

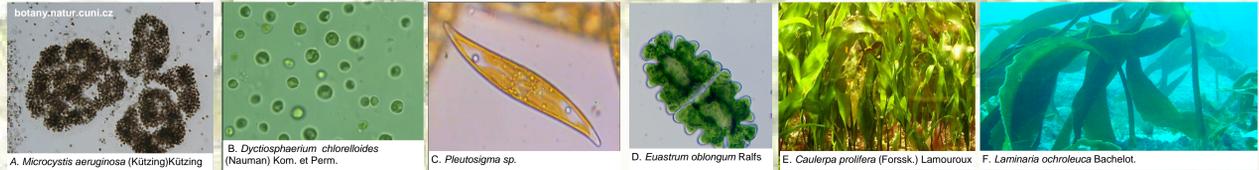
LAS ALGAS

¿Dónde encontrarlas?

Aparecen en la tierra hace más de 3500 millones de años, y constituyen un grupo heterogéneo de organismos, de origen polifilético cuyas aparentes semejanzas morfológicas y anatómicas se deben a la adaptación al medio acuático. Aunque la mayoría de las algas son organismos acuáticos que viven en ambientes marinos y continentales, las encontramos en hábitats tan diversos como troncos de árboles, en suelo húmedo e incluso sometidas a condiciones ambientales muy extremas, nieve, hielo, aguas termales o en costras en zonas desérticas. Gran parte de ese éxito se debe a su gran capacidad de adaptación, pues satisfacen requerimientos fisiológicos mínimos para crecer y reproducirse, forman estructuras específicas para sobrevivir en condiciones desfavorables (acinetos, heterocistos, esporas, quistes, e incluso desarrollan talos reviviscentes). Forman asociaciones con otros organismos, líquenes con los hongos; cianelas, zooxantelas y zooclorelas con invertebrados; así como asociaciones con distintas plantas: hepáticas, helechos y gimnospermas fundamentalmente.

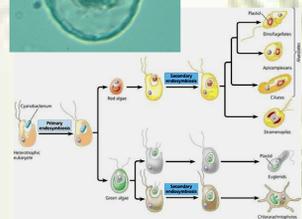
¿Qué diversidad tienen?

A pesar de que en un principio las algas fueron consideradas como plantas inferiores, el concepto lineano de alga ha cambiado radicalmente ya que las algas incluyen representantes de 4 reinos. En la actualidad podemos distinguir dentro del término alga un grupo de bacterias, en "algas procariotas", un grupo de protozoos en "algas protozoos", un grupo de cromistas en "algas cromistas" y un grupo de plantas, en "algas plantas"; sólo tienen en común que son los principales productores primarios de los medios acuáticos. La gran diversidad de las algas se refleja a distintos niveles, bioquímico, citológico, morfológico, reproductivo, lo que pone de manifiesto que se trata de un grupo altamente heterogéneo.



La mayoría de los grupos de algas muestran una enorme diversidad morfológica, presentando representantes de muy pequeño tamaño, de pocas micras (A-B), que forman parte del fitoplancton, otros intermedios (C-D), también unicelulares pero de mayor tamaño, que constituyen comunidades errantes en este caso bentónicas y sobre sustratos blandos (epipelton) tanto en agua dulce como marina. Las algas de mayor tamaño viven sobre sustratos rocosos en el litoral marino (E-F), donde se desarrollan los organismos de mayor longitud que pueblan nuestro planeta.

Cianelas de *Paulinella chromatophora* Lauterborn



Las cianelas constituyen formas vestigiales del proceso de constitución de los cloroplastos entre una cianobacteria simbiote y un organismo eucariota. Este proceso se ha producido en diferentes ocasiones a lo largo de la evolución dando lugar, mediante procesos de endosimbiosis primaria y secundaria a los diferentes tipos de aparatos plastidiales que encontramos en las algas. Si bien la teoría de la simbiogénesis fue enunciada por Merechowsky y Wally a principios del siglo XX, ha sido Lynn Margulis quien la ha desarrollado y difundido.

