



Resultados

Capítulo 1. — — Microalgas

Erika Juliana Benito-González^{1,2}, Angela Natalia Torres-Huertas², Jesús Manuel Vásquez-Ramos^{2,3,4}

-
- 1 Grupo de Investigación Sistemas Dinámicos, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia.
 - 2 Semillero de Investigación Jiacacu, Grupo de Investigación Evaluación, Manejo y Conservación de Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta, Colombia.
 - 3 Museo de Historia Natural Unillanos, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta, Colombia.
 - 4 Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Colombiana – ICAOC, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta, Colombia.



Las microalgas son microorganismos acuáticos que contienen pigmentos fotosintéticos como la clorofila y son capaces de realizar fotosíntesis oxigénica. Dentro de este grupo se incluyen organismos como las cianobacterias o algas verde-azules, de estructura celular procariota, y las microalgas, con estructura celular eucariota (Luna, 2007).

Estos organismos se pueden desarrollar en diferentes ambientes acuáticos y terrestres (si existe humedad) como el suelo, lagos, ríos, mares, entre otros. Dependiendo del hábitat donde se encuentren en el ecosistema, pueden hallarse comunidades como:

- Fitoperifiton: organismos fotosintéticos que viven dentro de una matriz extracelular que se adhieren o permanecen sobre un sustrato, tal como rocas, troncos, hojas, raíces, entre otros (macrófitas) (Wetzel, 1983).
- Fitoplancton: organismos fotosintéticos que viven suspendidos en la columna de agua (Vicente et al., 2005).

Las microalgas contribuyen a la producción primaria (síntesis de materia orgánica a partir de materia inorgánica) de los sistemas acuáticos, a través de la fotosíntesis, siendo muchas veces la comunidad principal en todo el ecosistema para esta función (Azim et al., 2005); además, son un componente importante a nivel ecológico para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos (Abalde et al., 1995). Desde el punto de vista ambiental, la composición y estructura funcionan como indicadores de la calidad del agua, además se relacionan con procesos como la afectación de los ecosistemas por contaminación, lo que hace que su estudio sea indispensable (Moreno & Aguirre, 2013).

En los cuerpos de agua presentes en el campus Barcelona se encontraron 5 divisiones, 12 órdenes, 18 familias y 25 géneros (Tabla 1). Charophyta fue la división más abundante con 8 géneros; 7 pertenecientes al orden Desmidiaceae y 5 a la familia Desmidiaceae. El género *Cosmarium* fue el más común en la mayoría de las muestras tomadas del campus. De los géneros *Euastrum*, *Tetraedron* y *Penium* se observaron individuos en reproducción.

Tabla 1. Géneros de microalgas encontrados en el campus Barcelona de la Universidad de los Llanos

División	Orden	Familia	Género
Bacillariophyta	Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i>
	Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira</i>
	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>
		Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i>
Charophyta	Desmidiiales	Closteriaceae	<i>Closterium</i>
		Desmidiaceae	<i>Cosmarium</i>
			<i>Euastrum</i>
			<i>Pleurotaenium</i>
			<i>Staurastrum</i>
	<i>Xanthidium</i>		
	Peniaceae	<i>Penium</i>	
Spirogyrales	Spirogyraceae	<i>Spirogyra</i>	
Chlorophyta	Chlorellales	Chlorellaceae	<i>Dictyosphaerium</i>
	Sphaeropleales	Hydrodictyceae	<i>Tetraedron</i>
			<i>Pediastrum</i>
		Scenedesmaceae	<i>Coelastrum</i>
			<i>Desmodesmus</i>
	Selenastraceae	<i>Kirchneriella</i>	



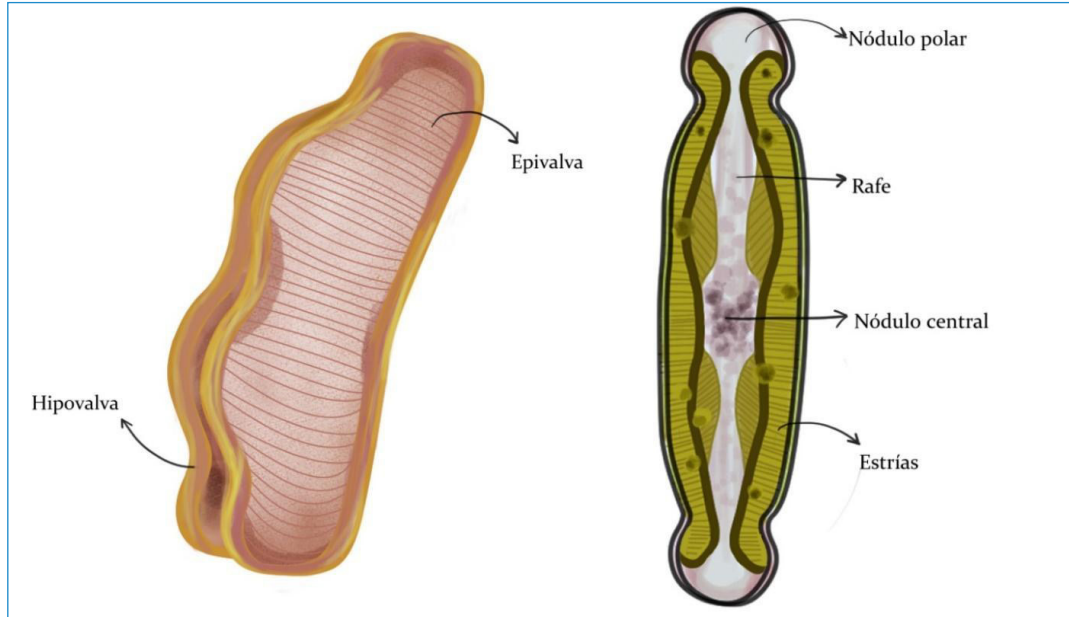
División	Orden	Familia	Género
Cyanophyta	Chlorococcales	Microcystaceae	<i>Merismopedia</i>
	Nostocales	Aphanizomenonaceae	<i>Anabaena</i>
	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>
	Spirulinales	Spirulinaceae	<i>Spirulina</i>
Euglenophyta	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena</i>
		Phacaceae	<i>Lepocinclis</i>
			<i>Phacus</i>

Fuente: elaboración propia de los autores de este capítulo, a partir de los datos recopilados en las salidas de campo.

División Bacillariophyta —

También conocidas como diatomeas, son organismos protistas unicelulares, las cuales en su mayoría se encuentran en forma individual, aunque también pueden formar colonias (Figura 8). Solo unas pocas son heterótrofas, siendo la mayoría autótrofas capaces de realizar fotosíntesis, por esta razón son consideradas como las principales productoras primarias y fijadoras de carbono. Son organismos cosmopolitas y unos de los más abundantes en los ambientes marinos y de agua dulce, tanto de forma planctónica como bentónica (Zepeda, 2019). Algunas especies pueden ser bioindicadoras, ya que su presencia puede significar cambios en la acidez, salinidad, estado de nutrientes y perturbación de los cuerpos de agua (Mercado-Reyes & Álvarez-Montero, 2022).

