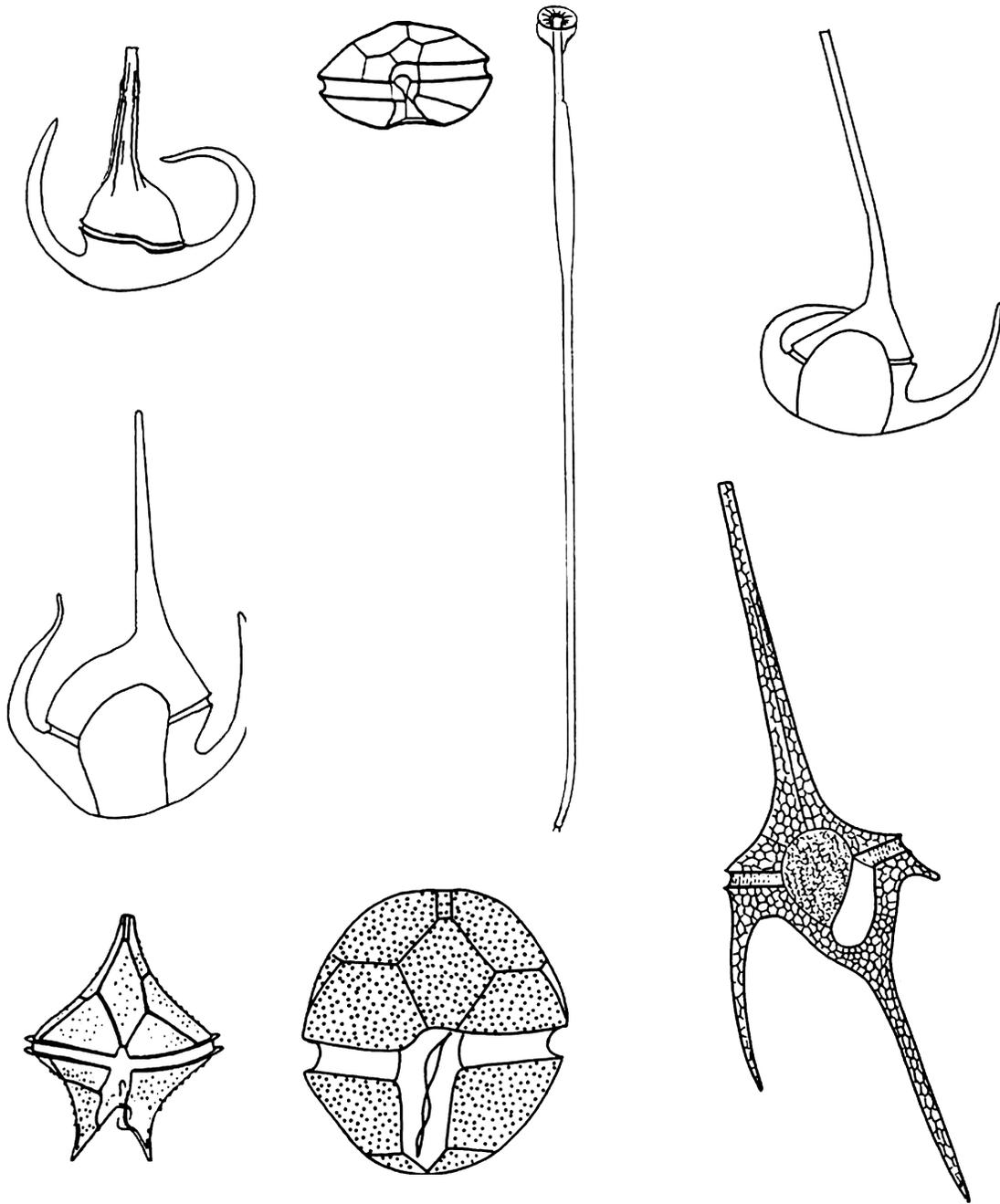


Figura 28. Morfología general de dinoflagelados tecados: formas unicelulares. (Modificado de Licea *et al.*, 1995).

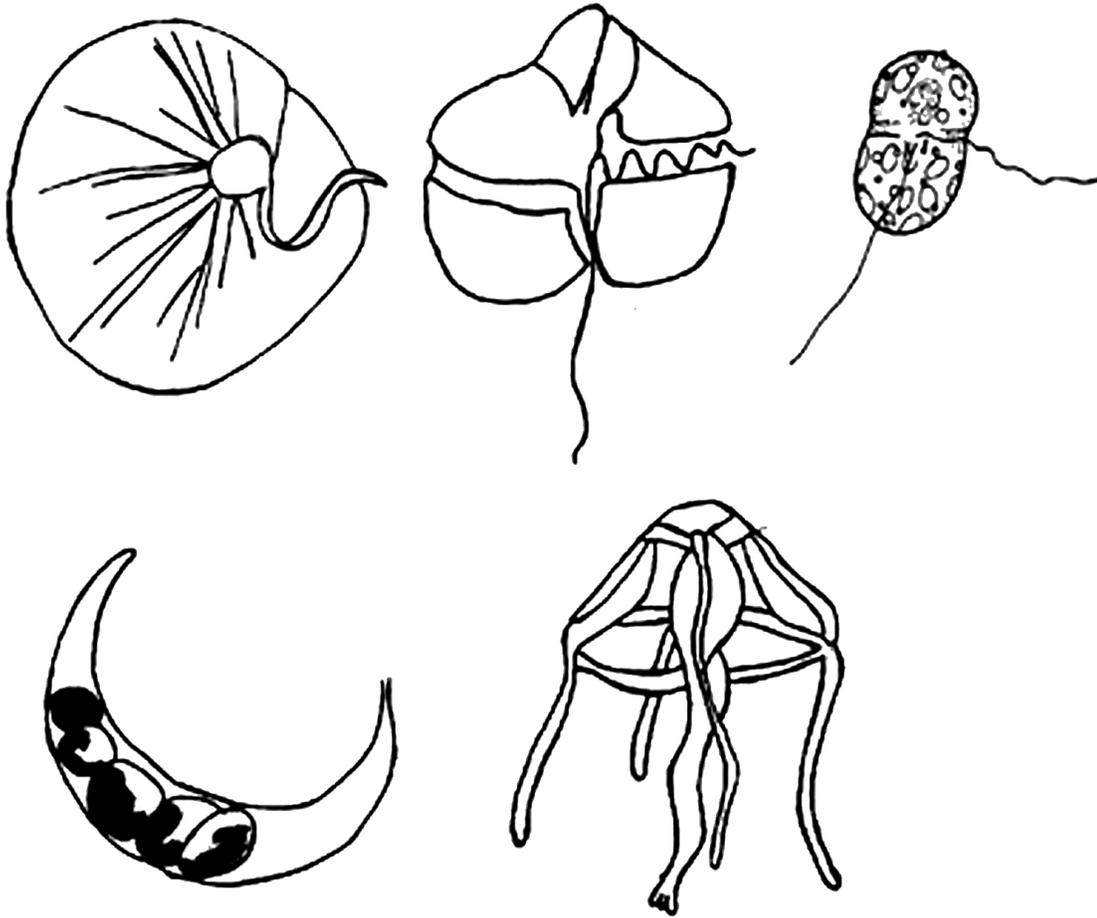


Figura 29. Morfología general de dinoflagelados atecados: formas unicelulares.

Práctica 4

Euglenoideos

Introducción

Los euglenoideos (Euglenophyceae) presentan las siguientes características:

- Como pigmentos fotosintéticos presentan clorofila *a* y *b*.
- Como sustancia de reserva poseen un polímero de la glucosa con uniones químicas *Beta*-1,3 conocido como Paramilon (el almidón producido en las algas verdes es también un polímero de la glucosa, pero las uniones químicas son del tipo α -1,4) y se encuentra presente en el citoplasma y no en el cloroplasto. Este mismo exceso de la producción fotosintética implica otra gran diferencia.
- Son habitantes del dominio planctónico en aguas de salinidades bajas y en aguas con materia orgánica. Lugares ideales para colectarlas son los canales de Cuernavaca al sur oriente de la ciudad de México; ahí viven en la columna de agua o entre el sistema radicular libre del "Lirio acuático". Desde luego, estas son microscópicas y se requiere la revisión de varias muestras para poder observarlas en abundancia. Si uno mete la mano al agua, toma la raíz de una planta de lirio y exprime ésta arriba de un frasco de 150ml, con mucha seguridad el agua de aspecto turbio (por no decir "medio podrida") contendrá varios individuos de, sobre, todo, los géneros *Euglena* Ehrenberg y *Phacus* Dujardin.
- El nivel de organización que presenta es el **unicelular** estricto.
- Su reproducción es asexual.

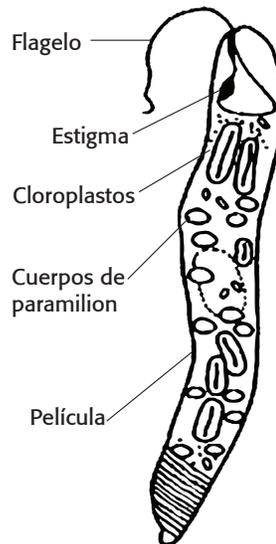


Figura 30. Morfología general de los euglenoideos (Modificado de Garduño *et al.* 2008).

Temas a desarrollar (elegir uno):

- Sobre la separación sistemática entre Chlorophyceae, Charophyceae y Euglenophyceae.
- Sobre la separación sistemática entre Euglenophyceae y protozoarios.
- Uso potencial como indicadores en el tratamiento de aguas residuales.

Objetivos

- Observar y diferenciar la morfología externa y estructuras particulares del grupo, tales como el núcleo, estigma, cloroplastos y granos de paramilión.

Material

Por equipo:

- Muestras de raíces de lirio acuático
- Muestras de fitoplancton de charcos, presas o lagos
- Microscopio estereoscópico
- Microscopio compuesto
- 1 Caja de Petri
- Agujas y pinzas de disección
- Aceite de inmersión
- Papel seda
- Colorantes (lugol, safranina, cristal violeta, verde yodo, azul de metileno, entre otros).
- Portaobjetos y cubreobjetos
- Pipeta Pasteur

Proporcionado por el Profesor:

- Material preservado en formol al 4%

Desarrollo

Con una pipeta Pasteur tome una alícuota (pequeña cantidad que se dice es representativa de la muestra) del agua recolectada y póngala sobre el portaobjetos. Observe a los organismo en vivo bajo un microscopio compuesto. Agregue una gota de colorante (el que el profesor indique) y observe nuevamente con el microscopio. Haga lo mismo con las muestras de exprimido de sistema radicular de lirio acuático.

Resultados

Elaborar esquemas evidenciando las estructuras características del grupo, así como incorporar el nivel de organización e indicar el objetivo (10X, 40X, 100X) al que fueron hechas las observaciones.

Esquematizar lo observado al microscopio compuesto tanto en la preparación hecha de agua recolectada en charcos como en la preparación hecha con agua de raíz de lirio acuático. Hacer comparaciones de lo observado.

Discusión

Se sugiere discutir sobre su abundancia en la muestra, ¿dónde fueron más abundantes, si en la muestra de charco o en la raíz de lirio?, las diferencias al observar el material en vivo y fijado con lugol, su morfología, su posición taxonómica y su estrecha relación con los protozoarios. A si mismo se sugiere discutir sobre los caracteres que comparten con las algas verdes.

Bibliografía básica

-  Bold, H. C. & M. Wynne. 1978. Introduction to the algae, structure and reproduction. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J.
-  Brosnan, S., W. Shin, K.M. Kjer & R.E. Triemer. 2003. Phylogeny of the photosynthetic euglenophytes inferred from the nuclear SSU and partial LSU Rdna. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 53: 1175-1186.
-  Dillard, G. 2000. Freshwater algae of the Southeastern United States. Part 7. Pigmented Euglenophyceae. J. Cramer (Bibliotheca Phycologica Band 106), Stuttgart.
-  Garduño, S. G., M. G. Oliva-Martínez, V. Conforti, M. A. García-Gómez, A. A. Pliego & M. M., G. Ortega. 2008. Euglenoideos. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, México.
-  Graham, L. & L. Wilcox. 2000. Algae. Prentice Hall.
-  Leander, B. S. & M. A. Farmer. 2000. Comparative morphology of the euglenid pellicle I. Patterns of strips and pores. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 47:469-479.
-  Lee, R. E. 1980. Phycology. Cambridge University Press. Cambridge.
-  Linton, E. W., D. Hittner, C. Lewandowski, T. Aild & R. E. Triemer. 1999. A molecular study of euglenoid phylogeny using small subunit DNA. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 46:217-223.
-  Pérez-Reyes, R. y E. Salas-Gómez. 1961. Euglenae del Valle de México IV. Descripción de algunos endoparásitos. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 4:53-73.
-  Shin, W., S. M. Boo & R. E. Triemer. 2002. Are cytoplasmic pockets (MTR/Pocket) present in all photosynthetic Euglenoid genera. *Journal of Phycology*. 38:790-799.
-  Van Den Hoek, D. G. Mann & H.M. Jahns 1998. Algae: An Introduction to phycology. Cambridge.

