

El carácter de autótrofos ciertamente les da a las algas una mayor afinidad con las plantas y la mayoría pueden incluirse indiscutiblemente en el reino vegetal, pero algunas algas son heterótrofas o incluso fagotróficas, por lo que presentan relaciones con otros grupos de organismos,

tanto que algunas de ellas con frecuencia son conceptuadas como miembros de otros reinos, y con razón, pues también es indiscutible que hay algas que pueden considerarse como moneras, protistas, hongos o animales.

Existen numerosos elementos que permiten observar un paralelismo evolutivo entre algas y hongos, fundamentalmente en sus formas de expresión y niveles de organización; en la actualidad hay evidencia sólida de que existen relaciones filogenéticas entre ambos grupos. Se ha encontrado una gran similitud entre cierto tipo de estructuras y funciones de algunos hongos como ficomicetos y critidomicetos con el de algunas algas como xantofíceas, euglenofíceas y pirrofíceas. También hay similitud en tipo y número de flagelos y en la química de la pared celular entre xantofíceas y algunos hongos como oomicetes y saprolegniaceas. Las algas junto con los hongos constituyen al grupo de las talofitas y tienen en común lo siguiente: el cigoto no se desarrolla en un embrión multi-

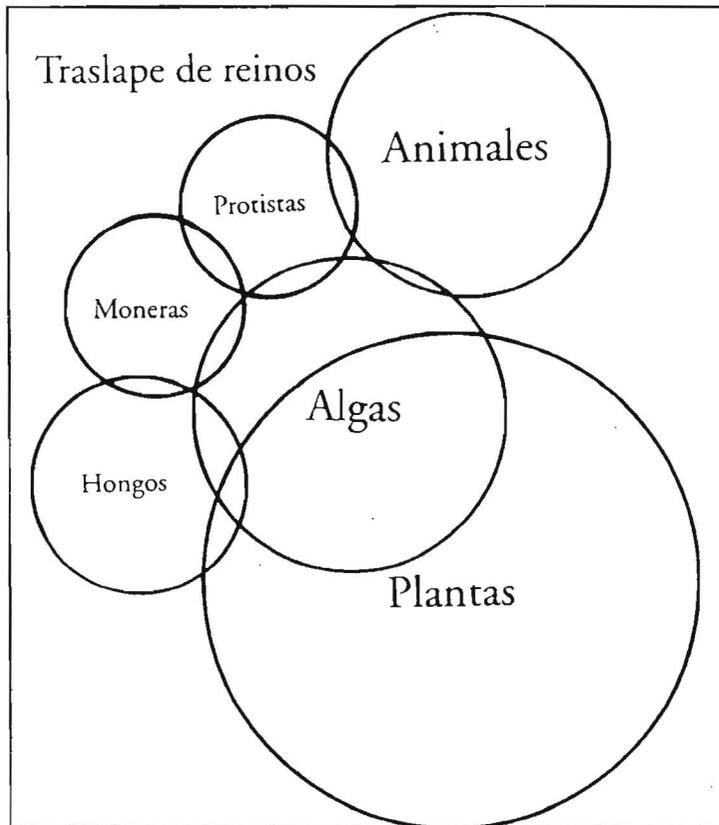


FIGURA XVI. 1. Traslape de reinos.

celular y los órganos reproductores, esporas o gametos, nunca están envueltos en una capa de células estériles.

El mismo carácter negativo del desarrollo del cigoto mencionado en relación con los hongos se usa para delimitar a las algas del resto de las plantas (briofitas y plantas vasculares). Este carácter no es determinante porque hay algas unicelulares que actúan en ciertas circunstancias como gametos y hay algunos grupos de algas que carecen de reproducción sexual o por lo menos se desconoce. El criterio de que cuando los órganos sexuales son multicelulares, cualquier célula que los constituya puede ser fértil, presenta excepciones en algunas feofitas y carofitas donde sí se puede presentar una capa de células estériles envolviendo a los órganos reproductores.

En realidad la discusión de si algunas algas son plantas, animales, hongos o bacterias, tiene poco sentido, si se reconoce que independientemente de sus relaciones y afinidades filogenéticas existen otros criterios de validez (similitudes morfológicas, fisiológicas y ecológicas) para conformar a las algas, no como un grupo natural relacionado filogenéticamente, sino como un grupo funcional fenéticamente relacionado.

tividad genética entre las diferentes manifestaciones o etapas que se suceden a lo largo de su desarrollo.

El segundo nivel de alteración se produce por la interacción circunstancial entre las entidades y los procesos en la naturaleza. Un individuo se manifiesta fenotípicamente de manera diferente en función de las condiciones de su entorno, que está constituido por otros individuos semejantes o diferentes a él y las condiciones ambientales. La segunda alteración o alteración extrínseca es el resultado de la interacción entre las capacidades del individuo y las características del entorno. Ésta es un proceso recíproco, porque un individuo a la vez que es modificado por la presencia de otros y por las condiciones ambientales, con su presencia modifica también las circunstancias.

Estas dos alteraciones se presentan en todos los seres vivos de manera interna y externa, simultánea y continua, lo que constituye una procesión de sucesos muy compleja.

El tercer nivel de alteración es el producto de la intención subjetiva del conocimiento y de los procedimientos y formas de aproximación a las entidades y procesos biológicos (González González, 1991). Lo anterior explica la existencia de varios enfoques a través de los cuales puede entenderse la diversidad biológica en general y particularmente de las algas. Cada uno de los enfoques se refiere a niveles, dimensiones y aspectos diferentes, que van desde las relaciones de estructura y función de las partes que constituyen a un individuo como eje y unidad; pasando por el nivel de organización y el grado de complejidad morfológica, las semejanzas en la forma de vida, hasta llegar a las complejas relaciones intra e interespecíficas en diferentes dimensiones espacio-temporales. Estos son:

1) El enfoque morfofisiológico: aborda la estructura y función algal, en donde el eje es el individuo como unidad funcional, del cual se estudian de manera detallada las partes, funciones y relaciones. Estos estudios están a cargo de disciplinas analíticas tales como la genética, bioquímica, biología molecular, morfología y fisiología. Los resultados de estos estudios permiten analizar comparativamente muchos de los procesos y fenómenos biológicos que coadyuvan a explicar la diversidad algal.

2) El enfoque filofenético: aborda las relaciones que se establecen entre los grupos algales, a partir de las semejanzas en su forma de vida y su grado de complejidad morfológica por convergencias ecológicas y evolutivas, sin que esto implique relaciones de parentesco.

3) El enfoque filogenético: aborda las relaciones que se establecen en función de las historias comunes de descendencia entre los diferentes grupos algales. En este caso, partimos de la especie, por ser la unidad a través de la cual se explica el proceso evolutivo.

4) El enfoque sistemático: incluye los estudios de descripción, constatación y análisis sectorial de la diversidad de las entidades biológicas, individuos, organismos, poblaciones y especies. Es el estudio de la biodiversidad sectorizada e integrada en diferentes formas de expresión

individuos, organismos, poblaciones, especies, comunidades algales y ficolóricas de una manera más global.