Algas procariotas

"Fueron los primeros bioconstructores de la tierra: diseñaron los primeros fósiles, construyeron los cloroplastos y fabricaron el oxígeno atmosférico".
(Div. Cyanoprokaryota), Son conocidas por diferentes nombres, algas verdeazuladas, cianobacterias, cianofitas o cianoprocarriotas.

Comprenden aproximadamente unos 150 géneros con 2000 especies, constituyendo uno de los grupos más ampliamente distribuidos por la superficie terrestre. Son el grupo más antiguo de organismos típicamente fotosintéticos ya que existen fósiles desde el Precámbrico (estromatolitos), han sido las formas dominantes de vida durante más de 1.5 billones de años. Tienen gran importancia evolutiva ya que son los primeros en producir clorofila a y se consideran los precursores de los cloroplastos eucariotas. De gran diversidad morfológica, encontramos desde las más pequeñas especies unicelulares como *Prochlorococcus nanus*, la primera cianobacteria marina cuyo genoma fue descifrado; *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing, de agua dulce que forma flores de agua pudiendo ser tóxicas signo inequívoco de la eutrofización de las aguas, hasta las formas más complejas, formas filamentosas y coloniales, que llegan a formar estructuras especializadas jugando un papel fundamental en el ciclo del nitrógeno tanto en el mar (*Trichodesmium erythraeum* Ehrenberg), como en agua dulce (*Anabaena circinale* Rabenhorst) como en el suelo (*Nostoc sphaericum*).



Pese a su pequeño tamaño constituyen formaciones macroscópicas, tanto en las aguas libres; flores de agua (A), en el fondo de ríos y lagos construyendo tapetes (B) o en el suelo generando formaciones macroscópicas como la piel (o gelatina) de tierra (C).



Las especies responsables de estas formaciones desarrollan diferentes adaptaciones como heterocistos (A), vainas (B), agrupaciones mucilaginosas encaminadas a cohesión sus talos (C).

Algas protozoos

"Son los principales responsables de que Haeckel, uno de los padres de la Biología del siglo XVIII, creará un tercer reino, el Protista, para incluirlos."
Representados fundamentalmente por dos grupos de algas, dinoflagelados y euglenoflagelados.

Los dinoflagelados. (Div. Dinophyta).

Están representados por unas 4000 especies unicelulares eucariotas-mesocariotas con gran variabilidad morfológica, la mayoría biflagelados, que abundan en el fitoplancton pelágico y nerítico fundamentalmente en ambientes marinos. Si bien de amplia distribución, donde más diversidad y abundancia encontramos es en aguas tropicales y cálidas donde en muchos casos destacan por dos importantes hechos biológicos, su importancia como zooxantelas, en la arquitectura de los arrecifes de coral y por su capacidad para producir grandes proliferaciones celulares generando mareas rojas, que pueden ser tóxicas como las producidas por *Gymnodinium catenatum* Graham o inocuas como las formadas por *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid. Forman parte de los protozoos alveolados "Alveolata", aludiendo a su cubierta celular con presencia de alveolos, que comparten con ciliados y otros protozoos.



Marea roja en la costa Granada

Noctiluca scintillans (Macartney) Kofoid

Euglenofitas. (Div. Euglenophyta).

Su diversidad es moderada, hasta el momento se conocen 40 géneros que engloban a 800 especies, la mayoría dulceacuícolas. Son algas unicelulares, eucariotas-mesocariotas con un solo flagelo visible, que han desarrollado, además del movimiento flagelar, otro de tipo metabólico mediante expansiones y contracciones de su periplasto. La mayoría de sus especies son fotosintéticas, con plastos heredados de las algas verdes, aunque un buen número son heterotróficas. En algunos casos presentan lórica, cubierta mineral rígida formada por sales de hierro como en *Trachelomonas*. Muchas euglenofíceas, planctónicas o bentónicas, son comunes en charcas, lagos y ríos ricos en materia orgánica por lo general muy eutrofizados. La capacidad de vivir en medios fuertemente contaminados hace que se estén utilizando actualmente en técnicas de biorremediación, ej. *Euglena gracilis* Klebs. Debido al modelo de inserción del aparato flagelar, forman parte del grupo de los protozoos excavados "Excavata", junto a Kinetoplastida y Bodónidos.