Figuras de euglenoideos

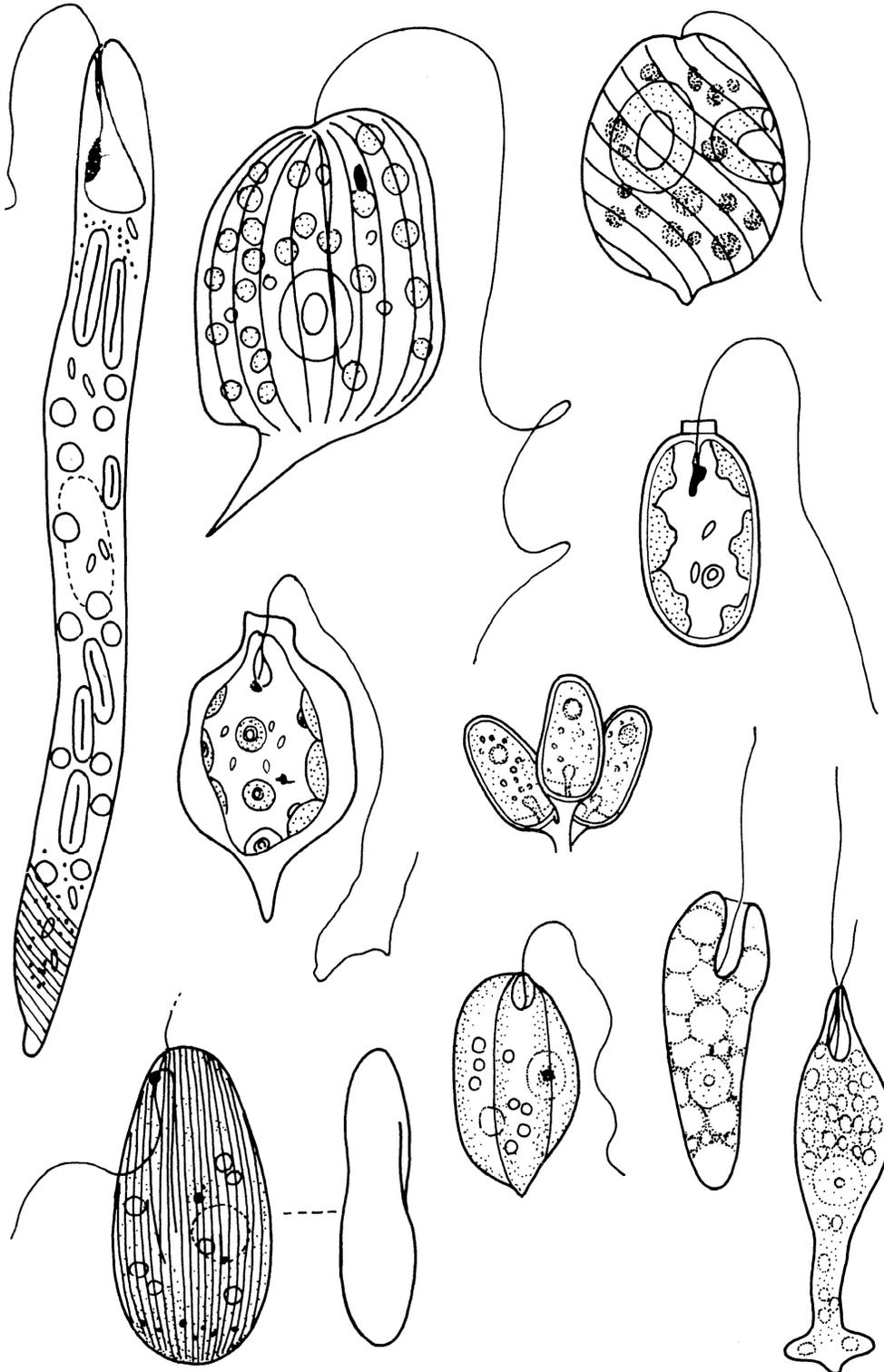


Figura 31. Morfología general de euglenoideos: Unicelulares (Modificada de Parra & Bicudo, 1995).

Práctica 5

Caráceas

Introducción

El colectivo de las caráceas (Charophyceae) tiene las siguientes características:

- Como pigmentos fotosintéticos presenta clorofila *a* y *b*.
- Como sustancia de reserva tiene almidón que se localiza dentro del cloroplasto.
- Su estructura vegetativa es complicada, estructuras reproductivas únicas entre las algas, morfología espermática especial. Posee un estado protonémico por lo que han sido clasificadas en su propia división.
- Viven en ambientes dulceacuícolas, son muy abundantes en ríos anchos y de poca profundidad (pero con flujo evidente); también son conspicuas en valles de inundación. Son rápidamente identificables no sólo por su forma (que recuerda a *Equisetum*, una planta vascular muy primitiva) sino por el color rojo brillante de los oogonia visibles a simple vista. El género más común es *Chara* Linnaeus.

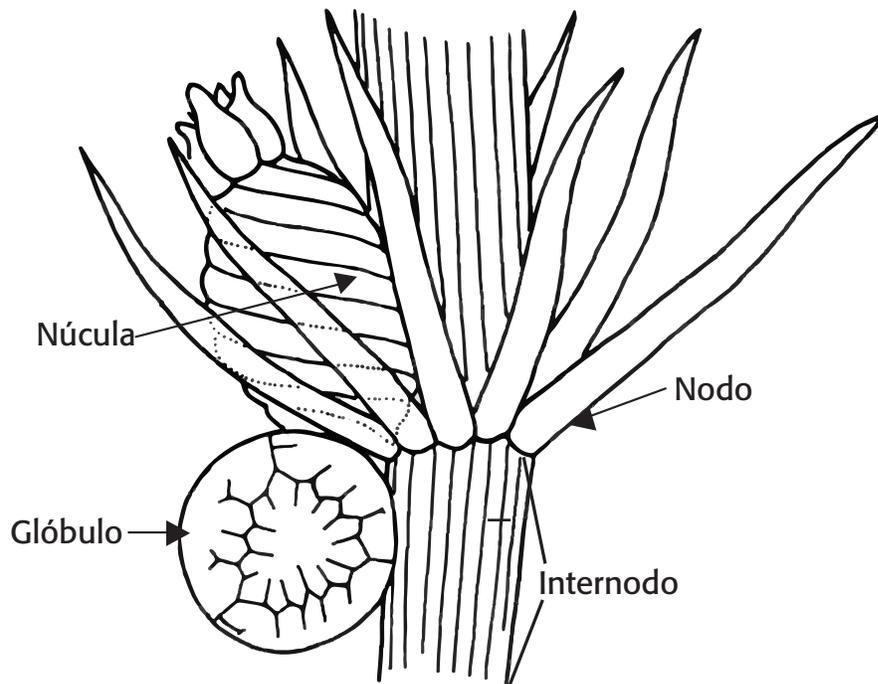


Figura 32. Estructuras reproductivas de las caráceas (rama) (Modificada de Parra & Bicudo, 1995).

Temas a desarrollar (elegir uno):

- Sobre la separación sistemática entre Chlorophyceae, Charophyceae y Euglenophyceae.
- Acerca de la relación existente entre las estructuras reproductoras de Charophyceae y las presentes en Chlorophyceae.
- Acerca de la relación existente entre las estructuras reproductoras de Charophyceae y las presentes en Hepatophyta (División que agrupa a las plantas terrestres probablemente más primitivas). Este tema obliga a un poco de lectura suplementaria al curso.

Objetivos

- Observar y diferenciar la morfología externa y estructuras particulares en el grupo.

Material

Por equipo:

- Microscopio estereoscópico
- Microscopio compuesto
- 1 Caja de Petri
- Agujas y pinzas de disección
- Papel seda
- Colorantes (lugol, safranina, cristal violeta, verde yodo, azul de metileno, entre otros).
- Portaobjetos y cubreobjetos
- Pipetas Pasteur

Proporcionado por el Profesor:

- Material preservado en formol al 4%
- Ejemplares de herbario

Desarrollo

Haga observaciones de la planta con el microscopio estereoscópico. Ponga atención en las estructuras reproductoras.

Centre su atención en una región del talo donde se aprecien estructuras reproductoras y ramas (es decir, una porción nodal). Separe un trozo pequeño y, agregando colorante (el que el profesor indique) diluido (una gota de colorante y una gota de agua), haga una preparación *in toto* y proceda, ahora a observar con el microscopio compuesto.

Resultados

Elaborar esquemas evidenciando las estructuras características del grupo, así como incorporar el nivel de organización e indicar el objetivo (10X, 40X, 100X) al que fueron hechas las observaciones.

Esquematizar a la planta completa a simple vista y bajo el microscopio estereoscópico. Resaltar estructuras reproductoras.

Discusión

Se sugiere discutir sobre las semejanzas y diferencias del grupo con las algas verdes, su posición taxonómica y su estrecha relación con las plantas terrestres.

Bibliografía básica

-  Bold, H. C. & M. Wynne. 1978. Introduction to the algae, structure and reproduction. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J.
-  Cáceres, E. J. 1978. Contribución al conocimiento de los carófitos del centro de Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, Argentina* 52(3-4): 316-372.
-  Cirujano, S., J. Cambra, P. M. Sánchez-Castillo, A. Meco & N. Flor-Arnau. 2008. Flora ibérica. Algas continentales. Carófitos (Characeae). S. Cirujano (Ed.). Real Jardín Botánico, Madrid.
-  Graham, L. & L. Wilcox. 2000. Algae. Prentice Hall.
-  Lee, R. E. 1980. Phycology. Cambridge University Press. Cambridge.
-  Van Den Hoek, D. G. Mann & H.M. Jahns 1998. Algae: An Introduction to phycology. Cambridge.
-  Wood, R. D. & K. Imahori. 1965. A revision of the Caharaceae I: Monograph of the Characeae. J. Cramer, Weinheim.
-  Wood, R. D. & K. Imahori. 1965. A revision of the Caharaceae II: Iconograph of the Characeae. J. Cramer, Weinheim.

Figuras de caráceas

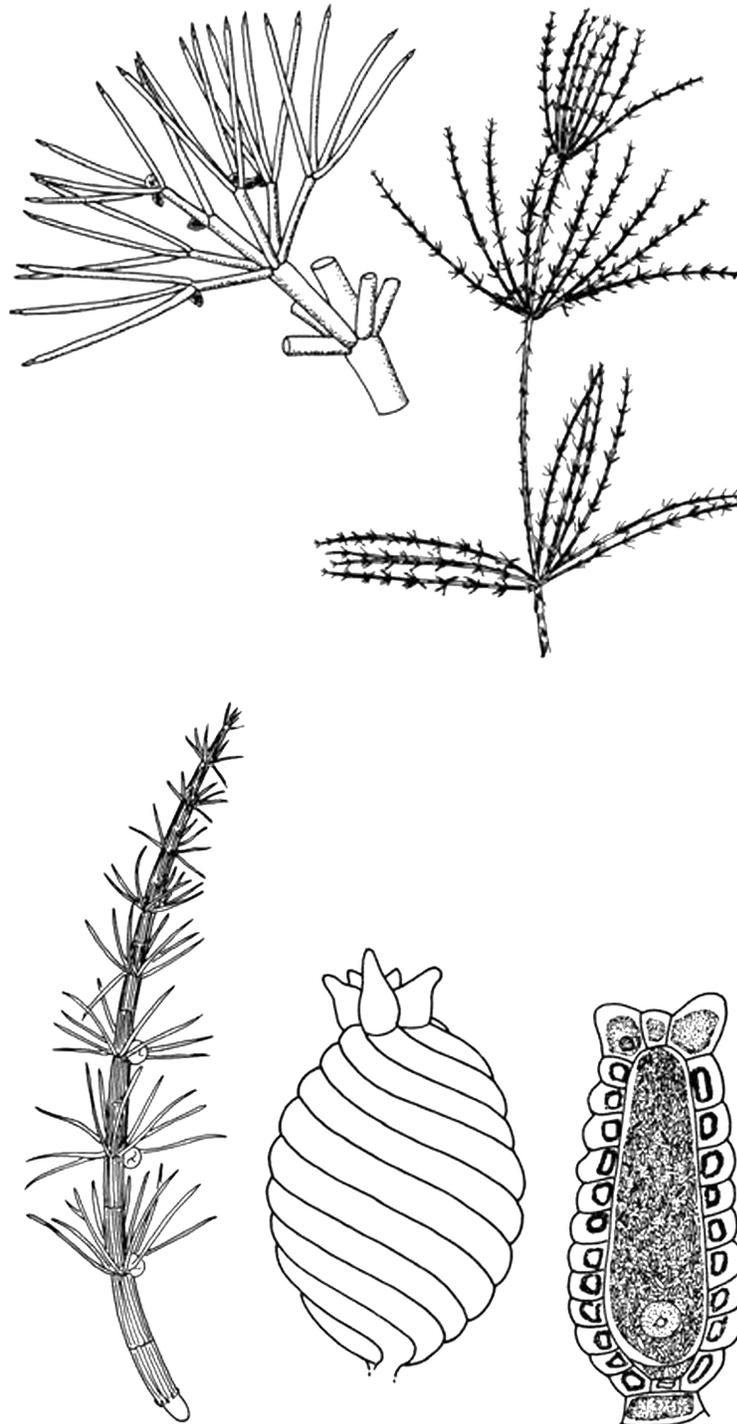


Figura 33. Morfología general de las caráceas. (Modificada de Parra & Bicudo, 1995).