Las ciencias como la taxonomía, ecología, biogeografía, paleontología y evolución, con objetivos claros e independientes entre sí y con sus propios objetos y métodos de estudio, han dado visiones desde diferentes ángulos y perspectivas particulares y han enriquecido el conocimiento y contribuido a la comprensión de la problemática de la diversidad biológica en general. Sin embargo si se hace una comparación, aunque breve, de la intención de cada una de estas disciplinas en el estudio y manejo de la diversidad, se pueden encontrar que existen muchos puntos de contacto, de tal forma que aún en esta multiplicidad de orientaciones es muy difícil hacer una delimitación tajante, tanto de las metas como de

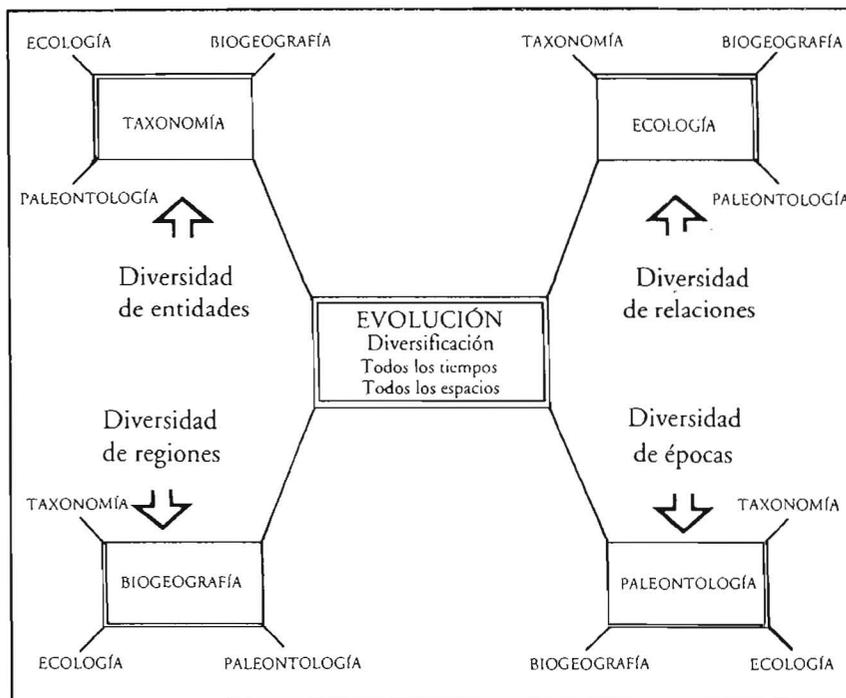


FIGURA XVI.3. Relaciones de las disciplinas integrativas de la biología.

los métodos de estudio (FIGURA XVI.3).

Taxonomía. La intención de la taxonomía de algas es identificar, clasificar, caracterizar e inventariar toda la diversidad de individuos, organismos, poblaciones y especies de algas que conforman la flora ficológica del mundo, por medio de la búsqueda, interpretación y explicación de las semejanzas y diferencias, con base en sus relaciones históricas de origen y parentesco y sus papeles o funciones ecológicas.

Ecología. La ecología algal intenta identificar, clasificar, caracterizar e inventariar la diversidad de ambientes en que se desarrollan los individuos, organismos, poblaciones, especies y comunidades algales en los diferentes ecosistemas. Intenta también conocer, sistematizar, interpretar y explicar las relaciones e interacciones de las especies algales entre sí, y con su medio ambiente y de los cambios que ocurren o han ocurrido en el espacio y en el tiempo.

Biogeografía. La biogeografía de algas intenta identificar, clasificar, caracterizar e inventariar la diversidad de regiones, áreas o zonas en las que están distribuidos los ambientes y especies algales e intenta interpretar y explicar dicha distribución mediante el análisis de las relaciones históricas tanto de los taxa como de las regiones geográficas.

Paleontología. En su enfoque botánico o ficológico la paleontología intenta identificar, clasificar, caracterizar e inventariar a los individuos, organismos, poblaciones y especies, comunidades y ambientes algales de sucesos de diversidad pasados. Esta reconstrucción de sucesos permite también interpretar y explicar muchas de las relaciones e interacciones presentes.

El concepto ontológico (bio-lógico) de especie (concepto-concepto) pretende describir, caracterizar y entender objetivamente la existencia y las cualidades de las entidades biológicas. La especie ontológica no puede ser una unidad discreta ya que intenta representar la manifestación de los procesos biológicos de las entidades o de diferentes unidades discretas en relación con las condiciones actuales e históricas. Lleva implícita la imposibilidad de la identidad entre los procesos ontológicos y los procesos de conocimiento. Ha sido una excelente motivación para el desarrollo tecnológico y metodológico de diferentes áreas de la biología.

Por último, el concepto ideológico de especie (concepto-noción) tiene que ver con las diferentes maneras de concebir y percibir el mundo y con la capacidad del hombre para conocerlo y transformarlo; los criterios de clasificación de lo vivo no necesariamente tienen que ver con las cualidades y el concepto de vida, por lo que este concepto se maneja antropocéntricamente, con criterios utilitarios, pragmáticos y subjetivos, a veces cuestionables o polémicos pero no por ello falsos o sin importancia. Con el concepto ideológico de especie se justifica toda subjetividad, porque si bien es cierto que para la ciencia tradicional el dato objetivo tiene valor preponderante, para este concepto-noción es más importante el reconocimiento de la ciencia como una actividad humana en que toda interpretación es una apreciación subjetiva de la realidad. Con base en este concepto, la búsqueda de las relaciones entre los datos y los hechos permite reconstruir los sucesos, procesos y fenómenos naturales y posibilita la interpretación y la generación de ideas y formas innovadoras de relación entre la naturaleza y el hombre, tomando en cuenta las tradiciones. Este tipo de conceptos ha sido la base de nuestra cultura y es el fundamento de nuestro conocimiento actual y futuro.

De cualquier forma, en todos los casos el concepto de especie es una discontinuidad epistemológica que pretende representar una continuidad ontológica.

Elementos para la elaboración de un concepto complejo de especie en las algas (IOPE)

En términos de la sectorización de la totalidad ontológica de la diversidad biológica global en entidades discretas susceptibles de ser conocidas y transformadas en unidades de conocimiento, la manifestación concreta de un ser vivo en la naturaleza es el individuo, concebido como proceso transformado. Cada individuo es entonces una entidad en movimiento que se inicia con el nacimiento y termina con la muerte, pasando por diferentes etapas de su desarrollo ontológico y/o por diferentes fases de su ciclo de vida que en el caso de las algas se describen y ejemplifican más adelante. Todas estas manifestaciones diferentes entre sí mantienen una cierta unidad a partir de su cualidad de identidad-alteridad, que está definida por el contenido de su propia

tan dos o más tipos de individuos que se distinguen, por lo menos, por tener números cromosómicos distintos, constituyendo fases diferentes, como son el gametofito y el esporofito de muchas plantas. Cada uno de estos individuos de fases diferentes tiene sus propias etapas de desarrollo y en ellas también existen unidad y cambio (FIGURA XVI.4).

La presencia de estos individuos diferentes puede estar desfasada en tiempo y espacio y pueden, también, jugar papeles ecológicos diferentes. No obstante estas diferencias, conforman un solo ciclo de vida, el de la alternancia de generaciones y son un todo conformado por una procepción de sucesos que se condicionan recíprocamente. Este todo constituye un organismo. En resumen un organismo se puede definir como una unidad abstracta de continuidad y acción y de relación entre las diferentes fases cromosómicas de un ciclo de vida. Desde luego, en algunos casos, el individuo y el organismo se consideran lo mismo porque no tienen expresiones diferenciales.

El conjunto de individuos que presenta características semejantes y entre los cuales se establece una relación porque existe flujo e intercambio de información genética que los separa del resto de los individuos, es decir, que comparten un conjunto de características genéticas, morfofisiológicas y ecológicas (patrón estructural y funcional básico), conforman una población. La población se puede definir como la unidad concreta de cambio y evolución.

El conjunto de etapas/fases de individuos diferentes, de poblaciones semejantes (mismo patrón estructural y funcional básico) que viven en espacios-tiempos diferentes constituyen la especie. La especie entonces es la unidad abstracta de cambio y evolución, porque contiene el conjunto de potencialidades y manifestaciones expresadas en espacio y tiempo.

En consecuencia, la imposibilidad de separar estas unidades-entidades (individuo, organismo, población y especie) en su devenir ontológico (procesos ontogenéticos y filogenéticos) hace necesario establecer un concepto complejo, IOPE, que integre y relacione epistemológicamente las discontinuidades de su manifestación, y dé cuenta y represente sus diferencias fenomenológicas (proceso de expresión diferencial). Individuo, organismo, población y especie, forman así una nueva unidad de conocimiento que explica a la especie como el proceso transformado complejo. Este concepto complejo IOPE es también una aproximación a la unidad teórica de la biología, que trata de entender y explicar las manifestaciones de los seres vivos a través del proceso de auto-perpetuación de la vida.