Figura 8. Estructura morfológica de un individuo del género *Eunotia* (izq) y *Pinnularia* (der).



Fuente: ilustración elaborada por Karen L. Álvarez.



Orden Eunotiales – – Familia Eunotiaceae

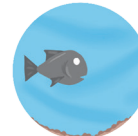
Eunotia (Ehrenberg, 1837)



Fuente: fotografías tomadas por Erika J. Benito y Angela N. Torres.

Descripción –

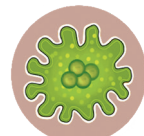
Formadas por células individuales o grupos de células de forma semilunar asimétrica con márgenes dorsales convexos y márgenes ventrales rectos o cóncavos. Las valvas isopolares que pueden tener diferentes formas y terminaciones, la cara dorsal es ondulada y algunas especies pueden presentar de 1-8 jorobas. Presentan asimetría en el eje apical. El rafe consiste en dos hendiduras cortas, no integradas en el centro del patrón primario, puede ser labiado y débilmente pronunciado, situado en la curva ventral de la valva. Las estrías uniseriadas, a lo largo de las valvas, pueden ser radiales, puntiformes o paralelas y algunas veces espaciadas uniformemente (Glushchenko & Kulikovskiy, 2017).



Oligotrófico



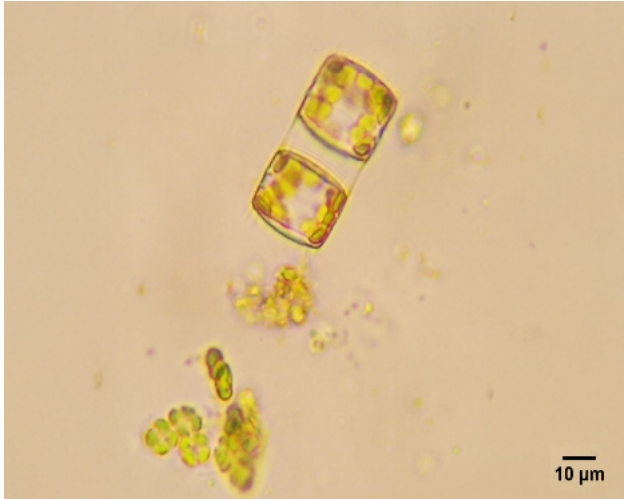
Colonial



Solitaria

Orden Melosirales – – Familia Melosiraceae

Melosira (Agardh, 1824)



Fuente: fotografía tomada por Angela N. Torres

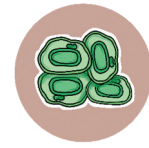
Descripción –

Células cilíndricas subpericales, unidas en filamentos por almohadillas de mucílago secretadas en las valvas; además, pueden presentar espinas irregulares que ayudan a la unión. Células unidas en pares o tripletes por el cíngulo. Plastidios lobulados, en forma de placa pequeña, situados en el citoplasma periférico. Las valvas pueden ser planas o abovedadas, cubiertas de pequeñas espinas o gránulos. La estructura valvar es loculada, el lóculo está abierto al exterior a través de una serie de pequeños poros simples y al interior por poros algo más grandes, que pueden estar parcial o totalmente tapados por puntos de sílice. Los lóculos pueden estar dispuestos al azar o en filas que parten del centro de la valva. Presentan hábitos de crecimiento colonial similares por sus paredes valvares uniformemente estructuradas, sin costas ni septos (Guiry & Guiry, 2023).

37



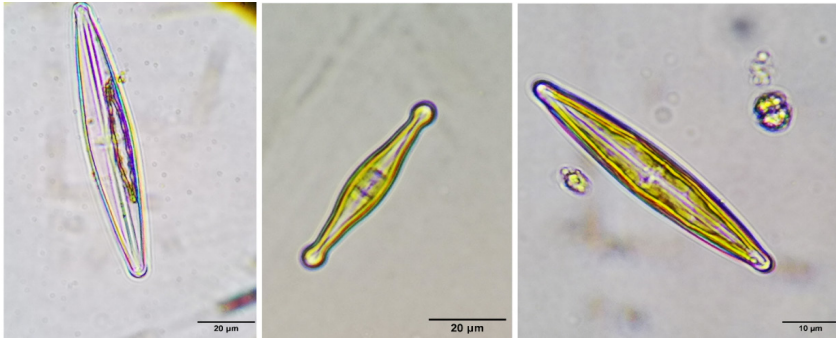
Eutrófico



Colonial

Orden Naviculales – – Familia Naviculaceae

Navicula (Bory, 1822)

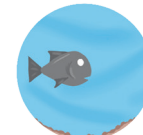


Fuente: fotografías tomadas por Angela N. Torres.

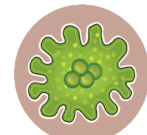
Descripción –

Células elípticas, lanceoladas a lineales. Ápices agudos a redondeados o rostrado a capitado. Superficie valvar plana o levemente curvada en los

márgenes. Rafe filiforme con terminaciones centrales simples, expandidas en poros o ganchos, rectos o ligeramente torcidos (Núñez-Avellaneda & Sala, 2008). Las estrías son uniserradas, rectas o levemente curvadas, y su disposición varía de transversal y paralela en la mayor parte de la valva, a radiada en el centro, pero convergente cerca de los ápices, ocasionalmente con estrías insertadas más cortas frente a la zona central (Cox, 1999).



Oligotrófico



Solitaria

– Familia Pinnulariaceae

Pinnularia (Ehrenberg, 1843)

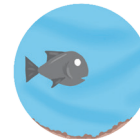


Fuente: fotografía tomada por Erika J. Benito.

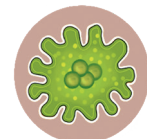
Descripción –

Células que pueden tener forma lineal, lanceolada o elíptica (algunas con márgenes onduladas); el ápice de la valva redondeado, rostrado o capitado con superficie plana; rafe central, algunas veces complejo. Las estrías pueden ser paralelas, convergentes o fuertemente radiadas en los extremos, multiseriadas o alveoladas; presentando una abertura que abarca toda la longitud de la estría o solo una parte (Mercado-Reyes & Álvarez-Montero, 2022).