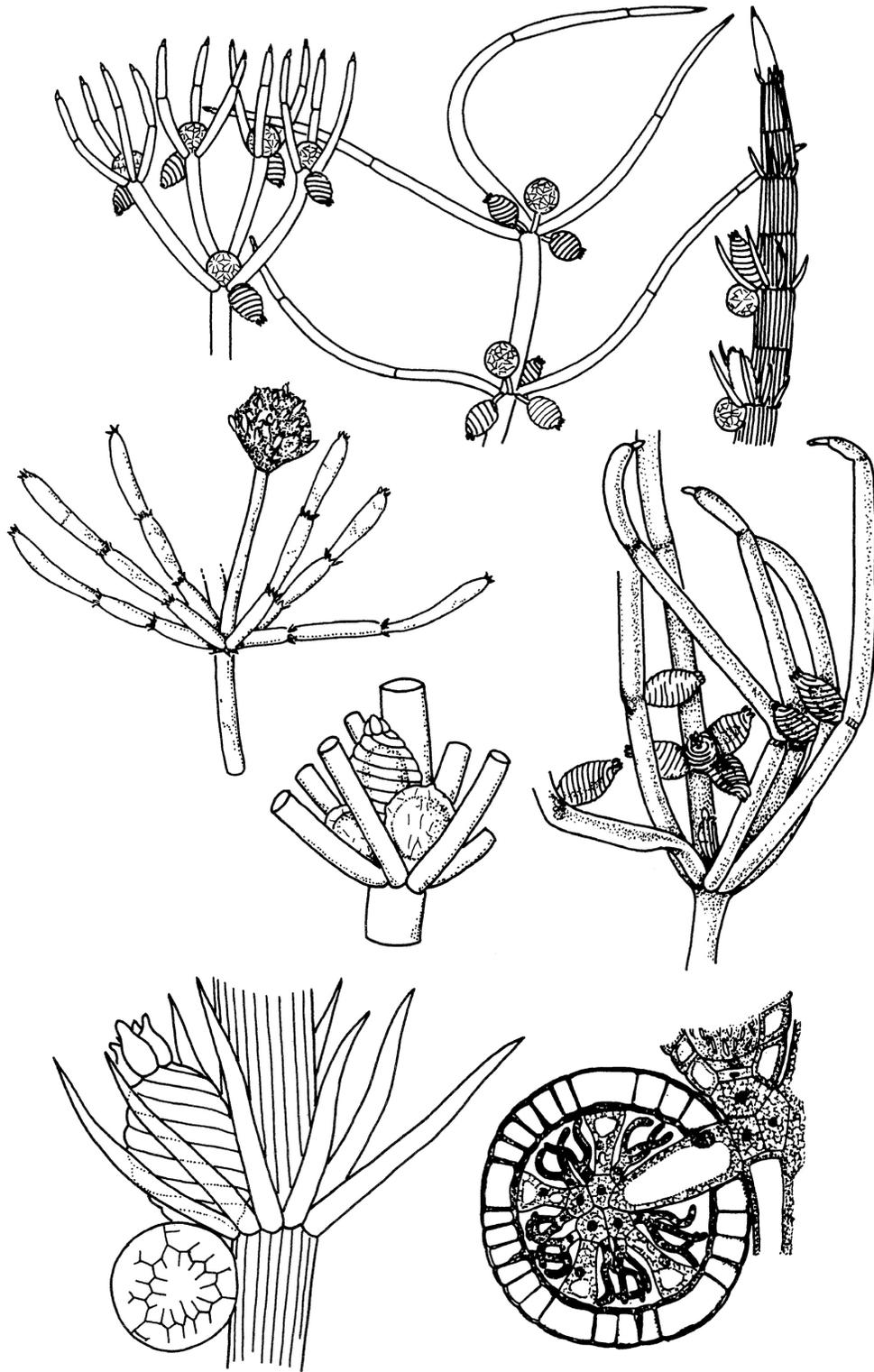


Figura 34. Morfología general de las caráceas. (Modificada de Parra & Bicudo, 1995).

Práctica 6

Algas verdes

Introducción

Las algas verdes (Chlorophyceae) han sido consideradas muy tempranamente como uno de los grupos de algas más diversos. En la actualidad la microscopía electrónica ha permitido elaborar un nuevo concepto sobre la evolución y clasificación de este grupo. Estudios sobre citología estructural fina y bioquímica han provocado modificaciones radicales en los sistemas de clasificación de las algas verdes.

El patrón estructural básico de las algas verdes es el siguiente:

- a) Los zooides son **isocontos**; es decir, los flagelos de un zooides son similares, aunque pueden diferir en longitud.
- b) El o los flagelos carecen de los **mastigonemas** presentes en las algas heterocontas (que tienen flagelos completamente diferentes); sin embargo, pueden estar cubiertos por varios tipos de “pelos” o escamas muy delicados.
- c) La región de transición entre el flagelo propiamente y la base flagelar (ubicada en la célula) contiene un cuerpo estelariforme.
- d) El cloroplasto está rodeado solamente de una doble envoltura originada en el cloroplasto y no por una envoltura adicional con origen en el retículo endoplásmico, como en muchos otros grupos de algas. Los **tilacoides** forman **lamelas** en número de 2-6 o más; pseudograna (cúmulos de tilacoides sobrepuestos parcialmente) o grana verdaderos. Sin embargo, no dan lugar a lamelas circundantes.
- e) Presenta como pigmentos fotosintéticos a la clorofila *a* y *b*, como pigmentos accesorios presenta xantofilas: luteína, violaxantina, anteraxantina, zeaxantina y neoxantina.
- f) El **pirenoide** (cuando está presente) es una región diferenciada del cloroplasto; los tilacoides a veces lo penetran. Este está rodeado de gránulos de almidón.
- g) El más importante polisacárido de reserva es el almidón. Este se forma en el interior del cloroplasto.
- h) Las algas verdes son las únicas que presentan el nivel de organización **cenocítico** o sifonoso.
- i) Las algas verdes son predominante acuáticas (planctónicas o bentónicas) unas pocas especies crecen sobre o dentro de la superficie de suelo húmedo, tronco de árboles, rocas húmedas y sombrías; y sobre una gran variedad de hábitats terrestres y subaéreos.
- j) La organización es típicamente eucariótica. La mayoría tiene células uninucleadas aunque existen órdenes completos que tienen una organización multinucleada.

Estos atributos caracterizan a cualquier célula de alga verde y que, por lo tanto, confieren cohesión a la clase Chlorophyceae.

Temas a desarrollar (elegir uno):

- A. Los niveles de organización en las algas verdes.
- B. Tendencias evolutivas en las algas verdes.
- C. Tipos de reproducción en las algas verdes.
- D. Historias de vida de las algas verdes.
- E. Importancia y usos de las algas verdes.
- F. Origen de las plantas terrestres a partir de Chlorophyceae.

Objetivos

- Observar y diferenciar la morfología externa y estructuras particulares en el grupo.
- Observar y distinguir los diferentes niveles de organización de este grupo.

Material

Por equipo:

- Microscopio estereoscópico
- Microscopio compuesto
- 2 Cajas de Petri
- Agujas y pinzas de disección
- Aceite de inmersión
- Papel seda
- Portaobjetos y cubreobjetos

Proporcionado por el Profesor:

- Material preservado en formol al 4%
- Ejemplares de herbario
- Preparaciones semipermanentes
- Colorantes (lugar, safranina, cristal violeta, verde yodo, azul de metileno, entre otros).

Desarrollo

La diversidad de géneros y especies presentes en las costas mexicanas es amplia, en esta sección solo veremos cinco géneros que representen diferentes niveles de organización en el grupo.

Las actividades a realizar con ejemplos de géneros algales (cuadro 1) son las siguientes: figuras, cortes, desmenuzamientos, tinciones, observación de tipos celulares y cloroplastos.

Cuadro 1. Géneros de algas verdes que representan niveles de organización distintos.

UNICELULARES	MULTICELULAR
<i>Chlorella</i> M.Beijerinck	<i>Ulothrix</i> Kützing
<i>Chlamydomonas</i> Ehrenberg	<i>Spirogyra</i> Link
<i>Volvox</i> Linnaeus	<i>Chaetomorpha</i> Kützing
<i>Pediastrum</i> Meyen	<i>Cladophora</i> Kützing
<i>Scenedesmus</i> Meyen	<i>Codium</i> Stackhouse
	<i>Halimeda</i> J.V.Lamouroux
	<i>Caulerpa</i> J.V.Lamouroux
	<i>Bryopsis</i> J.V.Lamouroux
	<i>Udotea</i> J.V.Lamouroux
	<i>Acetabularia</i> J.V.Lamouroux
	<i>Ulva</i> Linnaeus
	<i>Cymopolia</i> J.V.Lamouroux
	<i>Dictyosphaeria</i> Decaisne

Esto nos permitirá observar los rasgos listados más arriba y definir el nivel de organización de cada uno. En las técnicas generales para la observación de algas, se explican e ilustran los pasos para hacer cortes y desmenuzamiento (Figura 12-17), para aquellos géneros que solo requieren de la elaboración de preparación *in toto*; vale decir: montado de los fragmentos en agua, sin recurrir a bálsamo o resinas (*Ulothrix*, *Chaetomorpha* y *Cladophora*).

Desde luego, para la observación de los cloroplastos será necesario teñir con algún colorante (el que el profesor indique).

Asimismo, para observar membranas y **cenocitos** no tabicados tendremos que hacer cortes con navaja de rasurar y desmenuzamiento (con agujas de disección) respectivamente.

Como se podrá apreciar, la sola definición del nivel de organización nos permite adentrarnos en el estudio de una serie de estructuras y técnicas que (aunque fáciles de observar y llevar a efecto) cuando la investigación adquiere un matiz profesional resulta de vital importancia y utilidad en el trabajo diario con las algas.

Resultados

Esquematizar los especímenes observados resaltando las estructuras observadas. Identificar los niveles de organización de los organismos observados.

Discusión

Se sugiere discutir sobre la diversidad morfológica que exhiben los diferentes grupos de algas verdes, los niveles de organización, las diferentes estructuras especializadas. Asimismo se sugiere discutir sobre la relación de este grupo con las plantas terrestres.

Bibliografía básica

-  Barsanti, L. & P. Gualtieri. 2006. *Algae: anatomy, biochemistry and biotechnology*. Taylor & Francis, Kew York.
-  Bold, H. C. & M. Wynne. 1978. *Introduction to the algae, structure and reproduction*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J.
-  Graham, L. & L. Wilcox. 2000. *Algae*. Prentice Hall.
-  Irvine, D.E.G. & D.M. Jhon. 1984. *Systematics of the green Algae. The systematic association special volumen 27*. Academic Press.
-  Lee, R. E. 1980. *Phycology*. Cambridge University Press. Cambridge.
-  León-Álvarez D., C. Candelaria-Silva, P. Hernández-Almaráz & H. León-Tejera. 2006. *Géneros de macroalgas marinas tropicales de México: I. Algas verdes*. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM.
-  León-Álvarez D., C. Candelaria-Silva, P. Hernández-Almaráz & H. León-Tejera. 2007. *Clave interactiva de identificación de géneros de macroalgas marinas tropicales de México: I. Algas verdes*. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. Disco compacto.
-  Reynolds, C.S. 1990. *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge.
-  Van Den Hoek, D. G. Mann & H.M. Jahns 1998. *Algae: An Introduction to phycology*. Cambridge.

Figuras de algas verdes

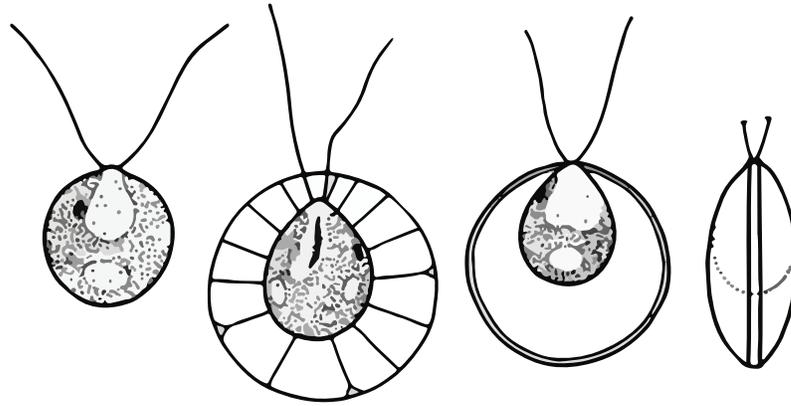


Figura 35. Morfología general de algas verdes: Unicelulares (Modificada de Parra & Bicudo, 1995).

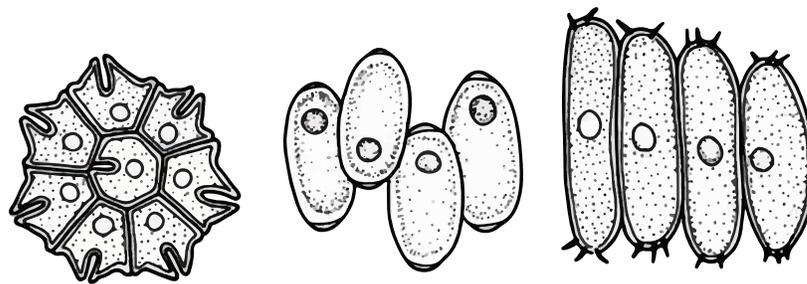


Figura 36. Morfología general de algas verdes: Coloniales (Modificada de Parra & Bicudo, 1995).

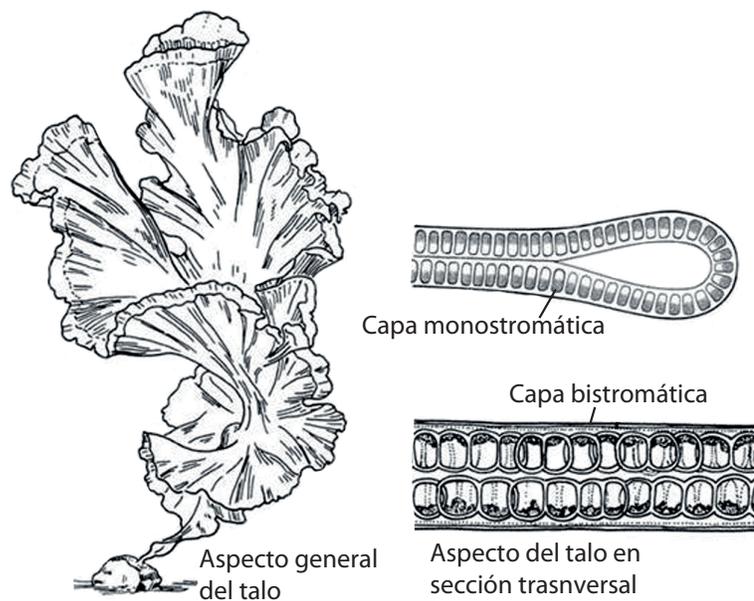


Figura 37. Morfología general de algas verdes: Láminas (Modificada de Parra & Bicudo, 1995).