En suma, se podría decir que dicho proceso implica al individuo como un proceso ontogenético, donde tienen lugar todas las funciones vitales de la entidad (metabolismo), con sus cualidades de identidad, en la manutención de los caracteres de un patrón estructural y funcional básico (unidad) y alteridad (cambio), que se expresa como manifestación diferencial generacional del potencial genético (variación) en el organismo y la capacidad de respuesta al medio (adaptación) con su expresión genotípica diferencial histórica en la población, que se

este sentido se tienen varias posibilidades entre las que se pueden mencionar:

1) que genotipos semejantes se expresen de formas semejante cuando las condiciones del medio también sean semejantes: genotipo 1 en medio tipo 1 = fenotipo a genotipo 1 en medio tipo 1 = fenotipo a;

2) que genotipos semejantes se expresen de formas diferentes cuando las condiciones del medio también sean diferentes: genotipo 1 en medio tipo 1 = fenotipo a genotipo 1 en medio tipo 2 = fenotipo b;

3) que genotipos diferentes se expresen de forma diferente en medios también diferentes: genotipo 2 en medio tipo 3 = fenotipo c genotipo 3 en medio tipo 4 = fenotipo d;

4) que genotipos diferentes se expresen de forma semejante como respuesta a medios también semejantes: genotipo 1 en medio tipo 1 = fenotipo a genotipo 3 en medio tipo 1 = fenotipo a.

El último ejemplo es un caso de convergencia adaptativa, es decir, hay ocasiones en que no obstante que algunos grupos de algas no compartan información genética, presentan apariencia semejante como respuesta a ambientes similares. Las semejanzas que existen en las algas, producto de convergencias evolutivas pueden no apreciarse en todas las partes que las constituyen. Es decir, la convergencia no implica que dichas algas tengan exactamente la misma forma ni estén constituidas por las mismas partes, pero existen notables parecidos fenotípicos. En otras palabras, hay semejanzas y diferencias en cantidad y calidad de los elementos que conforman las distintas algas. Estas semejanzas y diferencias se refieren a distintos grados de complejidad estructural y funcional de las algas.

Niveles de organización de las algas. El grado de complejidad estructural y funcional se denomina nivel de organización, que es un estatus morfofisiológico de la forma de expresión de una especie o grupos de especies. Todos los pasos de un nivel de organización inferior a otro inmediatamente superior están ligados a la presencia de una nueva propiedad o adquisición de una capacidad importante, lo que tiene por consecuencia una modificación fundamental en la estructura y en la forma de vida.

Este patrón fenético de nivel de complejidad en la forma, función y construcción de las algas se constituye en un criterio de orden que permite sistematizar a la diversidad algal, en tanto que permite construir conjuntos de algas que se parecen entre sí y son el resultado de los muchos cambios sucedidos en los vegetales desde que se originaron hasta el momento actual.

La característica más notoria de los organismos incluidos en las talofitas es la de poseer un cuerpo formado por una masa de células poco diferenciadas, o sea un talo que la mayor parte de las veces carece de tejidos bien estructurados. La mayoría de las talofitas (algas y hongos) están adaptadas casi exclusivamente a la vida acuática y sólo son capaces de resistir el ambiente seco del medio terrestre cuando presentan formas de resistencia con largos periodos de latencia.

Con el término de talofitas se agrupan las algas que presentan los siguientes niveles de organización:

Talofitas cenobiales. Son organismos cuyo talo está constituido por un agregado celular de forma esférica, cilíndrica o filamentosa, entre otras, rodeado por una matriz gelatinosa común (cenobio). Este talo resulta de la no separación de las células hijas durante la división celular. Cada división de un ser unicelular conduce a la estrangulación completa del protoplasto y a la formación de nuevos individuos hijos que viven libremente dentro del cenobio. Este nivel está muy relacionado con las

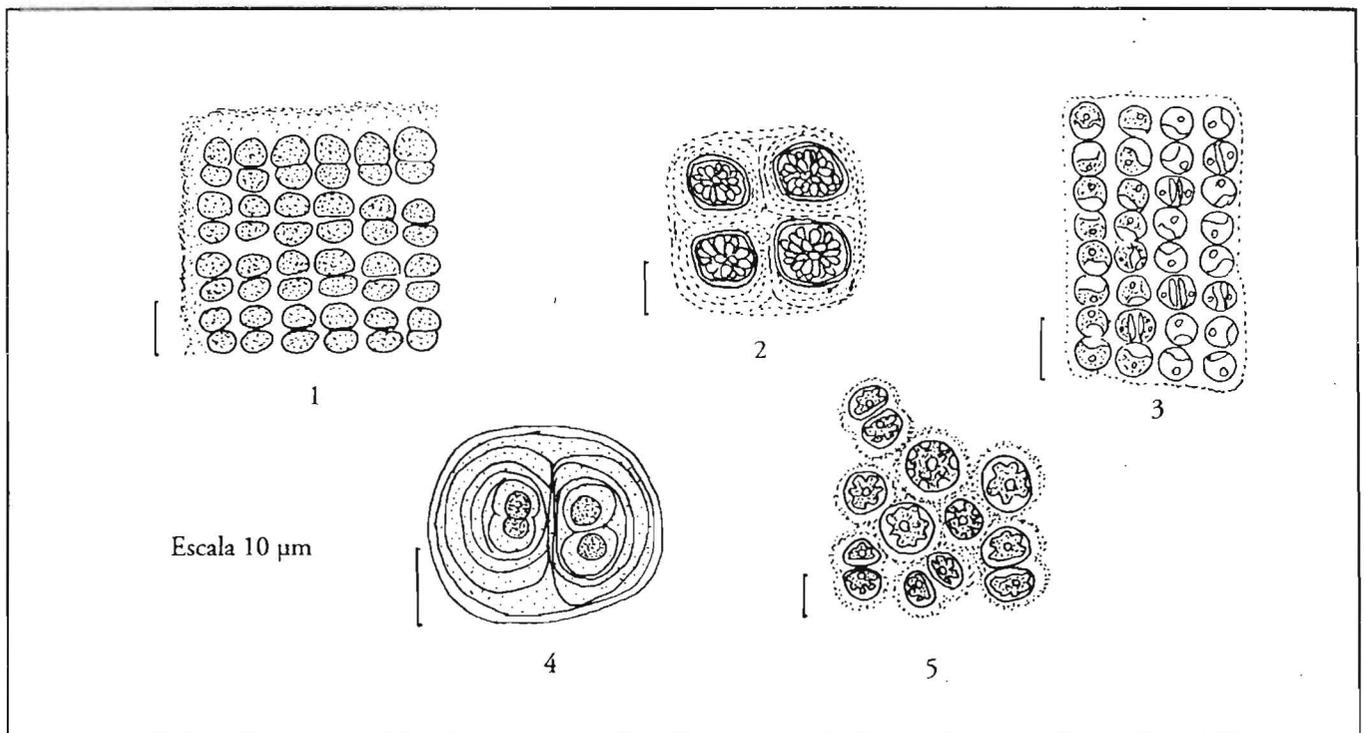


FIGURA XVI.6. Talofitas cenobiales
 1. *Merismopedia* (Cyanophyta),
 2. *Gloeodinium* (Pyrrhophyta),
 3. *Disporopsis* (Chlorophyta),
 4. *Gloeocapsa* (Cyanophyta),
 5. *Porphyridium* (Rhodophyta).

protofitas, ya que en los cenobios cada una de las células integrantes conserva autonomía morfológica y realiza sus funciones independientemente de las demás. En este nivel se encuentran organismos cuyas células son procariontes, como algunas cianofitas, y también se encuentran algas eucariontes, como las clorofitas (FIGURA XVI.6).