Algas cromistas

"Las algas doradas son los principales productores primarios de las aguas ácidas y/o frías de nuestro planeta (mares, ríos y lagos)".
Su rasgo más representativo es su coloración como consecuencia de la presencia de fucoxantina que enmascara el color verde de las clorofilas dándole su característica coloración amarillenta, dorada o pardo marrón. Incluye tres divisiones que se diferencian por sus modelos flagelares (de las cuales el grupo más importante es el de las típicas algas doradas (Div. Ocrophyta).

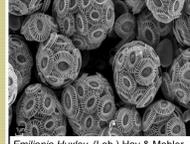
Criptofitas (Div. Cryptophyta).

Grupo pequeño de algas unicelulares flageladas, constituidas por 12 géneros y unas 200 especies marinas, dulceacuícolas y salobres. Representantes destacados de este grupo son *Cryptomonas erosa* y *Rhodomonas minuta* Skuja.



Ocrofitas (Div. Ochrophyta).

Son el grupo más importante de las algas cromistas, están ampliamente distribuidas por todo el planeta. Incluyen formas unicelulares, coloniales, filamentosas y talos histicos (parenquimáticos). Sólo les une un carácter citológico y bioquímico: presencia de flagelos heterocentros y heterodinámicos, existencia de laminillas cloroplastidiales, y presencia de crisolaminarina (o derivados) como sustancias de reserva. Se diferencian en 10 grupos taxonómicos (Clases) siendo de amplia distribución. De los cuales se exponen las tres más importantes a continuación:



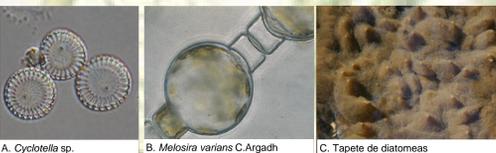
Haptofitas (Div. Haptophyta).

Representa un grupo de algas unicelulares flageladas mayoritariamente marino. El grupo más importante, los coccolitofóridos, presentan escamas calcificadas y forman parte del fitoplancton marino, algunas de ellas son de distribución mundial como *Emiliania huxleyi*. Dominaron durante el cretácico, dando lugar a rocas biogénicas denominadas creta.

Constituyen el núcleo fundamental del reino Cromista (v.s. Cromoalveolados), junto a los pseudohongos, y un reducido grupo de heterótrofos unicelulares.

Diatomeas (Cl. Bacillariophyceae).

Es el grupo más importante dentro de esta división, se conocen más de 20.000 especies bentónicas y planctónicas, tanto de agua dulce como marinas, siendo el grupo responsable del 25% de la producción primaria del planeta. Son unicelulares. Destacan por su cubierta celular silíceica que forma una estructura bivalva mineral, denominada frústulo, cuya acumulación en el fondo de océanos y lagos origina diatomita, roca biogénica de origen sedimentario. En el fitoplancton marino suelen formar grandes cadenas, como ocurre con las especies de *Chaetoceros*, *Pseudonitzia*; también aparecen células gigantes como en *Coscinodiscus* y *Odontella* pueden formar serios problemas en animales (heridas y obturación de branquias). En el fitobentos de agua dulce forman tapetes dorados que cubren el fondo de los ríos donde especies de los géneros, *Cymbella*, *Melosira* o *Navicula* forman la base de la cadena trófica. Son unos de los grupos de algas más ampliamente utilizados como bioindicadores, por lo que constituyen la base de los índices biológicos para caracterizar la calidad de las aguas continentales, algunos de ellos son IBD, IPS, CEE etc.