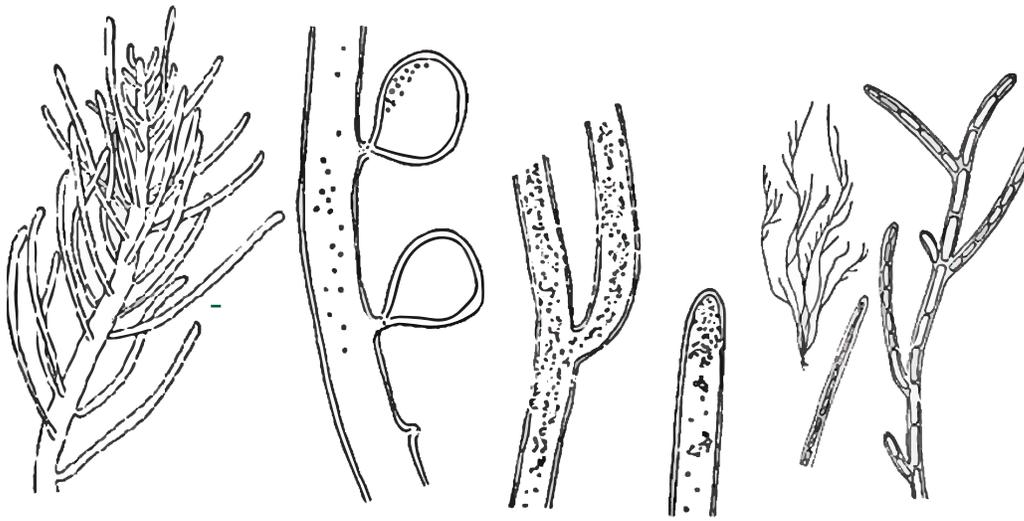


Figura 38. Morfología general de algas verdes: Cenocitos tabicados y no tabicados.

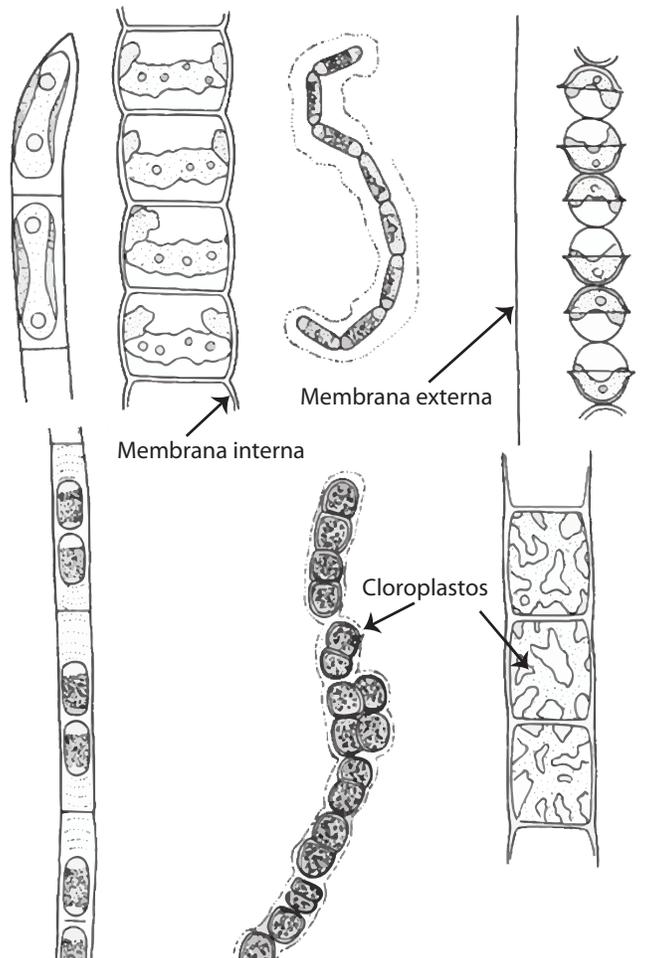


Figura 39. Morfología general de algas verdes: Filamentos (Modificada de Parra & Bicudo, 1995).

Práctica 7

Algas pardas

Introducción

Las algas pardas (Phaeophyceae), son organismos multicelulares y exclusivos de los ambientes marinos, con una anatomía compleja, por lo que son el grupo más parecido, aunque no relacionado, a las plantas terrestres.

Su patrón estructural básico es el siguiente:

- a) Gametos flagelados. Los flagelos están insertos lateralmente y son **heterocontos**, es decir, un flagelo es liso y dirigido hacia la porción posterior y el otro está cubierto por **mastigonemas** y dirigido hacia la porción apical.
- b) Pared celular de celulosa endurecida a veces con carbonato de calcio, rodeada por una matriz mucilaginosa de alginatos y fucoídanos.
- c) Presentan uno o más feoplastos de formas variadas, rodeados por cuatro membranas, dos de ellas son de retículo endoplásmico, asociadas o no con el núcleo. **Tilacoides** agrupados en hileras de tres.
- d) Presentan como pigmentos fotosintéticos a la clorofila *a* y *c* (formas *c1* y *c2*). Como pigmentos accesorios presentan fucoxantina, violaxantina, anteraxantina, neoxantina, diadinoxantina, diatoxantina, β caroteno.
- e) Fuera del feoplasto, presentan crisolaminarina como sustancia de reserva. Algunas presentan vesículas con compuestos polifenólicos.
- f) Los niveles de organización que podemos encontrar en este grupo son **filamentos ramificados, pseudoparénquimas y láminas**.
- g) Presenta reproducción sexual. Ciclos de vida gamético y esporico.

Temas a desarrollar (elegir uno):

- A. Los niveles de organización en las algas pardas.
- B. Líneas evolutivas en las algas pardas.
- C. Tipos de reproducción en las algas pardas.
- D. Historias de vida de las algas pardas.
- E. Importancia y usos de las algas pardas.

Objetivos

- Observar y diferenciar la morfología externa y estructuras particulares de cada grupo.
- Observar y distinguir los diferentes niveles de organización de este grupo.

Material

Por equipo:

- Microscopio compuesto
- Microscopio estereoscópico
- Navajas de rasurar
- 2 Agujas de disección y pinzas de disección
- Caja de Petri
- Portaobjetos y cubreobjetos

Proporcionado por el Profesor:

- Material de algas café almacenadas en frascos con líquido mantenedor (formol 3.5%, formol glicerinado al 5%) y ejemplares de herbario.
- Colorantes (lugo, safranina, cristal violeta, verde yodo, azul de metileno, entre otros).

Desarrollo

Seleccionar para su observación tres géneros de algas pardas (cuadro 2) que presenten las siguientes características:

1. Filamentos ramificados, estructuras reproductoras-esporangios pluriloculares, ramificación, cloroplastos, ramas, meristemos intercalares-zonas de crecimiento, pared celular, nivel de organización.
2. Aspecto superficial de las células de las láminas, organización de la médula y las formas celulares en ella observables, organización y células de la corteza, células apicales individuales, pared celular, cromoplastos, nivel de organización.
3. Células medulares y corticales tanto de los ejes cilíndricos como las ramas con aspecto de **filoides**, estructuras reproductoras (ubicadas en ramitas especiales en la base de los filoides), criptostomata (pequeñas depresiones ubicadas en la superficie de los filoides), **venación media** (presente a lo largo de la línea media de los filoides) margen-borde de los filoides, nivel de organización.

Las actividades a realizar con ejemplos de géneros algales (Cuadro 2) son las siguientes: observaciones con el microscopio estereoscópico, observaciones al microscopio compuesto, esquemas, cortes transversales y observación de estructuras reproductoras.

Cuadro 2. Géneros de algas pardas que representan niveles de organización distintos.

FILAMENTOS	PSEUDOPARÉNQUIMAS
<i>Hincksia</i> J.E.Gray	<i>Stragularia</i> Strömfelt
<i>Ectocarpus</i> Lyngbye	<i>Ralfsia</i> Berkeley
	<i>Colpomenia</i> (Endlicher) Derbès & Solier
	<i>Hydroclathrus</i> Bory de Saint-Vincent
	<i>Dictyota</i> J.V.Lamouroux
	<i>Dictyopteris</i> J.V.Lamouroux
	<i>Padina</i> Adanson
	<i>Sargassum</i> C.Agardh
	<i>Turbinaria</i> J.V.Lamouroux
	<i>Durvillaea</i> Bory de Saint-Vincent
	<i>Laminaria</i> J.V.Lamouroux
	<i>Macrocystis</i> C.Agardh

Para observar la anatomía interna es necesario realizar cortes transversales de los géneros parenquimatosos (descrito en técnicas generales para la observación de las algas, Figuras 5-13).

Las preparaciones serán, como ha sido costumbre, *in toto*. Los fragmentos algales o cortes se montarán en colorante (el que el profesor indique) diluido 1:1 (una gota de colorante por una de agua). Use estas preparaciones para observar los atributos que no pudo ver con el microscopio estereoscópico.

Finalmente revise los ejemplares de herbario de algunos géneros selectos.

Resultados

Esquematizar lo observado en los herborizados, en el microscopio estereoscópico y en el microscopio compuesto, resaltando en el esquema la estructura y el aumento al que fue observada.

Identificar el nivel de organización.

Discusión

Se sugiere discutir sobre los diferentes niveles de organización que podemos encontrar en las algas pardas, sus diferencias y semejanzas morfológicas y estructurales. Se sugiere también discutir sobre las propiedades de su pared celular y la importancia que estas tiene para la industria.

Bibliografía básica

-  Bold, H. C. & M. Wynne. 1978. Introduction to the algae, structure and reproduction. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J.
-  Darley, W. M. 1982. Algal Biology: a physiological approach. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
-  Graham, L. & L. Wilcox. 2000. Algae. Prentice Hall.
-  Irvine, D.E.G. & J.H. Price. 1978. Modern approaches to the taxonomy of red and brown algae. The systematic association special volumen 10. Academic Press.
-  Lee, R. E. 1980. Phycology. Cambridge University Press. Cambridge.
-  León-Álvarez D. & M. L. Núñez-Resendiz. 2012. Géneros de macroalgas marinas tropicales de México: II. Algas pardas. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM.
-  León-Álvarez D. & M. L. Núñez-Resendiz. 2012. Clave interactiva de identificación de géneros de macroalgas marinas tropicales de México: II. Algas pardas. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. Disco compacto.
-  Van Den Hoek, D. G. Mann & H.M. Jahns 1998. Algae: An Introduction to phycology. Cambridge.

Figuras algas pardas

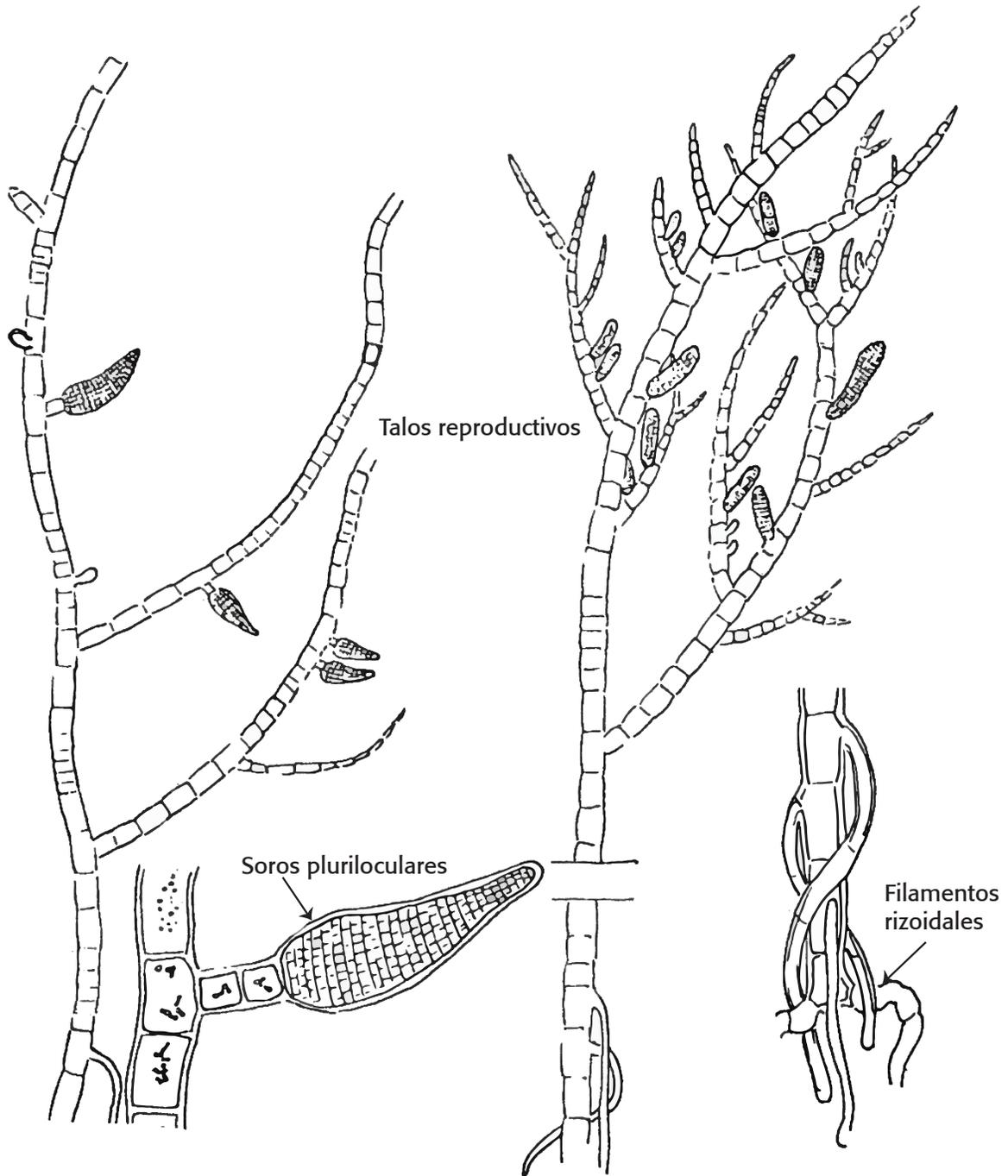


Figura 40. Ejemplos de filamentos uniseriados ramificados.