Talofitas plasmodiales. Los organismos plasmodiales están constituidos por una masa protoplasmática multinucleada carente de paredes celu-

Talofitas filamentosas. Los talos filamentosos pueden considerarse como verdaderos organismos multicelulares, ya que son el resultado de la división sucesiva de una sola célula, de la cual se derivan células íntima-

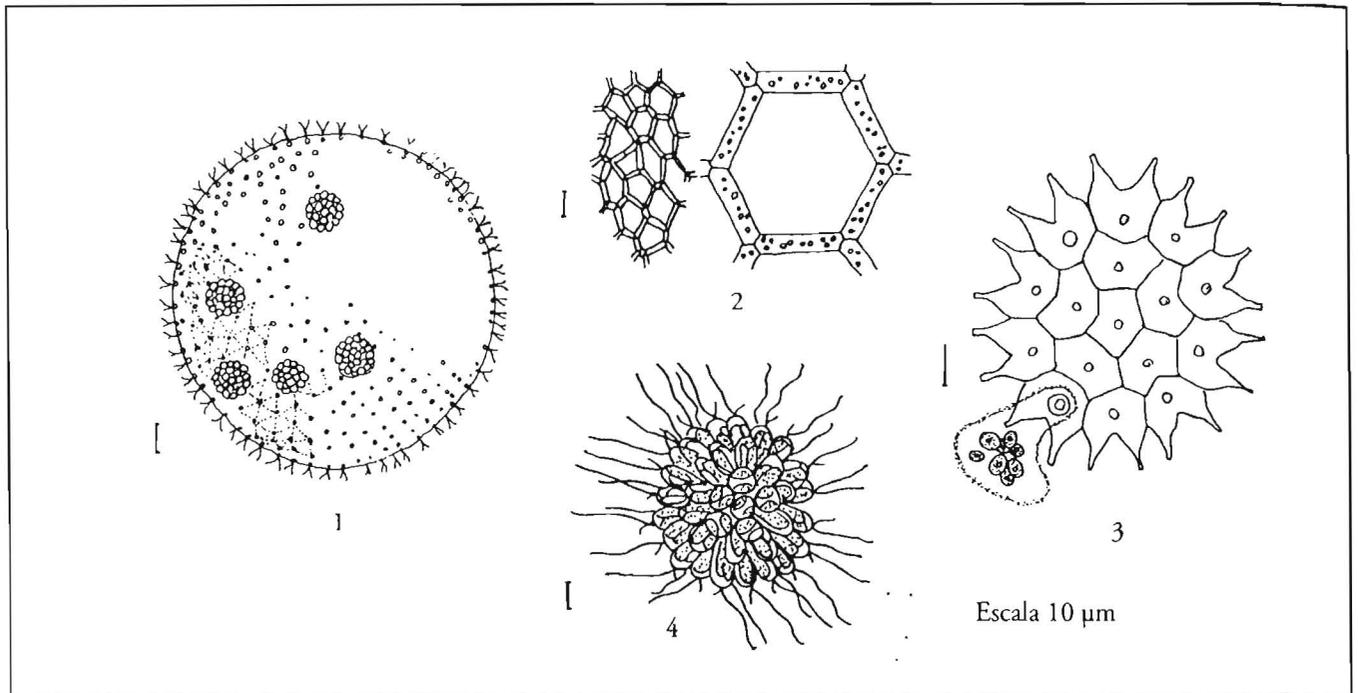


FIGURA XVI.8. Talofitas coloniales

1. *Volvox* (Chlorophyta),
2. *Hydrodictyon* (Chlorophyta),
3. *Pediastrum* (Chlorophyta),
4. *Syncrypta* (Chrysophyceae).

mente unidas con membranas celulares compartidas. Aunque se presenta en algunas cianofitas (filamentos cenobiales), este tipo de talo generalmente se origina como consecuencia de la aparición de una marcada polarización del huso acromático en el proceso de división celular, de tal manera que resulta una hilera de células orientadas en una misma dirección, formando filamentos simples. Cuando en una célula del filamento simple existe una variación en la dirección del huso acromático, se puede originar una ramificación del filamento. Si el cambio de dirección del huso se realiza en la célula apical, la ramificación será dicotómica y si se realiza por debajo del ápice, las ramificaciones serán laterales. Los talos filamentosos están ampliamente representados en las algas clorofitas, rodofitas y feofitas (FIGURA XVI.9).

Talofitas pseudoparenquimatosas. Como una derivación compleja de los talos filamentosos, surgen talos formados por falsos tejidos o pseudoparénquimas, que resultan de una abundante ramificación, entrelazamiento, compactación e incluso fusión de los filamentos. Talos de este tipo se encuentran en algunas clorofitas, rodofitas y feofitas (FIGURA XVI.10).

Talofitas parenquimatosas. Son talos que presentan tejidos verdaderos, originados generalmente por la actividad de una célula apical, dando lugar a células firmemente unidas entre sí y que forman, por divisiones sucesivas y crecimiento celular, una masa tridimensional. Se encuentran en algas feofitas y rodofitas (FIGURA XVI.10).

tas), azul-verdes (cianofitas), doradas (crisofitas), entre otras, desde luego únicamente como un primer intento de sectorización (CUADRO XVI.4).

En el caso de las algas más complejas (rodofitas, feofitas, clorofitas), la morfología de los talos maduros y las estructuras reproductoras son muy útiles para reconocer el parentesco. Aunque se observen algas de

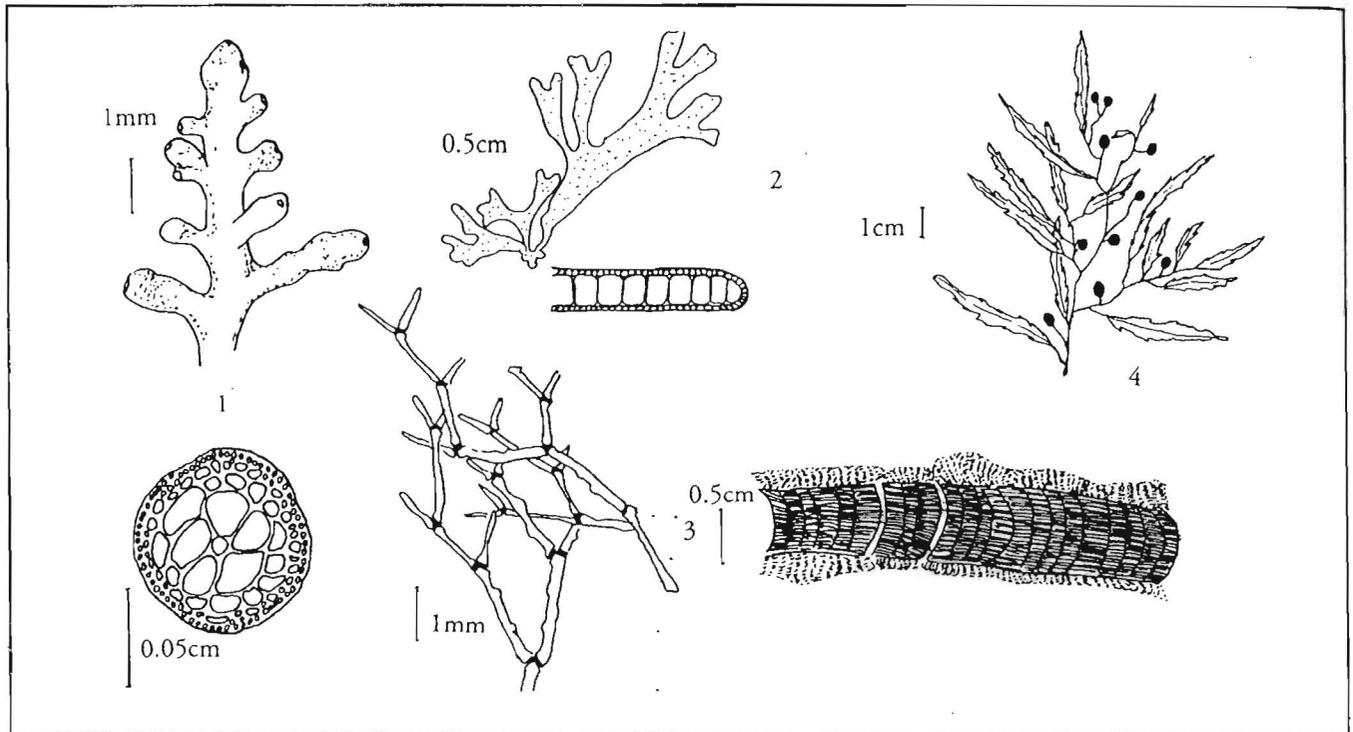


FIGURA XVI. 10. Talofitas parenquimatosas y pseudoparenquimatosas
 1. *Laurencia* (Rhodophyta), con corte transversal,
 2. *Dictyota* (Phaeophyceae), con corte transversal,
 3. *Amphiroa* (Rhodophyta), con corte transversal,
 4. *Sargassum* (Phaeophyceae).

aspecto muy parecido, adaptadas a medios y condiciones de vida muy próximas, se pueden clasificar en taxa distintos si poseen estructuras reproductoras muy diferentes y viceversa, algas muy diferentes que vivan en condiciones distintas, se agruparán en el mismo taxón si tienen estructuras reproductoras muy parecidas porque reflejan su parentesco.