39



Oligotrófico

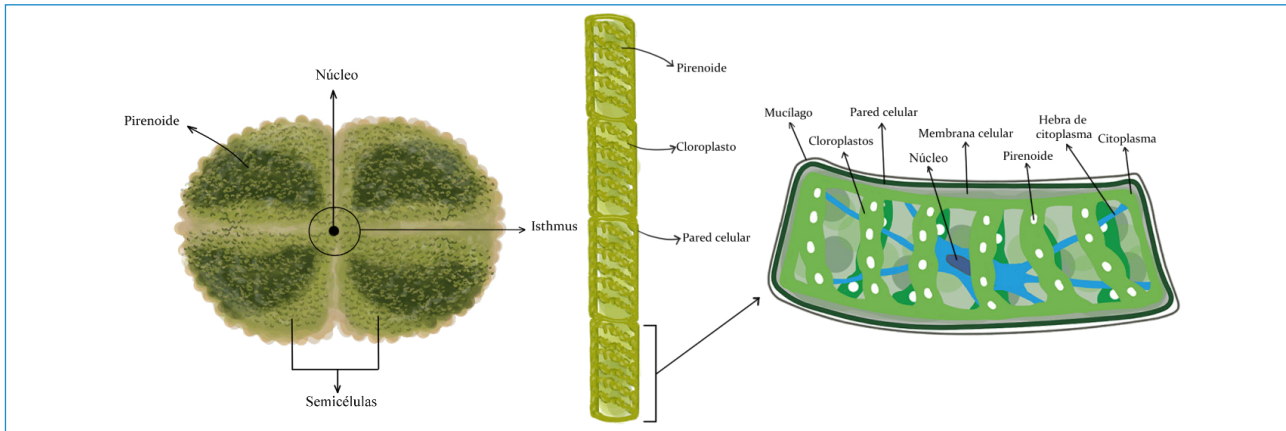


Solitaria

División Charophyta —

Algas pluricelulares macroscópicas (algunas microscópicas), conocidas como algas verdes conjugadas por sus pigmentos (clorofila a y b) y productos de reserva (almidón), similares a las Chlorophytas (Figura 9). Se pueden encontrar mayormente en aguas dulces no contaminadas, en el fondo, ya sea estancada o enraizadas, por esta razón son indicadoras de condiciones eutróficas (Mercado-Reyes & Álvarez-Montero, 2022).

Figura 9. Estructura morfológica de un individuo del género *Cosmarium* (izq) y *Spirogyra* (der).



Fuente: ilustración elaborada por Karen L. Álvarez.

Orden Desmidiales —

— Familia Closteriaceae

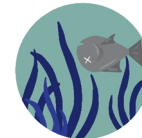
Closterium (Nitzsch ex Ralfs, 1848)



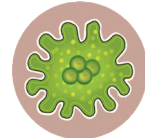
Fuente: fotografías tomadas por Erika J. Benito y Angela N. Torres.

Descripción —

Célula de forma alargada-cilíndrica a alargada-fusiforme, recta o, más frecuentemente, curvada. Los extremos pueden ser agudos, redondeados o truncados. La pared celular incolora, amarillenta o marrón, lisa o con estrías o costas longitudinales. Presentan por célula 2-4 cloroplastos axiales, alargados. Pirenoides axiales o dispersos, generalmente numerosos. El núcleo está ubicado en el centro entre los cloroplastos. Cada extremo de la célula presenta una vacuola que contiene uno o más gránulos de sulfato cálcico (Guiry & Guiry, 2023).



Eutrófico

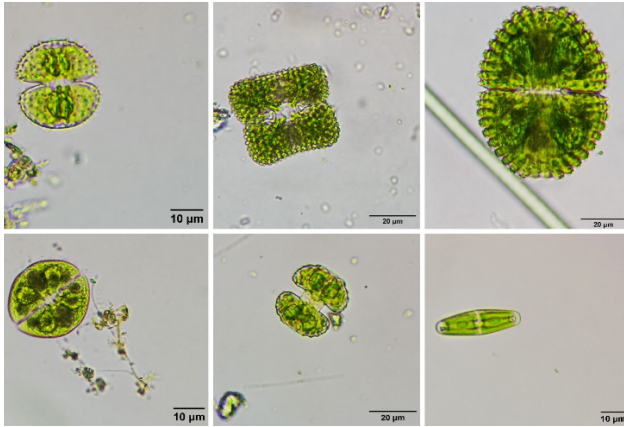


Solitaria



– Familia Desmidiaceae

Cosmarium (Corda ex Ralfs, 1848)

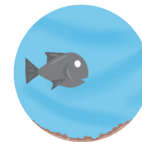


Presenta dos semicélulas que pueden tener forma redondeadas, reniformes, piramidales, cuadradas, con margen entero u ondulado; subcirculares a alargadas-ovaladas (birradiadas) en vista apical. La pared celular es lisa con poros dispersos u ornamentada con gránulos pequeños o grandes, verrugas emarginadas, punteaduras redondas o triangulares, o espínulas cortas. Ornamentación central y marginal diferentes entre sí o idénticas. A través de los poros cilíndricos de la pared celular se secreta una vaina mucilaginosa que a menudo rodea la célula. Uno o varios cloroplastos por semicélula, axiales o parietales, cada uno con uno o varios pirenoides. Núcleo en istmo (Guiry & Guiry, 2023).

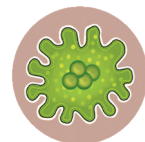
Fuente: fotografías tomadas por Erika J. Benito y Angela N. Torres

Descripción –

Células de pequeñas a grandes, con constricción mediana que puede ser superficial o profunda (istmo).

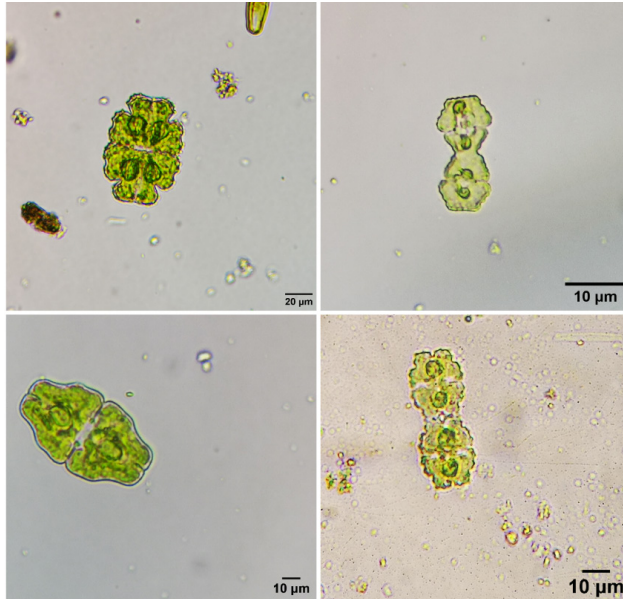


Oligotrófico



Solitaria

Euastrum (Ehrenberg ex Ralfs, 1848)

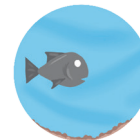


Fuente: fotografías tomadas por Erika J. Benito y Angela N. Torres

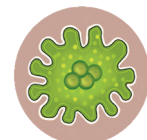
Descripción –

Células generalmente más largas que anchas, con constricción mediana profunda (istmo) donde las paredes semicelulares se superponen. Vista apical oval a elíptica (birradiada), a menudo con región media ensanchada. Cada semicélula generalmente con lóbulos apical y laterales distintos; el lóbulo apical con ápice emarginado o incisión apical. Pared celular lisa con poros dispersos, o diversamente ornamentada con gránulos, verrugas o espínulas cortas. Generalmente un cloroplasto por semicélula con uno o más pirenoides. Núcleo en istmo (Guiry & Guiry, 2023).