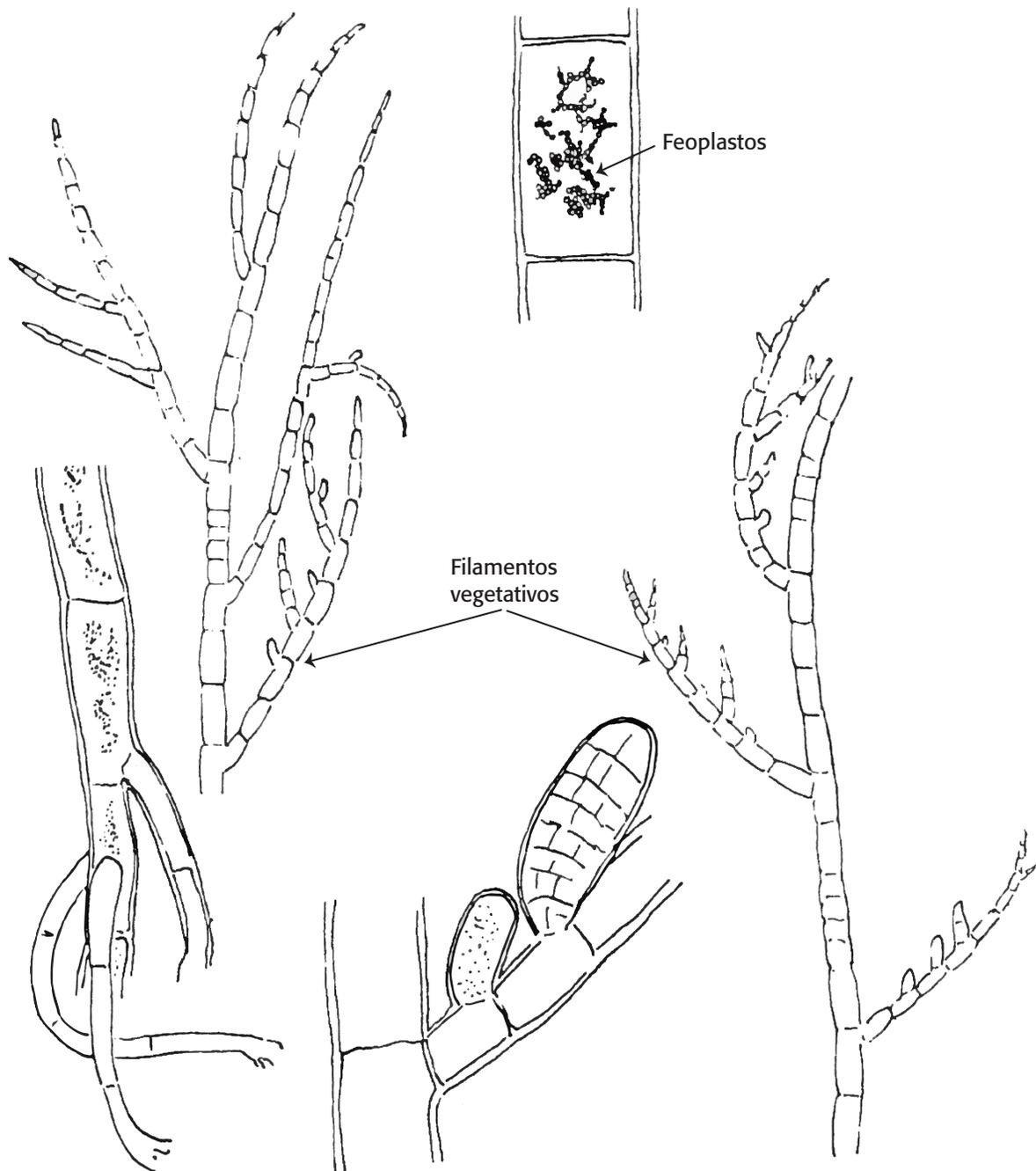


Figura 41. Ejemplos de filamentos uniseriados ramificados.

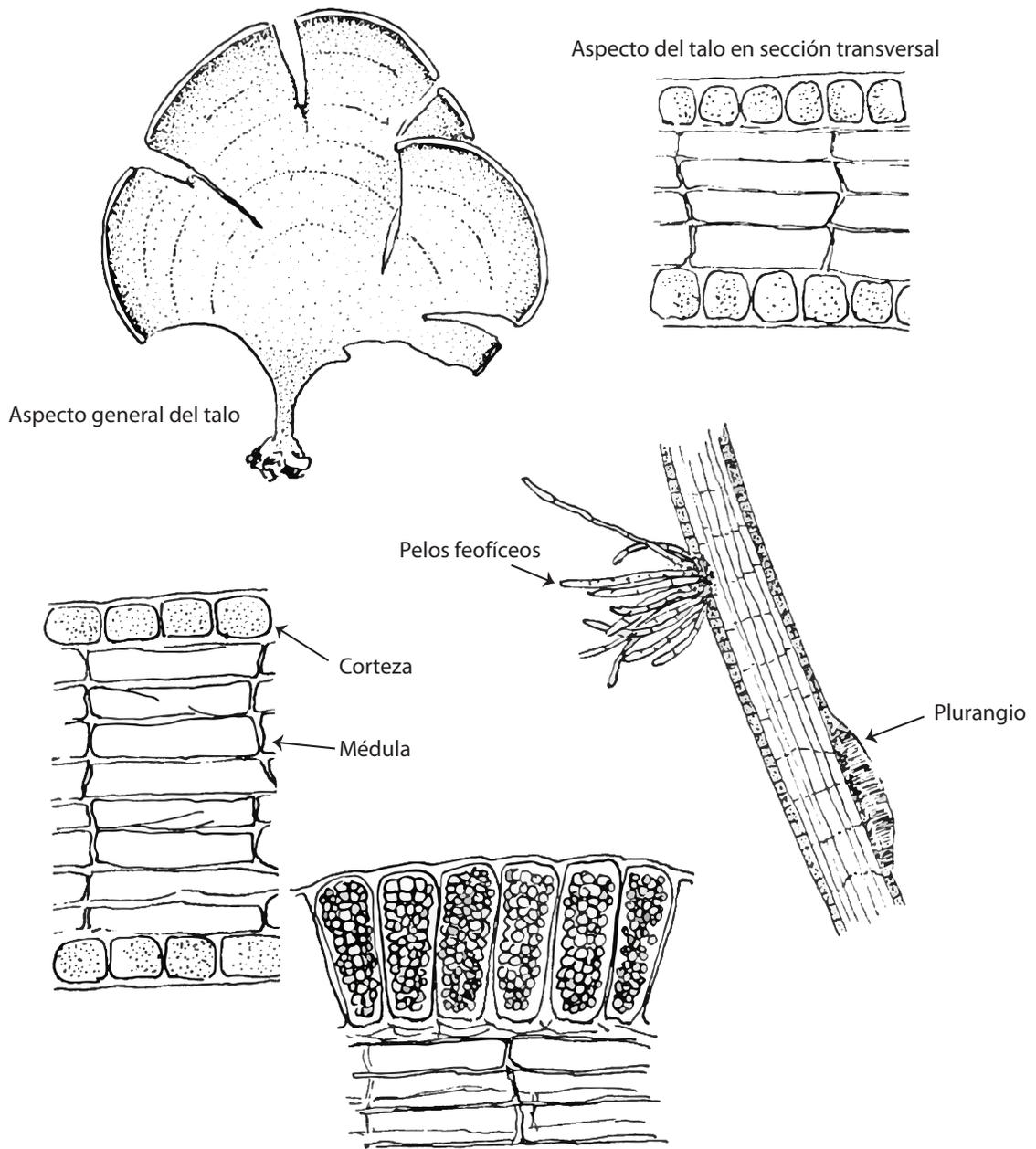


Figura 42. Ejemplo de una alga parda laminar.

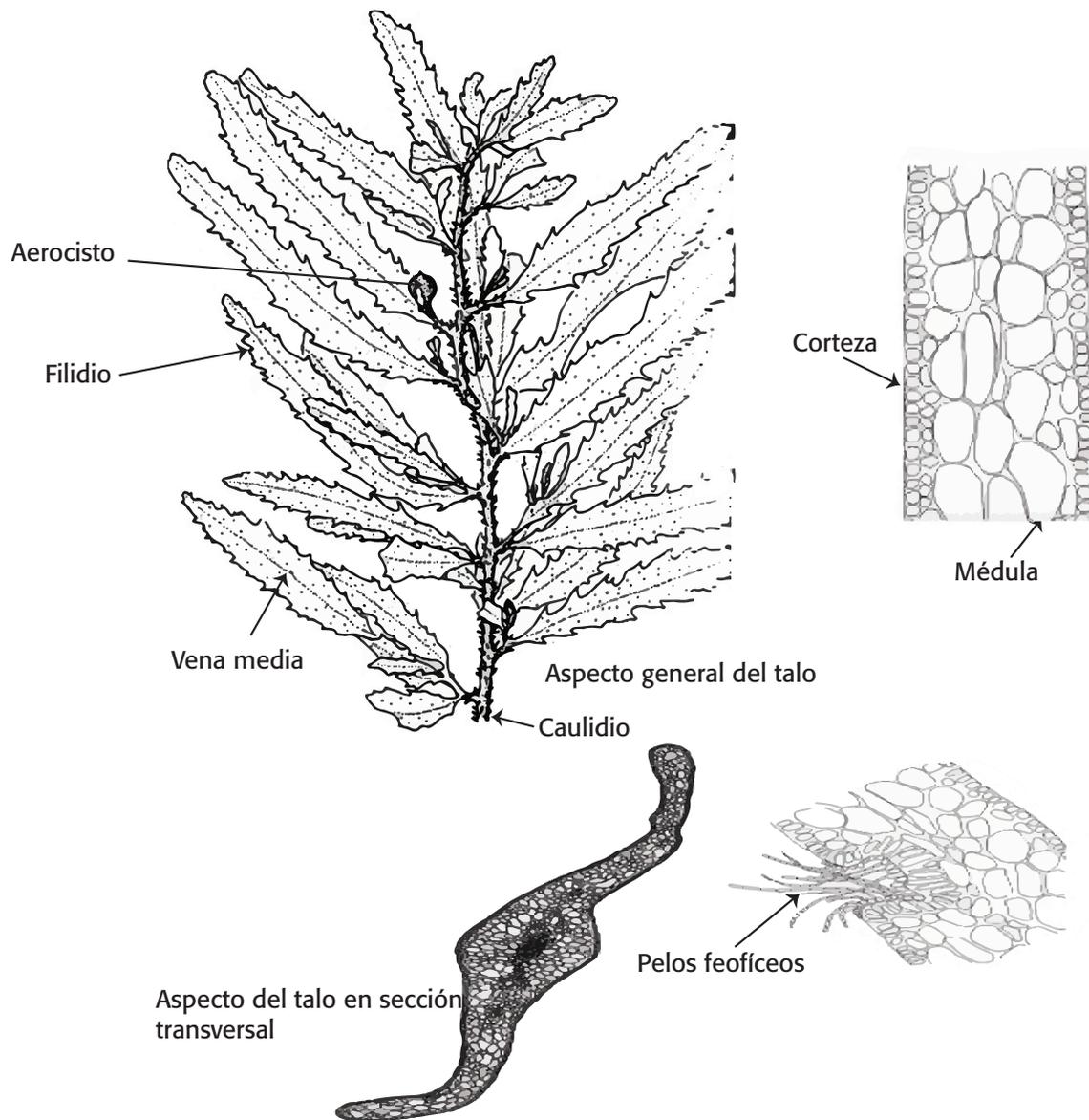


Figura 43. Ejemplo de una alga parda pseudoparenquimatosa (Modificada de Norris, 2010 y León-Álvarez, & Núñez-Resendiz, 2011).

Figura 43. Ejemplo de una alga parda pseudoparenquimatosa (Modificada de Norris, 2010 y León-Álvarez & Núñez-Resendiz, 2011).

Práctica 8:

Algas rojas

Introducción

De todos los grupos algales, las algas rojas (Rhodophyceae) son las más espectaculares desde todos los puntos de vista: formas, riqueza de especies, tipos de reproducción. Las algas rojas son, en un sentido muy positivista de pensamiento (y por tanto muy humano), la cúspide en la evolución de las algas.

El patrón estructural básico de las algas rojas incluye, entre otros, a los siguientes atributos (que, como ya discutimos en alguna oportunidad, son únicos de una célula rodoficeana cualquiera):

- Como pigmentos fotosintéticos presenta clorofila *a* y *d* y como pigmentos accesorios ficobilinas: R-ficocianina, R-ficoeritrina, C-ficocianina, C-aloficocianina, C-ficoeritrina (las cianofitas sólo presentan estas tres últimas), carotenoides: β -caroteno, zeaxantina, β -criptoxantina, luteína y neoxantina.
- Presenta **rodoplastos** con doble membrana, no asociadas al retículo endoplásmico. Los **tilacoides** se encuentran aislados y equidistantes, es decir, separados por bandas de uno a uno en el rodoplasto. Uno o dos tilacoides se encuentran paralelamente a la membrana del cloroplasto, rodeándolo a manera de membrana. Los ficobilisomas se encuentran en la membrana de los tilacoides.
- El exceso de producción fotosintética se acumula fuera del cloroplasto en forma de almidón florídeo, un compuesto similar a la amilopectina de las plantas superiores (se tiñe rojo-violeta con yodo), lo que constituye su principal sustancia de reserva.
- La reproducción es estrictamente oogama.
- No existen estados flagelados en ningún momento del ciclo de vida.
- Presenta niveles de organización variados, desde formas unicelulares, **cenobios**, **filamentos** hasta **láminas** y **pseudoparénquimas**.

Como en los grupos anteriores, en la práctica sólo nos preocuparemos de observar lo que es posible distinguir con el microscopio compuesto (ver más adelante en los géneros a observar y las actividades a desarrollar con cada uno).