En el caso de algas con niveles de organización y ciclos de vida más sencillos, que carecen de estructuras reproductoras complejas, como es el caso de las microalgas, también se utiliza la morfología del talo, utilizando el microscopio óptico para conformar los grupos. Sin embargo, dichos caracteres no siempre son suficientes ni útiles, de tal manera que para una diferenciación y clasificación más detallada es necesario utilizar características más finas y constantes que sólo son perceptibles con el microscopio electrónico, como el tipo de división celular, la presencia o ausencia y diferentes características de flagelos; la ultraestructura y composición de la membrana o de la pared celular, del cloroplasto y de otros organelos celulares. Es importante conocer la naturaleza química de las diferentes sustancias, como son: tipos de clorofila, pigmentos accesorios y sustancias de reserva, entre otros. Para ello se pueden utilizar las técnicas de cromatografía y el espectro de absorción que es particular para cada sustancia. Así mismo en el caso de las algas procariontes, que son organismos estructuralmente más sencillos, los caracteres morfológicos dan muy poca ayuda para formar grupos naturales, por lo que también

CUADRO XVI.3. Propuestas de clasificación de las algas en el año de 1962

Silva, P.	Chapman, V.	Christensen, T.
Div. Cyanophyta Clas. Cyanophyceae	Div. Myxophycophyta Clas. Cyanophyceae	Div. Cyanophyta Clas. Cyanophyceae
Div. Chlorophyta Clas. Chlorophyceae	Div. Euphycophyta Clas. Chlorophyceae Charophyceae Phaeophyceae Rhodophyceae	Div. Rhodophyta Clas. Rhodophyceae
Div. Phaeophyta Clas. Phaeophyceae		Div. Chlorophyta Clas. Chlorophyceae Euglenophyceae Prasinophyceae Loxophyceae
Div. Rhodophyta Clas. Bangiophyceae Florideophyceae	Div. Pyrrophycophyta Clas. Cryptophyceae Dinophyceae	
Div. Cryptophyta Clas. Cryptophyceae	Div. Chrysophycophyta Clas. Chrysophyceae Xanthophyceae Bacillariophyceae	Div. Chromophyta Clas. Phaeophyceae Dinophyceae Criptophyceae Haptophyceae Raphidophyceae Chrysophyceae Xanthophyceae Bacillariophyceae
Div. Pyrrophyta Clas. Desmophyceae Dinophyceae		
Div. Euglenophyta Clas. Euglenophyceae		
Div. Chrysophyta Clas. Chrysophyceae		
Div. Xanthophyta Clas. Xanthophyceae		
Div. Bacillariophyta Clas. Centrabacillariophyceae Pennabacillariophyceae		

A continuación se presenta un panorama general de la sistemática actual de las algas siguiendo, por convenir así a este trabajo, básicamente las divisiones que propone Christensen (1962), debido a que el objetivo es sólo mostrar y contrastar la diversidad de patrones estructurales básicos, sólo se describen algunas clases de algas de dichas divisiones. Para cada división se ofrece la siguiente información: diversidad, número de géneros y especies, patrón estructural básico, niveles de organización y formas de expresión.

Aproximadamente 150 géneros y 2 000 especies. Son algas procariontes, por su afinidad con las bacterias se les ha llamado también cianobacterias, pero por la complejidad de sus niveles de organización, la presencia de clorofila a y la liberación de oxígeno durante la fotosíntesis, se les considera —con argumentos más que suficientes— como algas típicas. No presentan un núcleo definido, carecen de membranas y sus pigmentos no están contenidos en cloroplastos. Sus pigmentos fotosintéticos son además de la clorofila a, la ficocianina y la aloficocianina (ficobilinas) que les dan una coloración verde azul y la ficoeritrina que es un pigmento rojo. La clorofila está contenida en sacos membranosos aplanados llamados tilacoides y las ficobilinas en unos cuerpos llamados ficobilisomas. Al igual que las plantas y otras algas, las cianofitas respiran el oxígeno que ellas mismas producen; pero a diferencia de todas ellas, las cianofitas no pueden realizar la fotosíntesis y respirar al mismo tiempo, sino que la respiración la realizan únicamente en la oscuridad. Su sustancia de reserva es el poliglucano, el cual es similar al glicógeno que presentan los animales.

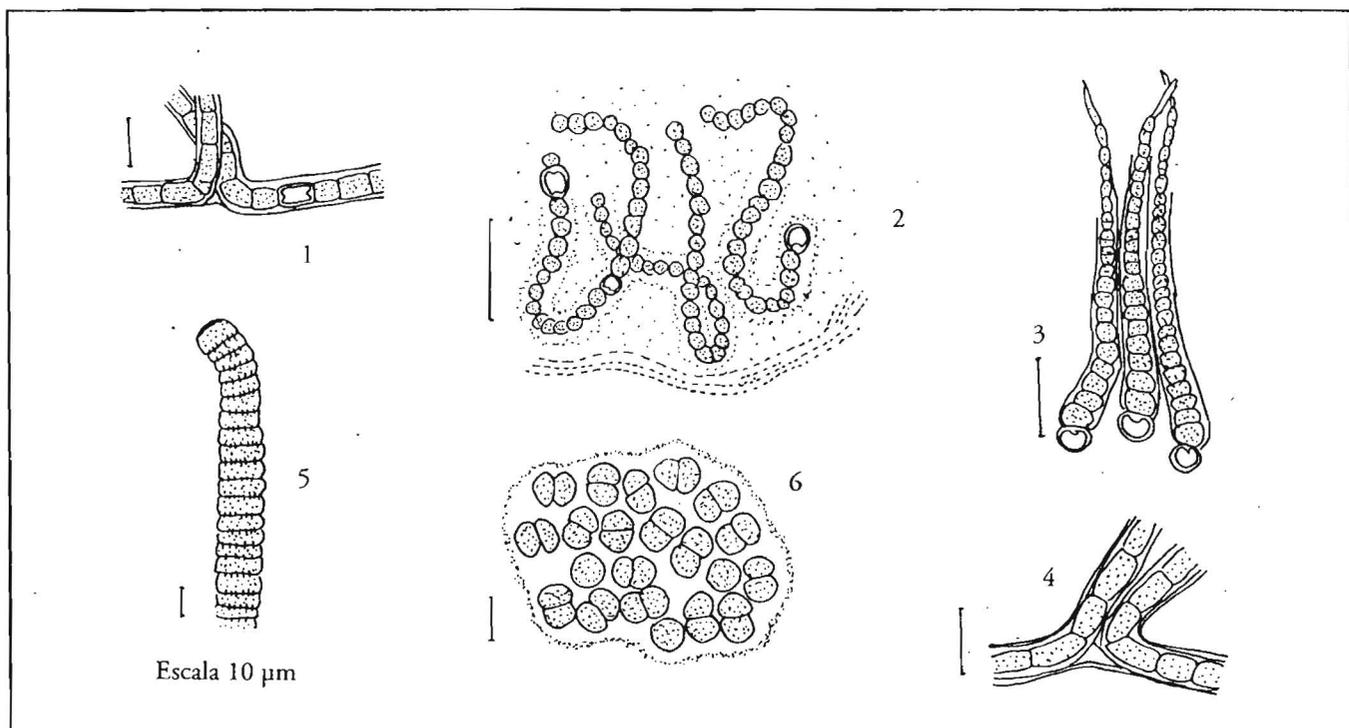


FIGURA XVI.11. División

Cyanophyta

1. *Scytonema*,
2. *Nostoc*,
3. *Calothrix*,
4. *Plectonema*,
5. *Oscillatoria*,
6. *Gloeotheca*.