43

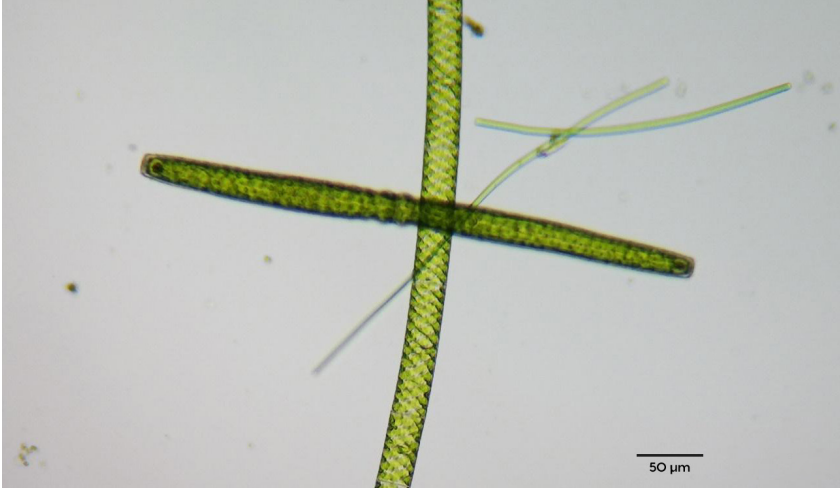


Oligotrófico



Solitaria

Pleurotaenium (Nägeli, 1849)

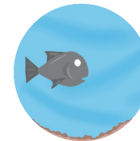


Fuente: fotografía tomada por Angela N. Torres.

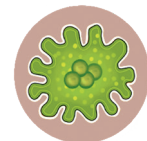
Descripción —

Células en su mayoría alargadas-cilíndricas, istmo con constricción media poco profunda donde las paredes de las semicélulas se superponen,

además en él está ubicado el núcleo. Semicélulas con hinchazón basal y ápice truncado. El ápice es liso o con anillo de verrugas redondas o cónicas, o de espinas cortas, presentando generalmente una vacuola terminal que contiene gránulos. Pared celular con poros dispersos. Los cloroplastos generalmente son estrechos y dispuestos en bandas parietales, varias por semicélula, cada una con muchos pirenoides (Guiry & Guiry, 2023).

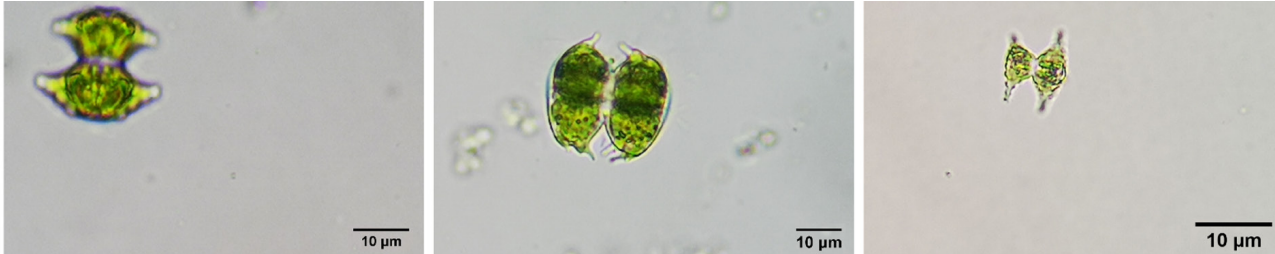


Oligotrófico



Solitaria

Staurastrum (Meyen ex Ralfs, 1848)

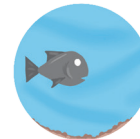


Fuente: fotografías por Erika J. Benito y Angela N. Torres.

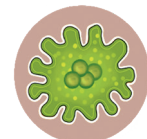
Descripción –

Células pequeñas a grandes, de 2-12 radiadas en vista terminal, con constricción media superficial o profunda (istmo) con las paredes de las semicélulas superpuestas, y dos morfologías celulares integradas. La mayoría de las especies tienen procesos largos y huecos en cada semicélula; los procesos suelen tener dos o más espínulas terminales y una o más series de denticulaciones, espinas o verrugas a lo largo del proceso y en el ápice y cuerpo del eje central de la semicélula. Los ángulos de la semicélula pueden ser redondeados, truncados o

con procesos cortos. La pared celular es lisa o con hileras de pequeños gránulos o espínulas. Presentan generalmente un cloroplasto por semicélula, lobulado con pirenoide axial o con varios pirenoides en lóbulos que se extienden en los ángulos o procesos celulares. El núcleo está ubicado en el istmo (Guiry & Guiry, 2023).



Oligotrófico



Solitaria



Xanthidium (Ehrenberg ex Ralfs, 1848)



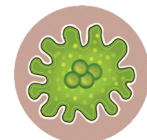
46

Descripción –

Células ligeramente comprimidas (birradiadas) con constricción mediana profunda (istmo) donde las paredes de las semicélulas se superponen. Cada semicélula suele tener cuatro o más espinas marginales, simples o furcadas, cortas o largas. Parte media de cada semicélula lisa o con un anillo o líneas de poros conspicuos, una zona central incrasada, una línea de pequeñas verrugas o una protuberancia con espinas cortas o largas. Pared celular con poros cilíndricos dispersos a través de los cuales se segrega una vaina gelatinosa estrecha o ancha. Cloroplastos de dos a muchos, cada uno con uno o más pirenoides. Núcleo en istmo (Guiry & Guiry, 2023).



Oligotrófico



Solitaria

Fuente: fotografía tomada por Angela N. Torres.

– Familia Peniaceae

Penium (Brebisson ex Ralfs, 1848)



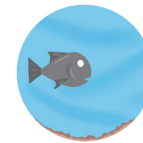
Fuente: fotografías tomadas por Angela N. Torres.

Descripción –

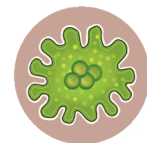
Células cilíndricas cortas o cilíndricas alargadas, rectas y extremos redondeados o truncados; constricción mediana (istmo) poco profunda a veces

presente. Pared celular lisa o con estrías, poros, gránulos o espinas, a veces marrón. Presentan dos, raramente cuatro, cloroplastos por célula, axiales y estrellados, con uno o dos pirenoides axiales. Vacuolas terminales con pequeños cristales en algunas especies. Núcleo en el centro entre los cloroplastos (Guiry & Guiry, 2023).

47



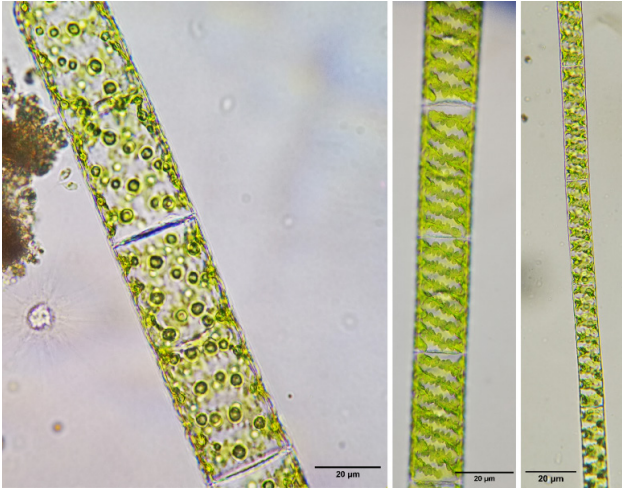
Oligotrófico



Solitaria

Orden Spirogyrales – – Familia Spirogyraceae

Spirogyra (Link, 1820)



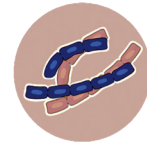
Fuente: fotografías tomadas por Erika J. Benito.