Aspectos más profundos y especializados, relacionados con la biología general, evolución, biogeografía e importancia comercial y paleontología de las algas rojas, pueden ser leídos en los apuntes de las sesiones teóricas o en los textos recomendados por los profesores de teoría.

Temas a desarrollar (elegir uno):

- Los niveles de organización en las algas rojas.
- Líneas evolutivas en las algas rojas.
- Tipos de reproducción en las algas rojas.
- Historias de vida de las algas rojas.
- Importancia y usos de las algas rojas.

Objetivos

- Observar y diferenciar la morfología externa y estructuras particulares de cada grupo.
- Observar y distinguir los diferentes niveles de organización de este grupo.

Material

Por equipo:

- Microscopio compuesto
- Microscopio estereoscópico
- Navajas de rasurar
- 2 Agujas de disección y pinzas de disección
- 2 cajas de Petri
- Portaobjetos y cubreobjetos

Proporcionado por el Profesor:

- Material de algas rojas almacenadas en frascos con líquido mantenedor (formol 3.5%, formol glicerinado al 5%) y ejemplares de herbario.
- Colorantes (lugol, safranina, cristal violeta, verde yodo, azul de metileno, entre otros).

Desarrollo

Se seleccionarán algunas especies de unos cuantos géneros para observar los niveles de organización, tipos celulares, formas y estructuras particulares del grupo.

De los géneros seleccionados (Cuadro 3) observar:

1. Aspectos generales del talo, ramificación, filamentos medulares, filamentos corticales, ramas carpogoniales, cistocarpos, carposporas, cloroplastos).
2. Aspectos generales del talo, ramificación, células apicales, células pericentrales, células axiales, cistocarpos, carposporas, cloroplastos).
3. Aspectos generales del talo, ramificación, células corticales, células medulares, cistocarpos, carposporas, cloroplastos)

Las actividades a realizar con ejemplos de géneros algales (listados al final) son los siguientes: observaciones con microscopio estereoscópico, observaciones con microscopio compuesto, esquemas, cortes transversales, desmenuzamiento y squash (Figuras 5-19).

Cuadro 3. Géneros de algas rojas que representan niveles de organización distintos.

MULTICELULAR

Goniotrichum Kützing
Erythrotrichia Areschoug
Bangia Lyngbye
Porphyra C. Agardh
Acrochaetium Nägeli in Nägeli & Cramer
Audoiniella Bory de Saint-Vincent
Trichogloea Kützing
Liagora J.V. Lamouroux
Nemalion Duby
Hypnea J.V. Lamouroux
Gracilaria Greville
Dasya C. Agardh
Bostrychia Montagne in Ramon de la Sagra
Polysiphonia Greville
Pterosiphonia Falkenberg
Tayloriella Kylin
Laurencia J.V. Lamouroux

Si observamos estructuras reproductoras, estas serán visibles únicamente con ayuda del microscopio compuesto, ya sea en los desmenuzamientos y squash o en los cortes. Para encontrar a las estructuras reproductoras, busque en las regiones corticales. Si no las puede encontrar, no se decepcione, su observación es difícil incluso para el especialista.

Como podrá apreciar en la lámina de estructuras reproductoras en algas rojas (Figura 47), existen muchas de ellas (las algas rojas son, en ese sentido, muy difíciles y complicadas); no se preocupe, la **lámina** es sólo una guía. Usted sólo podrá ver **tetrasporangios** tetraédricos (y, por lo tanto, esporas simples), **ramas carpogoniales** y **cistocarpos** (y, por lo tanto **carposporas**), como está bien especificado en la lista de géneros a observar. La función de cada una de ellas y su lugar en el tiempo a lo largo del llamado ciclo vital ha sido o va a ser explicada en la sesión teórica.

Finalmente revisar ejemplares de herbario.

Resultados

Esquematizar lo observado en los herborizados, en el microscopio estereoscópico y en el microscopio compuesto, resaltando en el esquema la estructura y el aumento al que fue observada.

Identificar el nivel de organización de los organismos observados.

Discusión

Se sugiere discutir sobre las diferencias morfológicas y estructurales entre los diferentes grupos de algas rojas, la diversidad de formas y estructuras especializadas y los niveles de organización. Asimismo se sugiere discutir sobre la relación de las formas y estructuras con la distribución, abundancia y el éxito evolutivo del grupo.

Bibliografía básica

-  Bold, H. C. & M. Wynne. 1978. Introduction to the algae, structure and reproduction. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J.
-  Graham, L. & L. Wilcox. 2000. Algae. Prentice Hall.
-  Irvine, D.E.G. & J.H. Price. 1978. Modern approaches to the taxonomy of red and brown algae. The systematic association special volumen 10. Academic Press.
-  Lee, R. E. 1980. Phycology. Cambridge University Press. Cambridge.
-  Van Den Hoek, D. G. Mann & H.M. Jahns 1998. Algae: An Introduction to phycology. Cambridge.

Figuras algas rojas

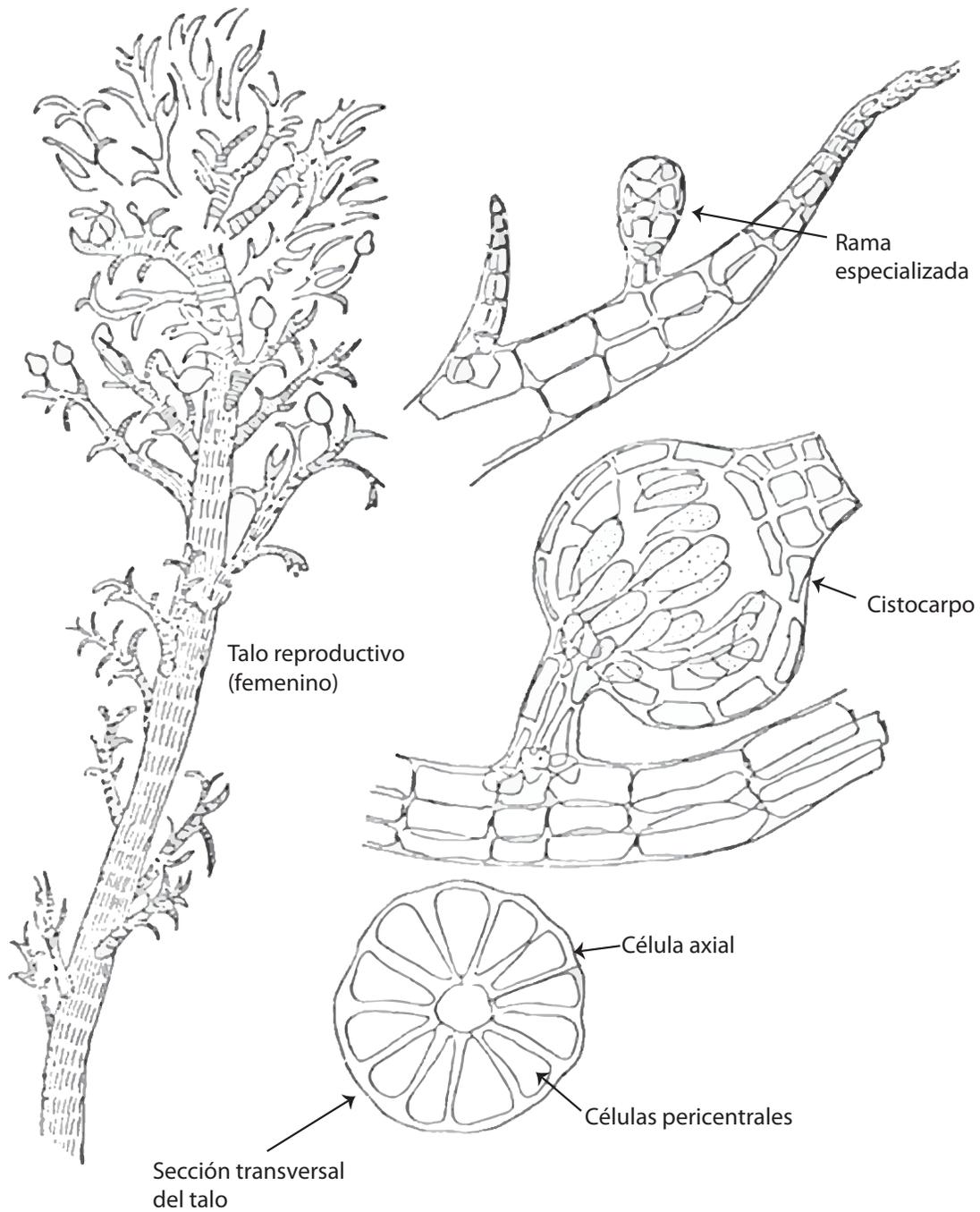


Figura 44. Ejemplo de filamentos polisofoíticos en algas rojas.

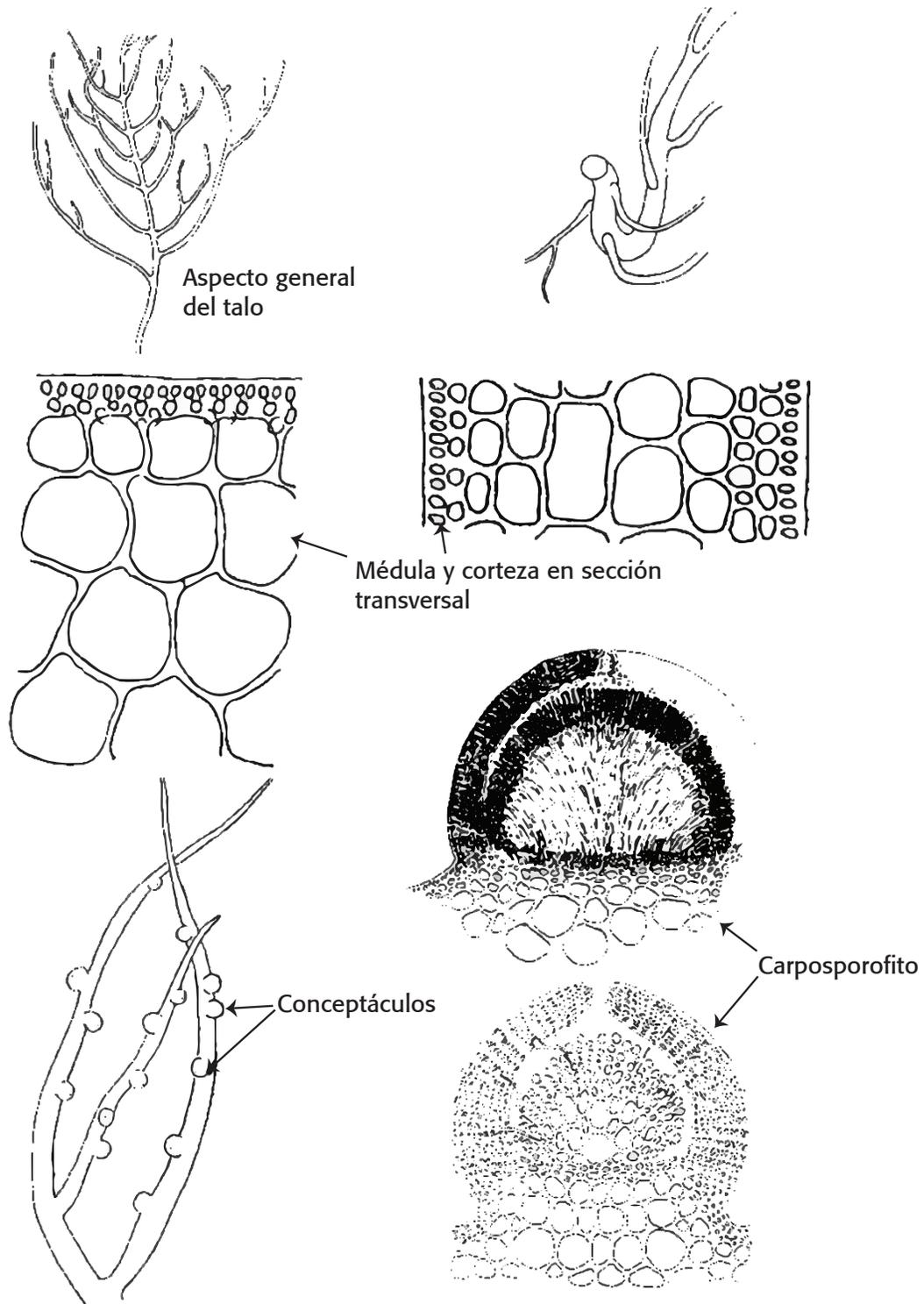


Figura 45. Ejemplo de talos y cortes pseudoparenquimatosos en algas rojas.