Existen formas unicelulares, cenobiales y filamentosas no ramificadas y ramificadas e incluso pseudoparenquimatosas. Algunas especies filamentosas presentan estructuras de resistencia llamadas acinetos, las cuales soportan condiciones ambientales desfavorables, otras filamentosas presentan células especializadas denominadas heterocistos que realizan la fijación del nitrógeno (transformación del N_2 a NH_3).

Algunas algas verde-azules cocoides se reproducen asexualmente por bipartición; las formas filamentosas se reproducen mediante la frag-

ple, por fragmentación del talo o por esporas y sexualmente mediante gametos generalmente biflagelados cuya morfología es muy similar a la de los organismos unicelulares del tipo *Chlamydomonas* ssp. Algunas

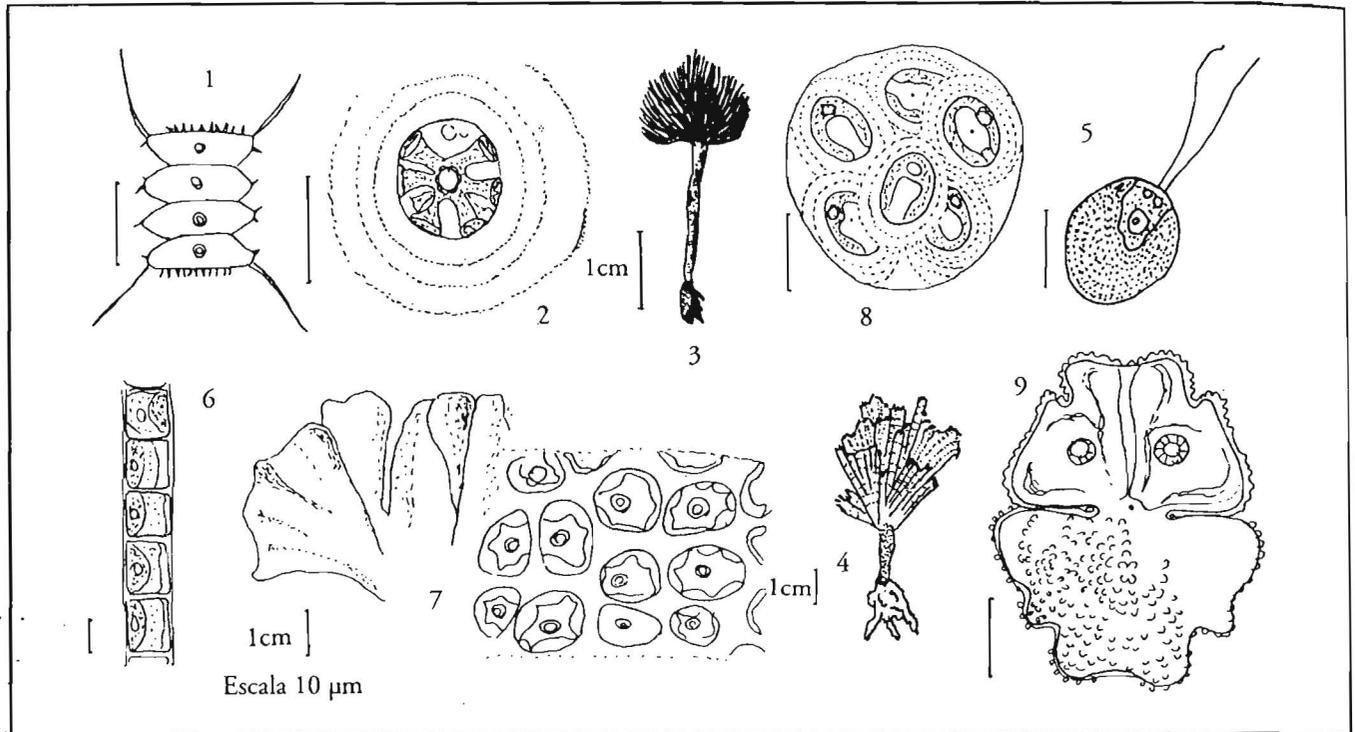


FIGURA XVI.12. División Chlorophyta

1. *Scenedesmus*,
2. *Asterococcus*,
3. *Penicillus*,
4. *Rhipocephalus*,
5. *Chlamydomonas*,
6. *Ulothrix*,
7. *Monostroma*,
8. *Chlamydocapsa*,
9. *Cosmarium*.

especies marinas se reproducen sexualmente mediante una alternancia de generaciones, en las cuales las dos generaciones tienen números cromosómicos distintos, una diploide y la otra haploide. La primera se llama esporofito y produce esporas por meiosis y la segunda se llama gametofito y produce gametos por mitosis. Estos dos talos pueden ser morfológicamente iguales como en *Ulva* ssp., o pueden ser muy diferentes como es el caso de *Derbesia* ssp.

Existen dos grupos cuyos gametos son distintos a los que se han mencionado: las Oedogoniales, cuyos gametos presentan una corona de flagelos en la parte apical y las Zygnematales, que incluyen géneros como *Spirogyra* y *Mougeotia* y las desmidias, que no liberan gametos, sino en los que la fertilización se lleva a cabo por la conjugación de gametos ameboideos como en algunos grupos de hongos (*Zygomycetes*).

Las Charophyceae (charas) son algas que se consideran una clase particular de las clorofitas, pues aunque presentan características bioquímicas iguales, su morfología es mucho más compleja. Incluso algunos autores consideran que eso es suficiente para considerarlas como una división aparte, que incluye aproximadamente unas 250 especies de agua dulce. Las carofitas se distinguen por presentar un talo diferenciado en nodos e internodos. De los nodos surgen ramas verticiladas de crecimiento limitado y en la base presentan un sistema de ramas rizoidales incoloras que sirven para la fijación. Sus dimensiones van de 5 a 50 cm de longitud y se parecen a ciertos pastos acuáticos, sólo que

puntos, estrías, retículos, areolas, etc. lo cual, unido a sus elegantes formas y color dorado, las hacen muy llamativas cuando se observan al microscopio. Sólo las diatomeas que presentan rafe tienen movimiento propio por deslizamiento. Se piensa que se debe a flujos de citoplasma a través de este canal.