Descripción –

Células cilíndricas y alargadas. La pared celular es bicapa, la capa interna de celulosa y la externa de mucílago que hace que los filamentos sean viscosos al tacto; paredes de los extremos planas y lisas; sin flagelos. Células uninucleadas que pueden presentar de 1-15 cloroplastos por célula en forma de cinta dispuestos helicoidalmente, con muchos pirenoides en forma de disco organizados en serie. Los filamentos citoplasmáticos sostienen el núcleo situado centralmente dentro de la vacuola central (Guiry & Guiry, 2023).



Eutrófico



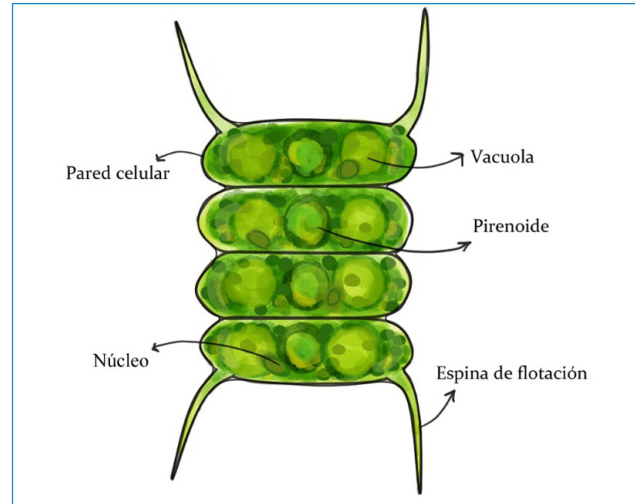
Filamentosa

División Chlorophyta —

Llamadas comúnmente como algas verdes, es el grupo más diverso de algas con más de 7.000 especies y constituyen uno de los principales componentes del fitoplancton. Pueden colonizar hábitats muy variados, y se encuentran en aguas salobres como dulceacuícolas, siendo especies mayormente bentónicas, aunque algunas son planctónicas, dominando el plancton eutrófico (Burgos, 2010).

El color de los plastos es verde, ya que presentan clorofilas “a” y “b” (principal sustancia fotosintética y pigmento), además su reserva energética se produce en forma de almidón; la presencia de estos dos componentes relaciona a esta división con las plantas, lo que indica que estas han evolucionado a partir de las algas verdes dulceacuícolas (Mercado-Reyes & Álvarez-Montero, 2022) (Figura 10).

Figura 10. Estructura morfológica de un individuo del género *Desmodesmus*.



Fuente: ilustración elaborada por Karen L. Álvarez.

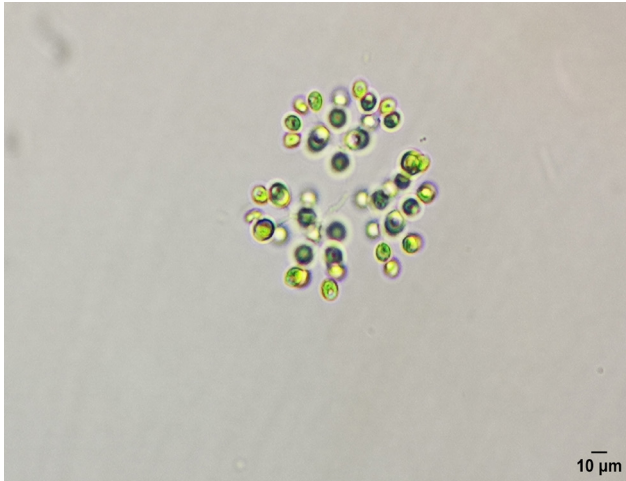


Orden Chlorellales –

– Familia Chlorellaceae

Dictyosphaerium (Nägeli, 1849)

50



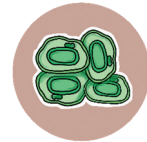
Fuente: fotografía tomada por Angela N. Torres.

Descripción –

Células esféricas a irregulares, con 4-64 células incrustadas en una envoltura común. Células perpendiculares a la superficie de la colonia, unidas a los extremos de finos tallos que emergen del centro de la colonia y se ramifican dicotómicamente o tetracotómicamente. Células esféricas, ovals a elipsoides o cilíndricas. Pared celular típicamente lisa. Células uninucleadas; cloroplastos parietales y en forma de copa, generalmente individuales en células vegetativas, a menudo dos en células maduras o en división; además, presentan un pirenoide por cloroplasto (Guiry & Guiry, 2023).



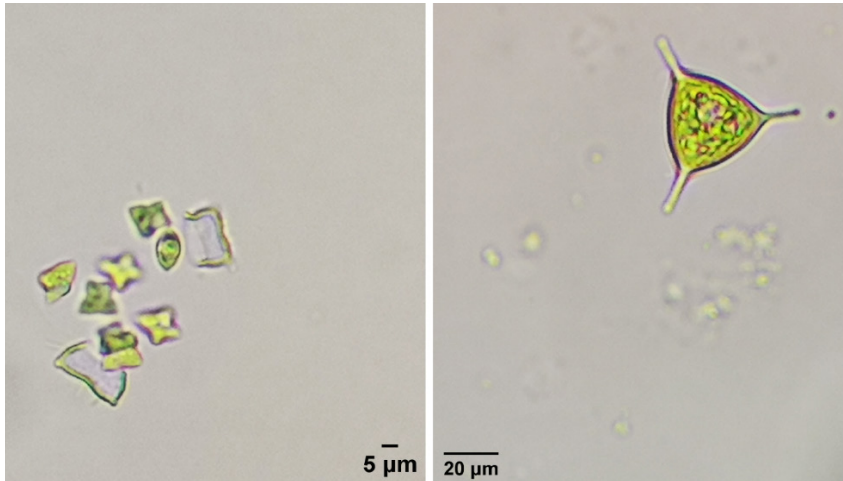
Eutrófico



Colonial

Orden Chlorococcales – – Familia Chlorococcaceae

Tetraedron (Kützing, 1845)



Fuente: fotografías tomadas por Erika J. Benito y Angela N. Torres.

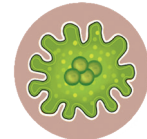
Descripción –

Células aplanadas o triangulares, cuadrangulares o poligonales. La pared celular es finamente granulada, con polisacárido interno y capa acetoresistente externa. La superficie celular de las células jóvenes está provista de una red irregular, que desaparece en las células viejas. Célula uninucleada con centriolos siempre presente; cloroplasto único, llenando completamente la célula; pirenoide único con estroma homogéneo y rodeado por envoltura de almidón (Guiry & Guiry, 2023).