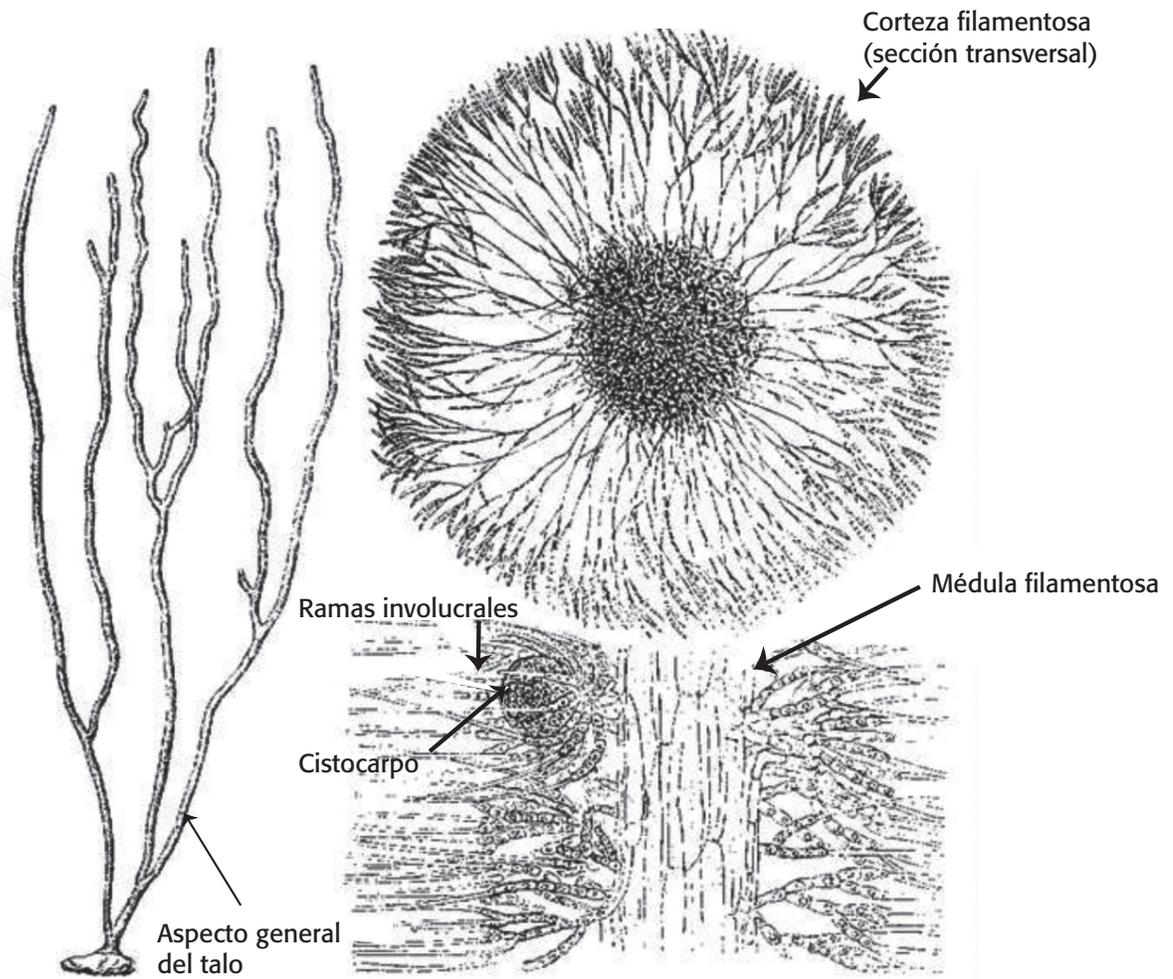


Figura 46. Ejemplo de médula y corteza filamentosa en algas rojas (Modificada de Kylin, 1956).

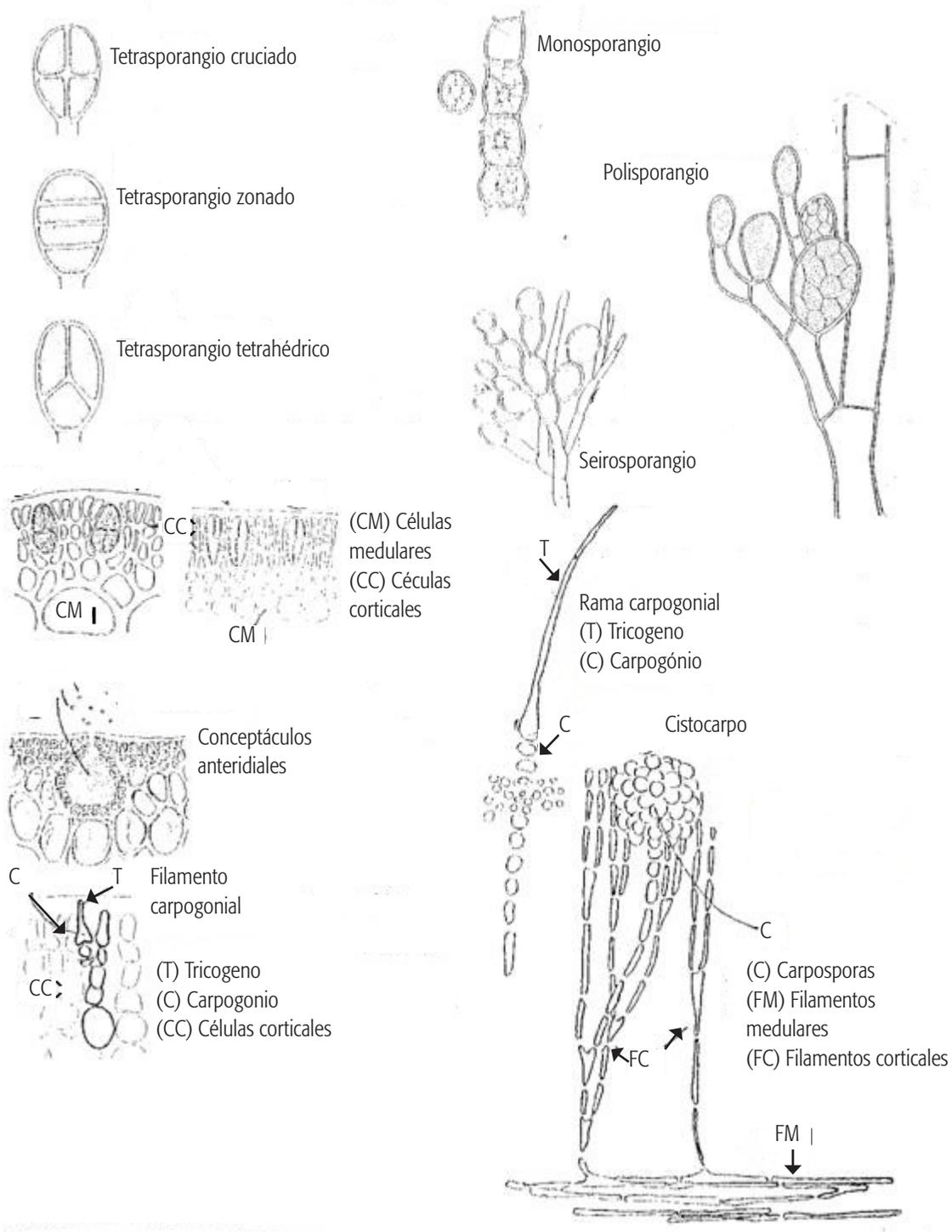


Figura 47. Tipos de estructuras reproductoras en algas rojas.

Glosario de términos

A

Acineto: célula vegetativa que crece, engrosa su pared y acumula sustancias de reserva (gránulos de cianoficina). Después de un periodo de dormancia, el acineto puede germinar dando origen a un tricoma vegetativo o filamento.

Aerobio: (en el metabolismo): funciones metabólicas realizadas en presencia del oxígeno.

Alternancia de generaciones: forma alternativa de llamar al ciclo de vida esporico, donde interactúan dos fases somáticas adultas con diferente carga genética, una haploide y otra diploide.

Anaerobio: (en el metabolismo): funciones metabólicas realizadas en completa ausencia de oxígeno.

Anfiesma: pared celular o teca. Referido al sistema de membranas y vesículas planas.

Anisocontos: referido a flagelos desiguales en forma y longitud, generalmente uno de ellos es mucho más corto.

Anisogamia: tipo de reproducción sexual en la que el gameto femenino es de tamaño considerablemente mayor al del gameto masculino, ambos móviles.

Anterozoide: célula sexual masculina móvil (flagelada).

Autótrofos: que tiene la capacidad de sintetizar compuestos orgánicos a partir de sustancias inorgánicas, usando energía solar o energía química.

Areola: perforaciones de diámetro variable dispuestas en hileras de 1, 2 o más, sobre las valvas de las diatomeas, formando las estrías.

B

Baeocitos: término con que se denomina a pequeñas células hijas resultantes de la reproducción por fisión binaria.

Bistromático: (al corte transversal): que presenta dos capas de células.

C

Carpogonio: (en Rhodophyceae): oogonio que consiste en una porción basal hinchada (que contiene el núcleo femenino) y un extremo alargado incoloro (el tricógeno) el cual atrapa al gameto masculino que es disparado del espermatangio.

Carposporangio: esporangio producido directa o indirectamente por la división del núcleo del cigoto.

Carposporas: (en Rhodophyceae): células diploides producidas por el carposporangio.

Carposporofito: talo gametofítico que presenta carposporangios y es parásito del gametofito femenino.

Célula apical: célula que se encuentra en la punta de un filamento o talo. La célula apical es a menudo meristemática y responsable del crecimiento apical, también es la célula inicial.

Células axiales: células del eje central.

Células pericentrales: células derivadas de la célula axial, similares en tamaño y orientación.

Cenobio: agregados celulares rodeados por una matriz gelatinosa común (o cenobio). Sin embargo, cada célula conserva su autonomía morfológica e independencia de funciones.

Cenocito: organismo en forma de tubo o sifón, multinucleado, pues presenta división citogenética pero no división citoplasmática.

Ciclo de vida: secuencia recurrente de fases somáticas y nucleares, de acuerdo al número de organismos adultos (fases somáticas), de vida libre o parásita, con diferente carga genética (haploide o diploide) que interactúan en el ciclo, se denominan a)

Monofásico: una forma adulto de vida libre (haploide), b) **Difásico:** dos adultos de vida libre, uno haploide y otro diploide y c)

Trifásico: dos adultos de vida libre, uno haploide y otro diploide y una fase parásita diploide.

Ciclo de vida cigótico: cuando la meiosis ocurre en el cigoto, también se le denomina ciclo de vida haplobióntico haploide.

Ciclo de vida esporico: cuando la meiosis ocurre en el esporofito, también se le denomina ciclo de vida diplobióntico diplohaploide o alternancia de generaciones.

Ciclo de vida gamético: cuando la meiosis ocurre en el gametangio, también se le denomina ciclo de vida haplobióntico diploide.

Cigoto: célula diploide producida a través de la fusión de dos gametos.

Cingulo: (en Dinophyceae): surco transversal donde se inserta un flagelo transversal.

Cistocarpo: estructura reproductora en Rhodophyceae consistente del carposporofito y tejido circundante.

Cloroplasto: tipo de plasto característico de algas verdes y plantas superiores, presenta una coloración verde por la presencia de clorofila, sin embargo puede ser enmascarado por otros pigmentos.

Colonia: agrupaciones celulares con división de trabajo, es decir, cada célula desempeña una función específica para el bien común.

Conjugación: formación de un puente entre dos células durante la reproducción sexual, a menudo entre una célula donadora (masculino) y una célula receptora (femenina). La célula masculina transfiere material genético a la femenina a través del puente.

Corteza: tejido externo a la médula, generalmente células más pequeñas.

Cortical: referido a la corteza.

D

Diploide: que presenta dos pares de cromosomas homólogos.

Distromático: (en corte transversal): que presenta dos capas de células.

E

Epiteca: referido a la mitad apical de una célula en dinoflagelados, también llamada **epicono**.

Espermacio: célula sexual masculina no móvil (sin flagelo).

Esporangio: célula que divide su contenido para formar esporas.

Estefanoconto: arreglo de los flagelos en el ápice de las células formando una especie de corona.

Estigma: en células euglenoideos, estructura rica en gránulos de caroteno y rodopsina. Estructura de fotorecepción que se ubica en la base del flagelo.

Estría: sucesión lineal de perforaciones, ya sean poroides, alveolos y areolas.

Eucarionte: tipo de organización celular típica en animales y vegetales, caracterizada por la presencia de organelos delimitados por membrana.

F

Fagotrófico: organismo que se alimenta de partículas sólidas de alimentos, los cuales son tomados en una vacuola alimenticia, a menudo con ayuda de un pseudópodo.

Feoplasto: tipo de plasto típico de algas pardas, generalmente teñido de color pardo por la presencia y dominancia de la ficoxantina.

Filamento: serie o hileras de células que comparten una pared celular resultado de la división. **Filamento falso:** hilera de células autónomas unidas por una vaina mucilaginoso. **Filamento verdadero:** agrupación pluricelular resultado de la división sucesiva de una sola célula, de la que resultan células con conexiones celulares entre ellas.

Filamento ramificado: ocurren cuando en una célula del filamento simple se da una variación en la dirección del uso acromático.

Filamento simple: se le denomina filamento simple a las células agrupadas en hilera que no presentan ramificaciones.

Filamento uniseriado: que presenta una sola hilera de células a lo largo de todo el filamento.

Filamento multiseriado: que presenta más de una hilera de células a lo largo del filamento.

Filoides: apéndices foliáceos aplanados.

Fisión binaria: forma de reproducción asexual que realizan bacterias y algunas algas unicelulares que consiste en la división del ADN, seguida de la división del citoplasma (citocinesis), dando lugar a dos células hijas idénticas.

Flagelo: estructura de locomoción constituida por un axonema y una barra paraflagelar, rodeada por membrana.

Fotoautótrofo: que posee la capacidad de sintetizar compuestos orgánicos a partir de sustancias inorgánicas utilizando energía luminosa.

G

Gametangio: célula en cuyo interior se forman los gametos.

Glóbulo: en Charophyceae, es el gametangio masculino productor de anteridios.

Grana: término con que se denomina al agrupamiento en pila de los tilacoides en el cloroplasto.

H

Haploide: que presenta un solo par de cromosomas homólogos.

Heterocisto: células engrosadas, parcialmente permeables, con capacidad para fijar nitrógeno. Son funcionales y no de resistencia.

Heteroconto: término que designa a los flagelos desiguales en longitud y/o forma, uno de ellos es liso y el otro está cubierto por mastigonemas. Esta característica define a los integrantes de la división Heterokontophyta.

Heterótrofo: que obtiene nutrientes a través de la absorción de sustancias orgánicas producidas por otros organismos.

Hipoteca: referido a la mitad basal de una célula en dinoflagelados, también llamada **hipocono**.

Hormogonio: fragmento de tricoma que tiene el potencial de generar un nuevo tricoma maduro.

I

Internodo: en Charophyceae, célula de tipo somática, multinucleada, responsable del crecimiento en longitud e incapaz de dividirse. La distancia de nodo a nodo.

Isoconto: término que designa a los flagelos iguales en forma y longitud.