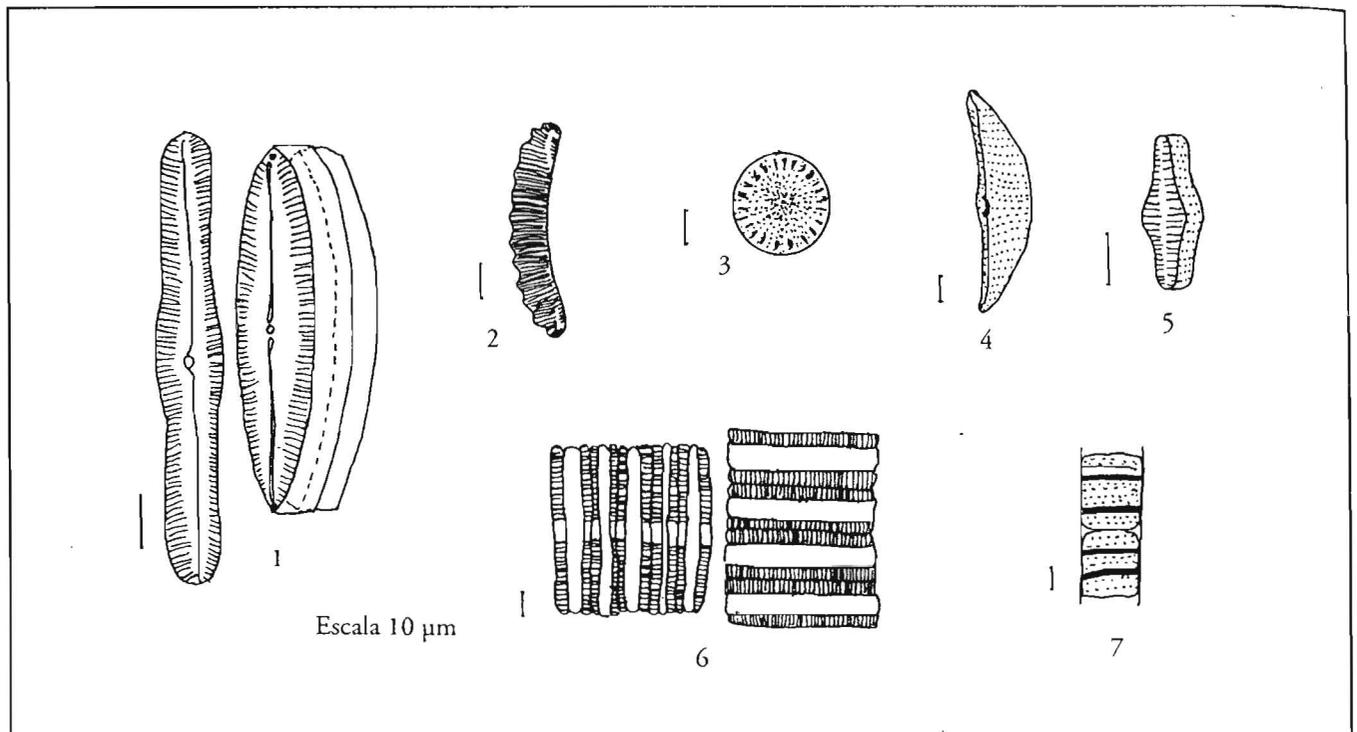


FIGURA XVI.13. División

Chromophyta

1. *Caloneis*,
2. *Eunotia*,
3. *Cyclotella*,
4. *Cymbella*,
5. *Gomphonema*,
6. *Fragilaria* (Vista conectiva),
7. *Melosira* (vista conectiva).

La principal forma de reproducción es la asexual. La división celular involucra la formación de dos valvas complementarias. Cuando se reproducen sexualmente, la meiosis produce gametos y el cigoto resultante, llamado auxospora, tiene una apariencia muy distinta a las células vegetativas y puede sufrir un periodo de latencia antes de germinar (FIGURA XVI.13).

Clase Phaeophyceae (feofitas o algas pardas o cafés)

Aproximadamente 240 géneros y 1 500 especies. Las feofitas se caracterizan porque sus clorofilas a y c se ven enmascaradas por un pigmento pardo que es una xantofila llamada fucoxantina. La coloración de estas algas varía del pardo amarillento al pardo oscuro. El principal producto de la fotosíntesis que se almacena como sustancia de reserva es la laminarina. Estas algas almacenan también manitol, grasas y aceites. Las células de las feofitas están cubiertas por una pared celular bien desarrollada, compuesta de una capa fibrilar interna de celulosa y una capa mucilaginosa externa de pectina. Asimismo, presentan ficocoloides como el ácido algínico en la matriz de la pared. Esta sustancia ayuda a prevenir la desecación del alga cuando queda fuera del agua en la zona de mareas.

Las feofitas se reproducen tanto asexualmente como sexualmente con reproducción sexual simple como por alternancia de generaciones. En ciertas especies el esporofito es bastante grande, mientras que el gametofito es muy pequeño (incluso microscópico) como en las Laminariales (FIGURA XVI.13).

División Rhodophyta (algas rojas)

Aproximadamente 800 géneros y 5 200 especies. Las rodofitas son organismos eucariontes fotosintéticos que contienen clorofila a y d y pigmentos accesorios llamados ficobilinas: ficoeritrina (pigmento rojo) y ficocianina (pigmento azul), los cuales le proporcionan un color que va del rojo intenso hasta un tono azulado. La clorofila se encuentra contenida en los tilacoides y las ficobilinas en los ficobilisomas, que son pequeños cuerpos granulares adheridos a la superficie interna de los tilacoides. Su sustancia de reserva es un polisacárido conocido como almidón florideano y se almacena fuera del cloroplasto. Otras reservas son la sucrosa, glicósidos del glicerol y a veces manitol. La pared celular de las rodofitas está diferenciada en una capa interna de celulosa y una capa externa de sustancias pécticas. Pueden concurrir varias sustancias coloidales, mucilaginosas, en la pared celular y en los espacios intercelulares como son: agar, carragenino, xilano, manano, porfirano y furónano. Aunque la mayoría son autótrofas fotosintéticas, algunas son de color muy pálido o completamente blancas y se piensa que son parásitas.

En lo que se refiere a la diversidad morfológica, muy pocas especies son unicelulares y microscópicas; la mayoría son pluricelulares y macroscópicas, las pequeñas no pasan de unos cuantos mm y las más grandes llegan a medir más de un 1 metro. Sus talos muestran aspectos sumamente variados, siendo principalmente filamentosos y laminares. La estructura anatómica es también muy variada, se encuentra desde las formas más sencillas con células indiferenciadas, hasta las que tienen capas de células distintas, semejantes a las de las algas pardas. Algunas tienen el talo impregnado de carbonato de calcio.

Las rodofitas se distinguen por presentar un complejo sistema de reproducción, sobre todo en lo que se refiere a la estructura de los órganos reproductores femeninos, los procesos de postfertilización y el desarrollo del embrión. Las rodofitas presentan reproducción sexual oógama (el gameto femenino es un óvulo y el masculino un esperma), usualmente con una alternancia de generaciones de tres fases. El óvulo inmóvil es retenido en el gametofito femenino haploide (n) y es fertilizado *in situ* por el gameto masculino inmóvil que es acarreado por corrientes de agua. El sitio donde se producen los óvulos se llama carpogonio y tiene una larga porción receptiva con forma de pelo llamada tricógeno. El espermatio se fusiona con el tricógeno y el núcleo masculino viaja por dentro de las células hasta la base del carpogonio donde se fusiona con el núcleo del óvulo y forma un cigoto. El cigoto no se libera al medio sino que empieza a dividirse y produce una estructura filamen-

rosa diploide ($2n$) que produce esporas $2n$ llamadas carpósporas. Las carpósporas se liberan al medio, se dispersan y germinan formando talos adultos, diploides llamados tetraesporofitos, los cuales producen esporas n por meiosis. Dichas meiosporas germinan en gametofitos haploides femeninos y masculinos, con lo cual se completa el ciclo (FIGURA XVI.14).

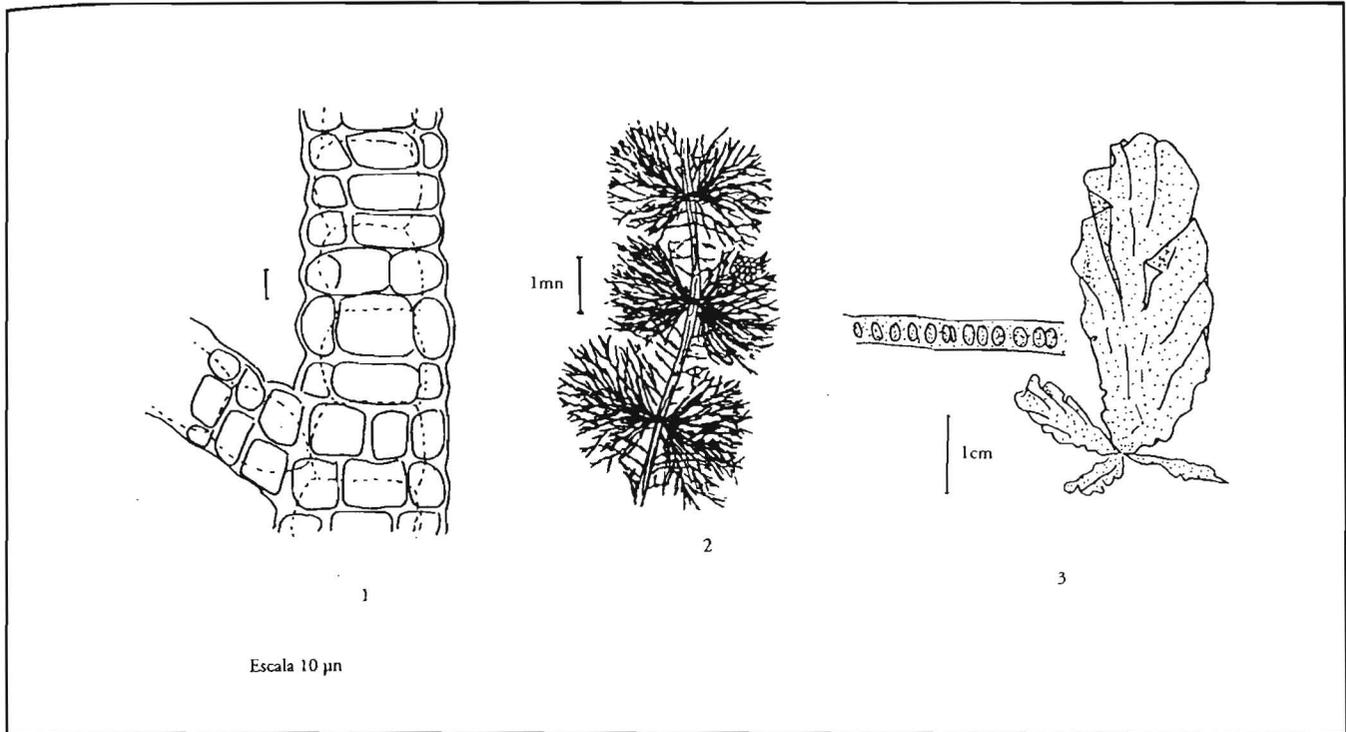


FIGURA XVI.14. División
Rhodophyta

1. *Compsopogon*,
2. *Batrachospermum*,
3. *Porphyra*.