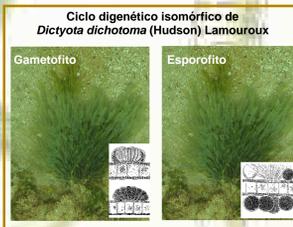


Diversidad en diatomeas céntricas y pennadas, de A-B especies típicas de agua dulce, C aspecto de una población de *Melosira* en el fondo de un río. D-E diatomeas pennadas, con los dos tipos de cloroplastos parietales (D) una vista general (E) y un detalle de la ornamentación (F) de *Pinnularia atlasi*.



Algas pardas (Cl. Phaeophyceae).

Constituyen un grupo casi exclusivamente marino, a excepción de *Heribauidella fluviatilis* (Areschoug) Svedelius que es dulceacuícola. La combinación de fucoxantina junto al resto de los pigmentos le da un color característico color pardo-marrón. Se conocen unos 250 géneros y sobre 1500 especies, que constituyen la vegetación bentónica de las costas rocosas septentrionales y meridionales de ambos hemisferios. Tienen gran variabilidad morfológica que va desde filamentos ramificados microscópicos como *Ectocarpus siliculosus* (Dillwyn) Lyngbye, importante en la constitución del biofiling, la pseudocromática *Ralfsia verrucosa* Areschoug y el típico *Fucus vesiculosus* L. propia de las zonas intermareales de nuestras costas, hasta los grandes kelpos, como *Laminaria ochroleuca* De La Pylaie y *Saccorhiza polyschides* (Lightfoot) Batters abundantes en las costas del estrecho, que pueden alcanzar muchos metros de longitud. Dominan fundamentalmente en la zona inter e infralitoral constituyendo uno de los principales componentes del macrofitobentos marinos sobre sustratos duros. Constituyen una de las principales formaciones vegetales marinas: los bosques sumergidos.



La mayor parte de las algas pardas de nuestro litoral presentan ciclos biológicos digenéticos isomórficos (*D. dichotoma*) y monogénicos diploides (*F. spiralis*).



Tribofíceas (Cl. Tribophyceae).

Grupo reducido de cromistas con una excepcional coloración verde debido a la ausencia de fucoxantina, presenta una considerable diversidad estructural, desde especies unicelulares cocales hasta talos sifonados. Existen aproximadamente 600 especies conocidas, la mayoría viven en aguas dulces y suelos húmedos aunque también es posible encontrar algunas especies marinas. Ejemplos destacados son *Vaucheria dichotoma* (L.) Martius, alga filamentosas anfibia, y *Botrydium granulatum* que forma céspedes efímeros sobre suelos húmedos.



Algas plantas

“Según la teoría de la simbiogénesis, apoyada por numerosos estudios moleculares, los cloroplastos más primitivos aparecieron en el Reino Plantae”.

Dentro del Reino Plantae existen dos grupos, Billiphyta y Viridiplantae, en los que aparecen representantes algales, por lo que son denominadas Algas plantas.

Las algas rojas están incluidas en el primer grupo, y las algas verdes que constituyen el grupo basal de las plantas verdes y son el origen del resto de los organismos fotosintéticos.

Algas rojas. (Subreino Biliphyta, Div. Rhodophyta).

Son el grupo más antiguo de algas eucariotas, la mayoría son marinas, se han descrito unas 5000 especies, de las cuales unas 180 son exclusivamente dulceacuícolas. Hay algunos géneros que tienen tanto representantes marinos como continentales, tales como *Audinella* e *Hidebrandia*. Grupo morfológicamente diverso, sus especies son mayoritariamente multicelulares de estructura uni- o multiaxial. Entre los pigmentos que le dan el característico color rojo, destaca la ficoeritrina, enmascaradora de las clorofilas y que le permite vivir a mayor profundidad que el resto de los organismos fotosintéticos. Sus comunidades desarrollan distintas formaciones en las zonas medio e infralitoral, desde los densos céspedes de Bangiofíceas, hasta las abundantes poblaciones de Floridofíceas mediolitorales perfectamente adaptadas al hidrodinamismo de las olas. En los ambientes más oscuros de la zona fótica, abundan las poblaciones de especies esciafilas como las de los rodolitos que forman los fondos de Maerl.