Isogamia: tipo de reproducción sexual en que los gametos femenino y masculino presentan la misma morfología y tamaño, ambos móviles.

L

Lamelas: (en los cloroplastos): apilamiento de tilacoides que se extienden a lo largo de la longitud del cloroplasto.

Laminar: (nivel de organización): que tiene forma de placa delgada.

Lóculo: compartimiento dentro de una estructura donde se albergan las esporas.

M

Mastigonemas: pelos laterales rígidos que surgen en uno de los flagelos, cada uno consiste de una base, un eje tubular y varios pelos terminales. Su presencia en uno de los dos flagelos en células móviles, es característico del grupo Heterokontophyta.

Médula: zona axial o central de tejido en las algas multicelulares.

Membranoso: con forma de membrana.

Meristemo: todo tejido cuyas células crecen y se multiplican.

Mixótrofo: capacidad de obtener energía metabólica tanto de manera autótrofa como de manera heterótrofa.

Monostromático: (al corte transversal): que presenta una capa de células.

Mutación: cambio en la estructura nucleotídica de un gen, ya sea por inserción o deleción.

N

Necridio: células en el tricoma que mueren liberando un fragmento del filamento, denominado hormogonio.

Nivel de organización: referido al grado de complejidad morfológica y fisiológica de un organismo.

Nodo: (en Charophyceae y plantas vasculares): parte de un eje que lleva una o más hojas o ramas laterales.

Nódulo central: zona al centro de la valva de espesamiento interno.

Núcula: en Charophyceae, gametangio femenino con forma de piña.

O

Oogamia: fusión de un gameto masculino de tamaño reducido con un gameto femenino de mayor tamaño respecto del masculino, no móvil.

Oogonio: gameto femenino, de forma esférica, sésil.

Osmotrófico: posee la capacidad de obtener su alimento del medio por transporte de membrana.

P

Película: conjunto de bandas, microtúbulos y fibras que se ubican bajo la membrana celular (pared celular) de las euglenoides.

Pelo feofíceo: cabellos o filamentos no asimiladores (sin cloroplastos).

Pirenoide: estructura inmersa en el cloroplasto, la cual es visible al microscopio de luz y es normalmente esférica o elipsoidal. Puede estar embebida en el cloroplasto o por debajo de su superficie, y contener o no pocos tilacoides. Contiene a la enzima RuBisCO y almacena otros polisacáridos como almidones.

Plastidio: organelo celular provisto de pigmentos.

Plurangio: gametangio plurilocular.

Pluriloculares: lóculo en el que se albergan múltiples esporas.

Procarionte: tipo de organización celular típica en bacterias, caracterizada por la ausencia de organelos delimitados por membrana.

Protonema: fase filamentosa del gametofito.

Pseudoparénquima: organismos formados por falsos tejidos (abundante ramificación, entrelazamiento, compactación o anastomosis).

Q

Quimioautótrofos: que posee la capacidad de sintetizar compuestos orgánicos a partir de sustancias inorgánicas utilizando energía química.

R

Rafe: fisura en el esternón que se forma como consecuencia de uno de los tipos particulares de formación de la hipovalva en diatomeas pennadas.

Rama carpogonial: filamento cortical o subcortical que porta al carpogonio.

Ramificación: proyección formada a partir de un eje principal. **Ramificación falsa:** desviación del crecimiento celular sin cambio en el eje de división. **Ramificación verdadera:** cambio en el plano de división de la célula líder.

Rodoplasto: tipo de plastido típico de algas rojas, generalmente teñido de rojo por la presencia de ficoeritrina.

S

Saprobioótico: forma de nutrición en la que el organismo posee su alimento a partir de la descomposición de material orgánico.

Sifón: organismo en forma de tubo, multinucleado, pues presenta división citogenética pero no división citoplasmática.

Soro: área en la superficie del talo donde se encuentran reunidas las estructuras reproductoras.

Sulcus: (en Dinophyceae) surco longitudinal donde se inserta el flagelo longitudinal.

T

Teca: envoltura o armadura de celulosa en ciertas algas unicelulares.

Tetrasporangio: célula en cuyo interior se forman cuatro esporas.

Tilacoides: serie de sáculos delimitados por una membrana que se encuentran en el cloroplasto. En la membrana de los tilacoides se encuentra el aparato fotosintético de las algas.

Transformación: (referido a procesos asexuales en bacterias): la transferencia de información genética por medio de ADN disperso en la matriz extracelular.

Tricoma: (en Cyanophyta): arreglo de células vegetativas o reproductivas en hilera, no rodeadas por vaina.

U

Unicelular: nivel de organización en el que el organismo está formado por una sola célula con la que desempeña todas sus funciones básicas.

Unilocular: lóculo que alberga una sola espora.

V

Vaina: (en Cyanophyta): cubierta mucilaginosa que rodea a las unicélulas o al tricoma y las mantiene unidas.

Valva: cada una de las piezas silíceas, las cuales constituyen junto con el cíngulo, la frústula.

Venación: engrosamiento celular longitudinal del filido.

Z

Zooides: célula reproductiva flagelada, libre nadadora.

Bibliografía general

- Abbott, A. & G. Holleberg. 1976. Marine algae of California. Stanford University Press.
- Anagnostidis K. & J. Komárek. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytas 3. Oscillatoriales. *Archiv für Hydrobiologie/ Suppl.* 80. *Algological Studies* 50-53: 327-472.
- Barsanti, L. & P. Gualtieri. 2006. Algae. Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology. CRC Taylor & Francis, Boca Raton. 301 p.
- Battacharya, D. 1997. Origins of algae and their plastids. Springer Verlag. Austria.
- Bold, H. C. & M. Wynne. 1978. Introduction to the algae, structure and reproduction. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J.
- Brodie, J. & J. Lewis (eds). 2007. Unravelling The Algae. The Past, Present, and Future of Algal Systematics. The Systematics Association Special Volume Series 75. CRC Press. London & New Cork.
- Brosnan, S., W. Shin, K.M. Kjer & R.E. Triemer. 2003. Phylogeny of the photosynthetic euglenophytes inferred from the nuclear SSU and partial LSU Rdna. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 53: 1175-1186.
- Cáceres, E. J. 1978. Contribución al conocimiento de los carófitos del centro de Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, Argentina* 52(3-4): 316-372.
- Cantoral-Uriza, E. A., J. Carmona-Jimenez & G. Montejano. 1997. Diatom of calcareous tropical springs in the central regions of Mexico. *Cryptogamie Algology* 18(1): 19-46.
- Carr, N. & G. Whitton (Eds.) 1973. The biology of cyanobacteria. Botanical Monographs, vol. 19. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Carter-Lund H. & Lund J. W.G. 1995. Freshwater Algae: Their microscopic world explored. Biopress Limited.
- Carty, S. 2003. Dinoflagellates. En: J.D. Wehr y R.G. Sheath (Eds). Freshwater Algae of North America. Ecology and Classification. Academic Press. Elsevier E.U.A.
- Cirujano, S., J. Cambra, P. M. Sánchez-Castillo, A. Meco & N. Flor-Arnau. 2008. Flora ibérica. Algas continentales. Carófitos (Characeae). S. Cirujano (Ed.). real Jardín Botánico, Madrid.
- Cole, K.M. & R.G. Sheath (Eds.) 1990. Biology of the Red Algae. Cambridge University Press. New Cork.
- Cortés-Altamirano, R. 1998. Las Mareas Rojas. AGT Editor, S. A. México, D.F.
- Cox, E. J., J. Carmona-Jiménez & G. Montejano. 1997. Identification of freshwater diatoms from live material. Chapman & Hall. London.
- Darley, W. M. 1982. Algal Biology: a physiological approach. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Dillard, G. 2000. Freshwater algae of the Southeastern United States. Part 7. Pigmented Euglenophyceae. J. Cramer (Bibliotheca Phycologica Band 106), Stuttgart.
- Drebes, G. 1997. Sexuality. 250-283. In: Werner, D. (ed.). The Biology of Diatoms. Botanical monographs Vol. 13. University of California Press. E.U.A.
- Fourtanier, E. & L. P. Kociolek. 1999. Catalogue of the diatom genera. *Diatom Research* 14(1): 1-90.
- Garduño, S. G., M. G. Oliva-Martínez, V. Conforti, M. A. García-Gómez, A. A. Pliego & M. M., G. Ortega. 2008. Euglenoideos. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, México.
- Garduño-Solórzano, G., S. Licea-Durán, M.G. Olivia-Martínez & M. A. García-Gómez. 2010. Dinoflagelados. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, México.
- Ghershman, E. 2006. Células procariotas (<http://www.galileog.com/ciencia/biologia/celulas>).
- Graham, L. & L. Wilcox. 2000. Algae. Prentice Hall.
- Graham, L. 1993. Origins of land plants. John Wiley & Sons Inc. USA.

-  Humm, H.J. & S.R. Wicks. 1980. Introduction and guide to the marine blue green algae. John Wiley and sons.
-  Irvine, D.E.G. & D.M. Jhon. 1984. Systematics of the green Algae. The systematic association special volumen 27. Academic Press.
-  Irvine, D.E.G. & J.H. Price. 1978. Modern approaches to the taxonomy of red and brown algae. The systematic association special volumen 10. Academic Press.
-  Kylin, H. 1956. Die Gattungen der Rhodophyceen. C.W.K. Gleerup, Lund.
-  Leander, B. S. & M. A. Farmer. 2000. Comparative morphology of the euglenid pellicle I. Patterns of strips and pores. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 47:469-479.
-  Lee, R. E. 1980. Phycology. Cambridge University Press. Cambridge.
-  León-Álvarez D. & M. L. Núñez-Resendiz. 2012. Clave interactiva de identificación de géneros de macroalgas marinas tropicales de México: II. Algas pardas. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. Disco compacto.
-  León-Álvarez D. & M. L. Núñez-Resendiz. 2012. Géneros de macroalgas marinas tropicales de México: II. Algas pardas. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM.
-  León-Álvarez D., C. Candelaria-Silva, P. Hernández-Almaráz & H. León-Tejera. 2006. Géneros de macroalgas marinas tropicales de México: I. Algas verdes. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM.
-  León-Álvarez D., C. Candelaria-Silva, P. Hernández-Almaráz & H. León-Tejera. 2007. Clave interactiva de identificación de géneros de macroalgas marinas tropicales de México: I. Algas verdes. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. Disco compacto.
-  Lewin, R. A. 1962. Physiology and biochemistry of algae. Academic Press. New York.
-  Licea, S., J.L. Moreno, H. Santoyo & G. Figueroa. 1995. Dinoflagelados del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
-  Linton, E. W., D. Hittner, C. Lewandowski, T. Aild & R. E. Triemer. 1999. A molecular study of euglenoid phylogeny using small subunit DNA. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 46:217-223.
-  Lobban, C. & M. Wynne. 1981. The biology of seaweeds. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
-  Lobban, C.S. & P.J. Harrison. 1994. Seaweed Ecology and Physiology. Cambridge University Press. Cambridge.
-  Margulis, L. & D. Sagan. 1986. Origins of Sex. Three Billion Year of Genetic Recombination. Yale University Press. New Haven.
-  Martínez-Macchiavello, J. C. 2003. Aplicación de las diatomeas en medicina forense. *Contribución en Diatomología* 1:1-8.
-  Novelo, E., R. Tavera & C. Ibarra 2007. Bacillariophyceae from karstic wetlands in Mexico. *Bibliotheca Diatomologica* 54. Gebr. Borntraeger Verlagsbuchhandlung: Stuttgart.
-  Novelo, E. 2011. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 90. Cyanoprokaryota. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
-  Parra O. O. & C. E. M. Bicudo, 1995. Introducción a la Biología y a la Sistemática de Algas continentales. Ediciones Universidad Concepción.
-  Pérez-Reyes, R. & E. Salas-Gómez. 1961. Euglenae del Valle de México IV. Descripción de algunos endoparásitos. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 4:53-73.
-  Prescott, G. W. 1978. How to know the Freshwater Algae. Wm. C. Brown Co. Dubuque, Iowa. 3ª ed.
-  Raven, P.H., R.F. Evert & S.E. Eichhorn. 1999. Biology of Plants. Sixth Edition. W.H. Freeman & Co. New Cork.
-  Reynolds, C.S. 1990. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge.
-  Romero-Zarco, C. 2002. Introducción a la Ficología. Universidad de Sevilla, España (<http://www.aloj.us.es/carromzar/botanica1>).

-  Round, F. 1973. The biology of the algae. St. Martins Press. New York.
-  Round, F., R.M. Crawford & D.G. Mann. (Eds.). The diatoms, biology and morphology of the genera. Cambridge University Press. Cambridge.
-  Shin, W., S. M. Boo & R. E. Triemer. 2002. Are cytoplasmic pockets (MTR/Pocket) present in all photosynthetic Euglenoid genera. *Journal of Phycology*. 38:790-799.
-  South, R. & A. Whittick. 1987. Introduction to Phycology. Blackwell Sci. Pub. Berlin.
-  Talaro, K.P. & A. Talaro. 1999. Foundations in Microbiology. Third Ed. McGraw-Hill.
-  Van Den Hoek, C., D.G. Mann & H.M. Jahns. 1998. Algae: An Introduction to phycology. Cambridge.
-  Werner, D. (Ed.). 1977. The biology of Diatoms. Botanical Monographs, vol. 13. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
-  Wood, R.D. & K. Imahori. 1965. A revision of the Caharaceae I: Monograph of the Characeae. J. Cramer, Weinheim.
-  Wood, R.D. & K. Imahori. 1965. A revision of the Caharaceae II: Iconograph of the Characeae. J. Cramer, Weinheim.

Manual de prácticas de laboratorio. Biología de Algas

Se terminó de imprimir en octubre de 2013,
con un tiraje de 200 ejemplares, más sobrantes para reposición.



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD IZTAPALAPA

División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Av. San Rafael Atlixco No.186, Col. Vicentina
C.P. 09340, Del. Iztapalapa, México D.F.
Tel.: (01) 58044600