Nota:

Las figuras fueron tomadas y adaptadas por Carmona, J. y Hernández, M. 1991, de los siguientes libros: Bourrelly, 1968, 1970, 1972; Bold y Wyrrel 1978; Dawes, 1986; Dawson, 1956, y Taylor, 1972.

Origen, tendencias evolutivas y relaciones filogenéticas

La antigüedad del grupo de las algas sugiere que la integración del genoma no solamente depende de la selección a corto plazo, sino también a mediano y a largo plazo. Para poder entender bien esto se tienen que diferenciar perfectamente tres conceptos: potencial adaptativo, plasticidad adaptativa y capacidad adaptativa.

Se entiende por potencial adaptativo todas las posibilidades y capacidades de adaptación y respuesta no expresadas por una especie, producto de la riqueza de la variabilidad acumulada en su genoma; por plasticidad adaptativa los diferentes rangos manifiestos de adaptación a diferentes ambientes de una especie, producto de la expresión diferencial de la variación y, por último, por capacidad adaptativa la respuesta fenogenética de una especie dentro de ciertos intervalos a ciertos gradientes o variables ambientales, es decir es el ajuste o el acomodo de la especie a la variación de los gradientes mesológicos de un ambiente determinado y que generan o funcionan como presión de selección para la variación.

Al hablar de adaptación se refiere simultáneamente a los individuos, organismos, poblaciones y especies, ya que no puede hacerse diferencia

El siguiente paso en la evolución de las algas fue el origen de organismos formados por más de una célula, multi o pluricelulares, es decir una tendencia a la pluricelularidad. La primera etapa de la pluricelularidad fue resultado de la no separación de las células hijas, como en los cenobios, donde seguramente no había diferenciación celular. Posteriormente se desarrollaron organismos en cuyas células ya se presentaba intercomunicación a través de puentes citoplasmáticos y en donde comenzó el proceso de diferenciación y especialización celular. Esto constituye la tendencia a la división del trabajo. En esta misma dirección, la tendencia a la formación de tejidos y órganos trajo consigo el aumento en la complejidad morfológica y somática de los organismos. Por último, se dio una tendencia a la adquisición de la sexualidad y a la complejidad de la reproducción. Uno de los procesos más importantes en la historia evolutiva de las algas fue la sucesiva modificación y complicación morfofisiológica de los mecanismos de reproducción.

Origen y evolución de los principales grupos algales

Cianofitas. Se piensa que las cianofitas se originaron hace aproximadamente unos 2 500 millones de años, en el Precámbrico y que hasta hace cerca de 600 millones de años eran las algas que dominaban el paisaje. Seguramente surgieron de las bacterias fotosintéticas púrpuras, ya que ambos grupos presentan pigmentos, estructuras fotosintéticas y pared celular muy parecidas. Además, ciertas cianofitas como *Oscillatoria* sp. pueden realizar fotosíntesis anaeróbica como las bacterias, utilizando como donador de hidrógeno el H_2S en vez del agua, por lo que se considera que las cianofitas realizaron uno de los mayores cambios que ha sufrido el planeta: transformar la atmósfera de reductora en oxidante, incrementando la concentración de oxígeno atmosférico, desde un valor inferior al 1% hasta cerca del 20%, mediante su mecanismo fotosintético.

Clorofitas. Dada la semejanza de los pigmentos y sustancias de reserva de las Prochlorontas con las algas verdes, se piensa que el grupo se originó como consecuencia de una simbiosis intracelular de un hospedero flagelado con un procarionte fotosintético de tipo *Prochloron*, el cual se transformó en cloroplasto de las algas verdes. Al parecer esto ocurrió en el Precámbrico.

A pesar de que no existe un registro fósil completo para interpretar el origen de las plantas terrestres, dadas las similitudes bioquímicas y estructurales que presentan, se acepta que las algas verdes fueron los progenitores de todas las plantas terrestres (musgos, hepáticas y helechos). Se postula que el ancestro debió ser una alga verde de la serie tricocine muy semejante a *Pedinomonas* spp., que actualmente contiene organismos como *Klebsormidium* sp. y *Coleochaete* ssp., puesto que presentan las siguientes características en común: clorofilas a y b y los mismos carotenos, división celular por fragmoplasto, gametos asimétricos, pared celular de celulosa, y el mismo tipo de conexiones celulares lla-

- González González, J. 1991. "Los procesos transformados y los procesos alterados: Fundamentos para una teoría procesual del conocimiento biológico". *Uroboros* 1 (2): 45-90.
- González González, J. y E. Novelo. 1986. "Algas". En: Lot, A. y F. Chiang (Comps.). *Manual de Herbario*. Consejo Nacional de Flora de México. pp. 47-54.
- Harvey, W.H. 1836. "Algae". En: J.T. Mackay (comp.). *Flora Hibernica*. Dublin.
- Lewin, R.A. 1976. "Prochlorophyta as a proposed new division of Algae". *Nature* 261: 697-698.
- Linnaeus, C. 1753. *Species Plantarum*. Vol. 1, 2. Estocolmo. 1200 pp.
- Papenfuss, G.F. 1951. "Problems in the classification of the marine algae". *Svensk. Bot. Tidskr.* 45 (1): 4-11.
- Pascher, A. 1914. "Über flagellaten und Algen". *Ber Deutsh. Bot. Ges.* 32: 136-60.
- , 1931. "Systematische Übersicht über die mit Flagellaten in Zusammenhang stehenden Algenreihen und Versuch einer Einreihung dieser Algenstämme in die Stämme des Pflanzenreiches". *Beih. Bot. Centralb.* 48: 317-332.
- Prescott, G.W. 1964. *How to know the fresh-water Algae*. Brown Co. Dubuque, Iowa.
- Round, F.E. 1965. *The Biology of the Algae*. St. Martin's Press. Nueva York.
- Rabenhorst, L. 1849, 1858. *Die Algen Sachsens*. Dresden.
- Scagel, R., R. Bandeni, G. Rouse, W. Schofield, J. Stein y T. Taylor. 1965. *An evolutionary Survey of the Plant Kingdom*. Wadsworth Publ. Co. Belmont, Cal. 658 pp.
- Silva, P.C. 1962. "Classification of Algae". En: Lewin, R.A. (comp.). *Physiology and Biochemistry of Algae*. Academic Press. Nueva York. pp. 827-837.
- Smith, G.M. 1950. *The fresh-water algae of the United States*. Segunda ed. McGraw-Hill Book Company Inc. Nueva York. 719 pp.
- , 1951. "The classification of algae". En: *Manual of Phycology*, pp. 13-19.
- Taylor, W.R. 1972. *Marine Algae of the Eastern Tropical and Subtropical Coast of the Americas*. University of Michigan Press. 870 pp.
- Trainor, F.R. 1978. *Introductory Phycology*. John Wiley & Sons Inc. Nueva York. 525 pp.
- Wilson, E.O. 1988. "The Current State of Biological Diversity". En: *Biodiversity*. Wilson, E.O. y Frances M. Peter (comps.) National Academy Press. Washington, pp. 3-18.