51



Eutrófico

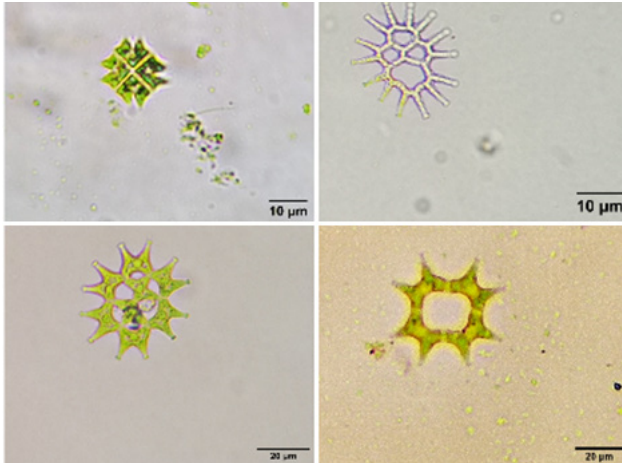


Solitaria

Orden Sphaeropleales — Descripción —

— Familia Hydrodictyaceae

Pediastrum (Meyen, 1829)

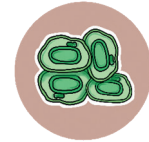


Fuente: fotografías tomadas por Erika J. Benito y Angela N. Torres.

Talo compuesto por cenobios de 4-64 células, dispuestos en una placa plana, circular a oval, de una célula de mayor tamaño. Si tiene 16 células o más, las células tienden a estar en anillos concéntricos; cada anillo con un número definido de células; disco continuo o con perforaciones entre las células. El desarrollo de los anillos depende del comportamiento de la zoospora en la formación coenobial. Células con forma muy variable, típicamente en su interior poliédricas con cuatro a muchos lados; células periféricas similares o con uno o dos procesos en forma de cuerno, y a menudo con cerdas que no se encuentran en las células centrales. Paredes celulares lisas, finamente reticuladas o muy granuladas. Células multinucleadas; cloroplasto difuso simple y parietal; pirenoide uno o más por célula (Guiry & Guiry, 2023).



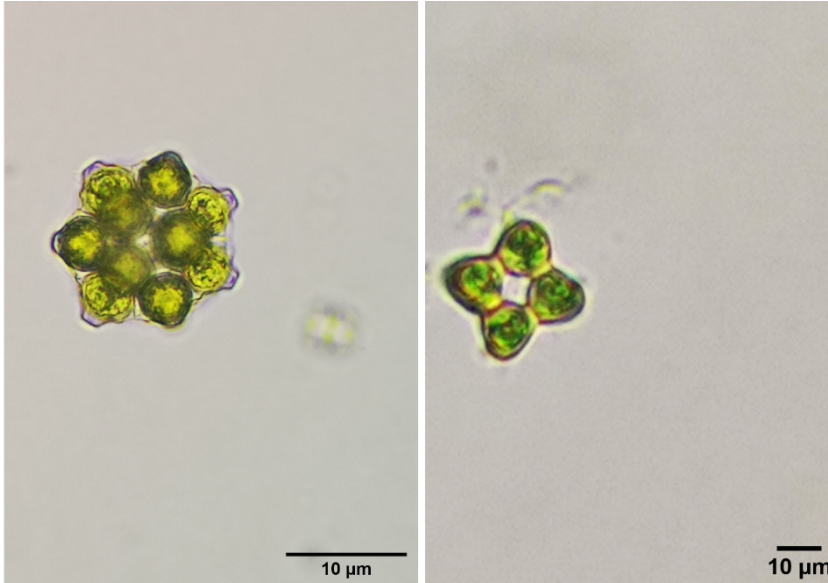
Eutrófico



Colonial

– Familia Scenedesmaceae

Coelastrum (Nägeli in Kützing, 1849)



Fuente: fotografías tomadas por Angela N. Torres.

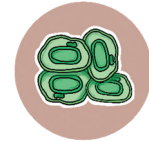
Descripción

Talos formando cenobios de 4, 8, 16, 32 a 64 células, organizados como colonias esféricas, piramidales o cuboides, flotantes. Células más o menos densamente alineadas, pero normalmente con espacios vacíos entre los intersticios de las paredes. Células uninucleadas, globosas, ovoides o piramidales, unidas en los bordes por placas de pared especializadas. Paredes celulares aparentemente lisas, pero pueden tener una superficie arrugada. Presentan un cloroplasto parietal con pirenoide único (Guiry & Guiry, 2023).

53



Eutrófico



Colonial

Desmodesmus ((R.Chodat) S.S.An, T.Friedl & E.Hegewald, 1999)



y las del medio. Células de vida libre unicelulares o cenobios planos de 2, 4, 8 a 16 células colocadas lado a lado, con sus ejes más largos paralelos entre sí. La pared celular es ornamentada con diminutas verrugas o crestas evidentes, presentan espinas o proyecciones en las células extremas o intermedias del cenobio. Tienen un cloroplasto por célula, en la zona parietal, ocupando toda la superficie interna de la célula, y un pirenóide en la parte central de cada célula (Núñez-Avellaneda et al., 2008; Guiry & Guiry, 2023).

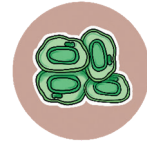
Fuente: fotografía tomada por Angela N. Torres.

Descripción

Células con forma elipsoides u ovoides, que dentro del cenobio pueden tener la misma forma, o presentar diferencias entre las células de los extremos



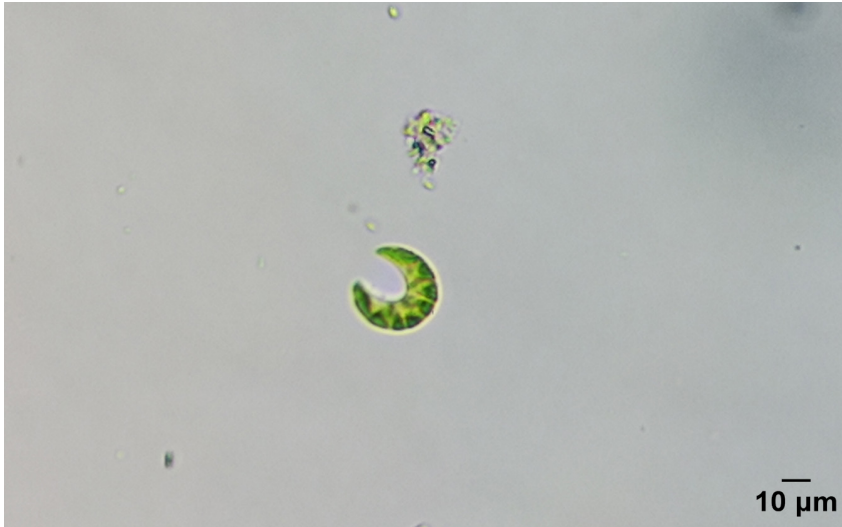
Eutrófico



Colonial

– Familia Selenastraceae

Kirchneriella (Schmidle, 1893)

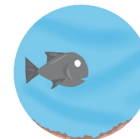


Fuente: fotografía tomada por Angela N. Torres.