Entre las especies litorales destacan las de *Bangia atropurpurea* y *Porphyra umbilicalis* que comparten hábitat batidos y eutróficos con determinadas ulváceas. En aguas más limpias y también batidas destacan otras especies tales como *Rissoella verruculosa* (endemismo mediterráneo) y *Nemalion helminthoides*. Las coralináceas, capaces de incorporar una capa de carbonato cálcico en sus paredes, también forman parte de las comunidades del mediolitoral (*Corallina elongata*, *Jania rubens* y *Litophyllum incrustans*) y del circalitoral donde constituyen extensas comunidades de excepcional importancia ecológica.

Las floridofíceas muestran una enorme complejidad en su ciclo biológico. *Asparagopsis armata* Harvey constituye un excelente ejemplo no solo de especie invasora sino de ciclo trigénico. Como en la mayoría de las algas rojas la generación dominante es la gametofítica, estando la primera generación diploide (Carpoesporofito) reducida a unas pequeñas prominencias esferoidales (cistocarpos) mientras que la segunda generación diploide (Tetraesporofito) constituyen pequeños pompones algodonosos de desarrollo generalmente epífita, sus tetrasporas son las responsables de recuperar la condición haploide.



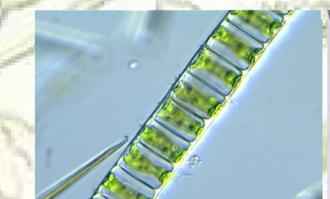
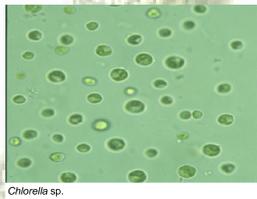
En aguas continentales las algas rojas (G-I) se desarrollan preferentemente en aguas corrientes y frías. Sus especies constituyen excepcionales bioindicadores de la calidad del agua. Muy pocas especies presentan el color rojo característico de sus congéneres marinos, siendo frecuentes coloraciones marrones pardas o azuladas.

Algas verdes. (Subreino Viridiplantae)

Son organismos muy diversos, reúne aproximadamente unas 8000 especies distribuidas en gran diversidad de hábitats. Presentan una considerable heterogeneidad filogenética y morfológica que incluye desde las primitivas **algas clorofitas** (Div. Chlorophyta) de ambientes continentales y marinos, hasta las más evolucionadas **algas estreptofitas** (Div. Streptophyta, Subdiv. Streptophytina) que solo colonizan aguas dulces. La presencia de clorofila b como principal pigmento accesorio potencia su color verde, solo enmascarado ocasionalmente por la presencia de carotenos como en las células vegetativas de *Dunaliella salina* (Dunal) Teodoresco una de las responsables de la coloración roja de las salinas durante el verano. En otros ambientes “extremos” algunas especies como (*Chlamydomonas nivalis* (Bauer) Wille o *Trebouxia asimetrica* Friedl & Gärtner) produce el denominado fenómeno nieve roja producido por la proliferación de quistes y cigotos en la superficie de la nieve.

Las **clorofitas**, algas verdes más primitivas son morfológicamente muy diversas, desde las especies coccas (*Pediastrum boryanum* (Turpin) Meneghini, *Botryococcus braunii* Kützing, *Desmodesmus communis*, *Scenedesmus obtusus*) o flageladas (*Haematococcus pluvialis* Flotow y *Volvox aureus*), hasta las filamentosas que se desarrollan en ambientes dulceacuícolas (*Cladophora glomerata* (L.) Kützing) a formas más complejas desde, las grandes individuos de *Codium bursa* (Oliv) C.Agardh hasta las láminas típicamente parenquimáticas de *Ulva lactuca* L., exclusivamente marinas.

Las especies coccas crecen en cualquier ambiente y sus intensos crecimientos son capaces de teñir de color verde de las aguas continentales de lagos y embalses. En los ambientes terrestres destacan las especies del género *Chlorococcum* muy frecuentes en suelos, troncos y en general sustratos con cierto grado de humedad. Las especies del género *Trebouxia* son muy frecuentes como gonidios de la simbiosis líquénica.