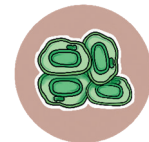
Descripción –

Talos microscópicos con 2, 4, 8 a 64 células dispersas en una envoltura mucilaginosa homogénea. Células cilíndricas, lunadas, falciformes, fusiformes retorcidas o retorcidas en espiral, con paredes celulares lisas. Células uninucleadas; cloroplasto simple y parietal, pirenoides 1-4 por célula (Guiry & Guiry, 2023).

55



Oligotrófico



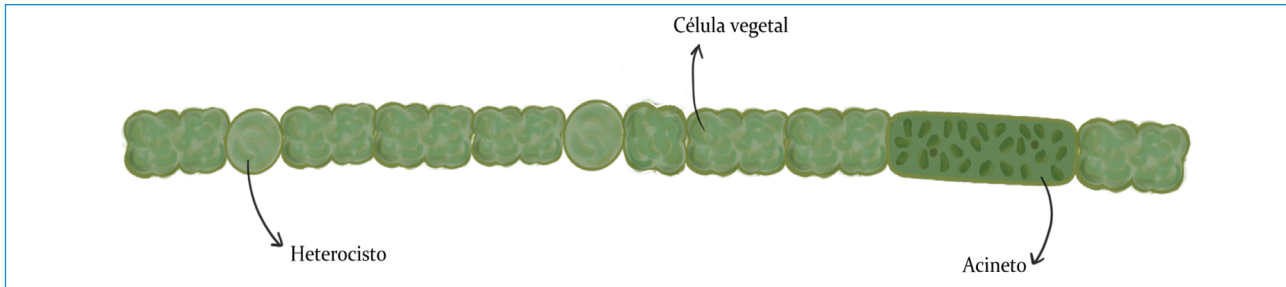
Colonial

División Cyanophyta —

Algas procariotas primitivas sin núcleo diferenciado, denominadas como algas verde-azules, cianofíceas, cianofitas comúnmente cianobacterias (Burgos, 2010), cuya distribución es muy amplia, ya que se pueden encontrar desde una forma unicelular o en colonias (Figura 11). Su estructura les permite adaptarse a diferentes sistemas ya sean agua dulce, salobre, son capaces de soportar sistemas extremos como lo son aguas termales, árticos y desiertos. En su metabolismo de función contienen pigmentos clorofila (a y b) adicionalmente pigmentos como c-ficocianina, aloficocianina, c-ficoeritrina, β -carotenos y xantofilas (Nuñez-Avellaneda, 2008). Al igual que las plantas, producen oxígeno en el proceso fotosintético. Algunas cianobacterias tienen en su mecanismo de función toxinas que les permiten protegerse de los depredadores como el zooplancton (Burgos, 2010).

56

Figura 11. Estructura morfológica de un individuo del género *Anabaena*

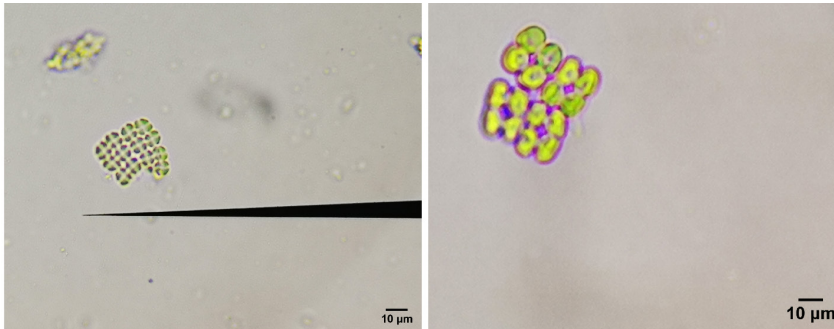


Fuente: ilustración elaborada por Karen L. Álvarez.

Orden Chroococcales –

– Familia Merismopediaceae

Merismopedia (Meyen, 1839)



Fuente: fotografías tomadas por Angela N. Torres.

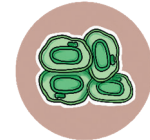
Descripción –

Colonias unicelulares, de vida libre, flotantes, particularmente tabulares, planas, irregulares, solitarias o coloniales, de forma cuadrada, rectangular o esféricas; dispuestas en una capa mucilaginosa, homogénea e incolora en

algunos casos imperceptibles, distribuidas en hileras perpendiculares formando cuadrantes planos de 2-4 a 4-16 células. Algunas especies pueden llegar a contener hasta 4.000 células. Interior celular homogéneo, no granuloso; sin embargo, algunas presentan aerotopos específicamente las especies planctónicas (Komárek & Johansen, 2015).



Mesotrófico



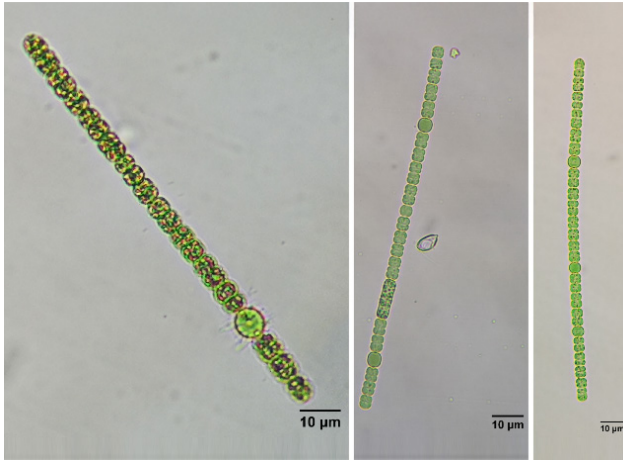
Colonial



Orden Nostocales –

– Familia Aphanizomenonaceae

Anabaena (Bory ex Bornet & Flahault, 1886)



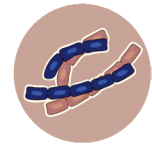
Fuente: fotografías tomadas por Erika J. Benito y Angela N. Torres.

Descripción –

Células cosmopolitas bentónicas que crecen sobre sustratos naturales, artificiales o en suelos. Filamentosas lisas o retorcidas, de color verde azulado a verde oliva, comúnmente se encuentran solitarias o en agrupaciones libres en racimos enmarañados formando tapetes macroscópicos sobre el sustrato. En ocasiones con constricciones en las paredes, recubiertas de una capa incolora mucilaginosa. Las células que componen el filamento se pueden apreciar de forma elipsoidal, esféricas, subesféricas, al carecer de flagelos en su interior contienen vacuolas de gas. Se evidencia la presencia de dos tipos de células diferenciadas de forma intercalada en un tricoma desarrollado: 3-9 heterocisto, acinetos (esféricos, ovalados o cilíndricos) normalmente desarrollados seguidos del heterocisto (Guamán & González, 2016).