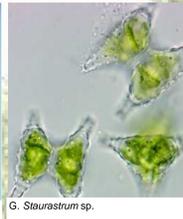
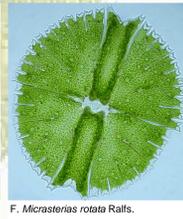
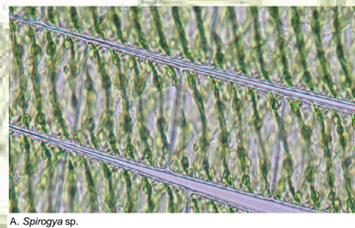
Las especies filamentosas también son frecuentes en agua dulce y de forma especial en aguas corrientes y fuertemente carbonatadas; su estructura y morfología varía desde los filamentos indivisos de *Ulothrix* (A) hasta los intensamente ramificados y hemisifonados de *Cladophora* (B), formadora de intrincados lechos de algas que constituyen las “ovas”.

Las algas verdes macroscópicas pertenecen a dos grupos filogenéticos distintos, uno de ellos es el constituido por las algas de la línea celular uninucleada, cuyos representantes más frecuentes pertenecen al género *Ulva*. El otro grupo está formado por las especies de estructura sifonada, de una gran variabilidad morfológica y estructural, cuyos representantes más conspicuos se incluyen en los géneros *Codium* y *Acetabularia*.



Las **estreptofitas** (A-G), algas verdes más evolucionadas, constituyen un grupo exclusivamente dulceacuícola. Incluyen grupos de una gran especialización, desde formas unicelulares como las desmidiáceas (*Cosmarium botrytis* Meneghini ex Ralfs, *Closterium lunula* Ehrenberg & Hemprich ex Ralfs) hasta una considerable variabilidad de formas filamentosas conjugadas simples (*Mougeotia*, *Spirogyra*, *Zygnema*, etc).

La caracterización morfológica de sus representantes se basa en la existencia de un estrangulamiento central (itmo) en las desmidiáceas y en la presencia de uno o pocos cloroplastos fuertemente diferenciados en las células de las especies filamentosas. La reproducción sexual muestra un modelo común para ambos grupos; se basa en la transformación de las células vegetativas en gametangios y su posterior fusión en el proceso conocido como conjugación (C y H), el cual se hace especialmente evidente en las especies filamentosas.



El grupo más evolucionado, y posiblemente más directamente emparentado con el resto de las plantas verdes, lo constituye la familia caráceas con especies como *Chara vulgaris* L. de amplia distribución hasta endemismos mediterráneos como *Tolypella hispanica* Nord. La familia Characeas constituye una excepción entre las algas, pues sus gametos femeninos se encuentran protegidos por células estériles como ocurre en el resto de las plantas verdes. Según la sistemática molecular, constituye uno de los grupos de algas más estrechamente emparentado con las plantas terrestres.



Todos los representantes de las algas estreptofitas presentan ciclos biológicos monogénicos haploides, que pudieran constituir la base para el salto a la tierra, a través de géneros como *Coleochaete*, dando lugar a los ciclos digénicos heteromórficos de las plantas terrestres más primitivas: briófitos y pteridófitos.



Las especies del género *Coleochaete*, constituyen uno de los representantes más sencillos de las algas estreptofitas, a la vez que son considerados como uno de los nexos de unión más claros con el resto de plantas verdes.

En las algas verdes macroscópicas son frecuentes los ciclos biológicos digénicos isomórficos, como en *Cladophora*, *Monostroma*, y *Ulva* (Enteromorpha)



La línea evolutiva de las algas verdes estreptofitas presenta diferentes adaptaciones que pueden relacionarse claramente con la conquista del medio, tales como:
A. Protección del gameto femenino por células estériles como mecanismo para soportar la desecación temporal de los medios litorales donde se desarrollan y donde probablemente ocurrió la transición a las plantas terrestres.
B. Retención, protección y nutrición del cigoto antes de su germinación. Especialmente evidente en el género *Coleochaete*.