Eutrófico

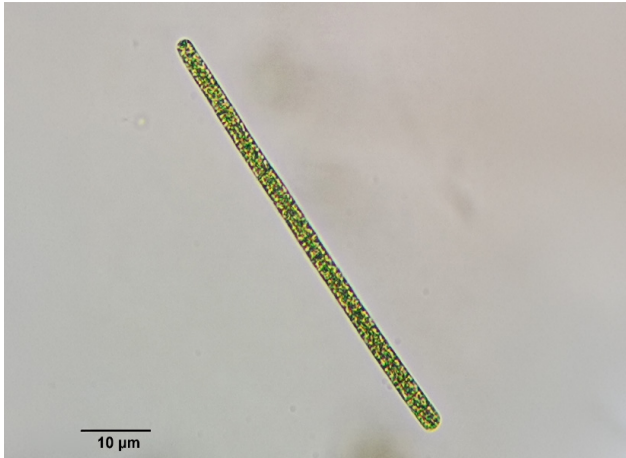


Filamentosa

Orden Oscillatoriales —

— Familia Oscillatoriaceae

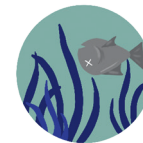
Oscillatoria (Vaucher ex Gomont, 1892)



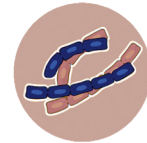
Fuente: fotografía tomada por Angela N. Torres.

Descripción —

Células cortas, filamentosas, discoidales, formando tricomas dispuestos en línea recta o curva, usualmente más largas que anchas. Su estructura cuenta con células apicales redondeadas convexas cuya pared suele ser más engrosada que las demás y no presentan heterocistos, acinetos, aerotopos. Su coloración varía de tonalidades verde-azul, verde oliva, verde pardusco o marrón, con aspecto granuloso principalmente en las paredes transversales y en la unión entre segmentos (Komárek & Johansen, 2015).



Eutrófico



Filamentosa

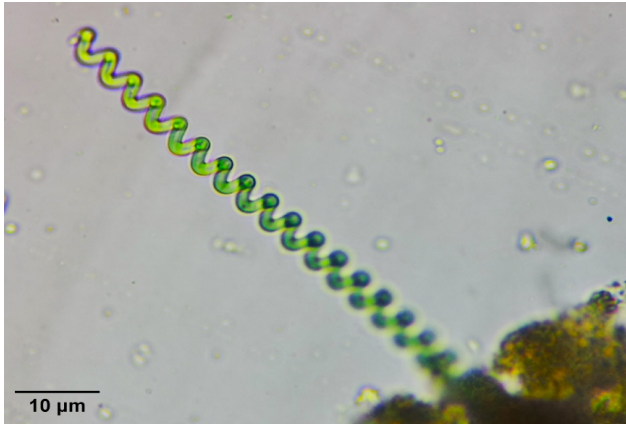


Orden Spirulinales –

–Familia Spirulinaceae

Spirulina (Turpin ex Gomont, 1892)

60



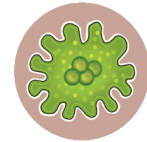
Fuente: fotografía tomada por Erika J. Benito.

Descripción –

Células más largas que anchas, verde-azules, filamentosas, no ramificadas, rara vez flotando de forma libre, tricomas enrollados en forma de espirales cilíndricas, con células terminales redondeadas cuyos septos son poco diferenciados, sin paredes engrosadas, heterocistos, aerotopos y acinetos ausentes. Generalmente, son macroscópicamente visibles, formando mantos en el sustrato cuando están en racimos. Se desplazan en la columna de agua mediante movimientos giratorios (Werner et al., 2015).



Eutrófico



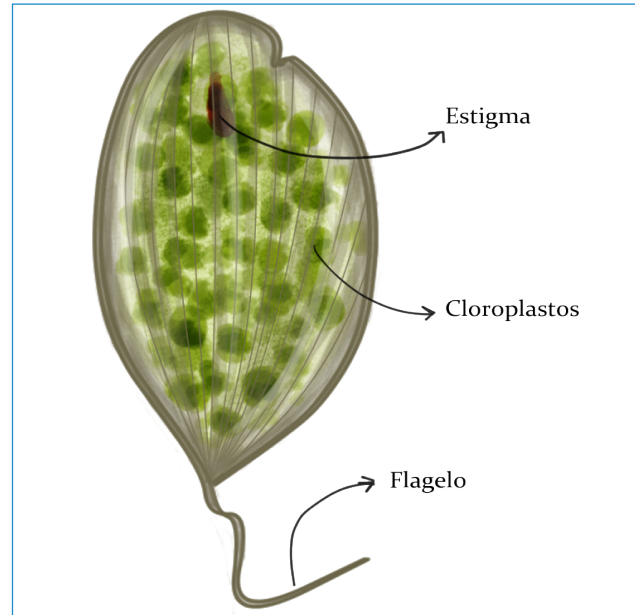
Solitaria

División Euglenophyta —

Células unicelulares, fotoautotrofas y heterotróficas, con paralmidón como sustancia de reserva; habitan en el fitoplancton, ticoplancton y algunas son epifitas, prefieren aguas con alta concentración de materia orgánica y sales de amonio, además de ambientes con alta densidad de vegetación. Presentan como pigmentos las clorofilas a y b, neoxantinas, β -carotenos, diadinoxantinas, equinenona, entre otros. Su nivel de organización varía desde células solitarias hasta coloniales (Núñez-Avellaneda, 2008).

Células de forma muy variada como ovoide, piriforme, acorazonada, entre otras, móviles, con presencia de dos flagelos, algunos géneros no presentan pared celular o sus células están rodeadas de periplasto debajo de la membrana, lo cual, les confiere mayor flexibilidad para cambiar de forma y realizar el movimiento euglenoideo, el cual es característico de esta división (Figura 12). Presentan una mancha roja llamada estigma, el cual se encuentran en el flagelo, presentan numerosos cloroplastos y pirinoides (Núñez-Avellaneda, 2008).

Figura 12. Estructura morfológica de un individuo del género *Phacus*.



Fuente: ilustración elaborada por Karen L. Álvarez.



Orden Euglenales – – Familia Euglenaceae

Euglena (Ehrenberg, 1833)



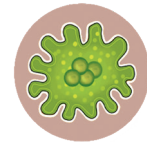
Fuente: fotografía tomada por Angela N. Torres.

Descripción –

Células comúnmente de color verde brillante; sin embargo, existen especies recubiertas de un pigmento llamado hematocromo lo que las hace tornar de color marrón-rojizo. Estas son células flageladas, comúnmente de forma alargada, fusiforme, ovalada o cilíndricas, su parte posterior cuenta con cuello atenuado y estrecho, poseen dos flagelos uno más corto que el otro, originados de una invaginación cuyo flagelo largo es muy móvil y puede ser visible; caso contrario ocurre con el flagelo corto que termina en la hendidura basal de la célula. Poseen un estigma (fotorreceptor) que varía de color naranja oscuro a rojo intenso. Todas las especies son fotoauxotróficas, algunas facultativamente heterótrofas, ninguna fagotrófica; cada célula está recubierta por una capa de mucílago secretada por los cuerpos mucíferos subpeliculares (Vallejos & Cabral, 2014).



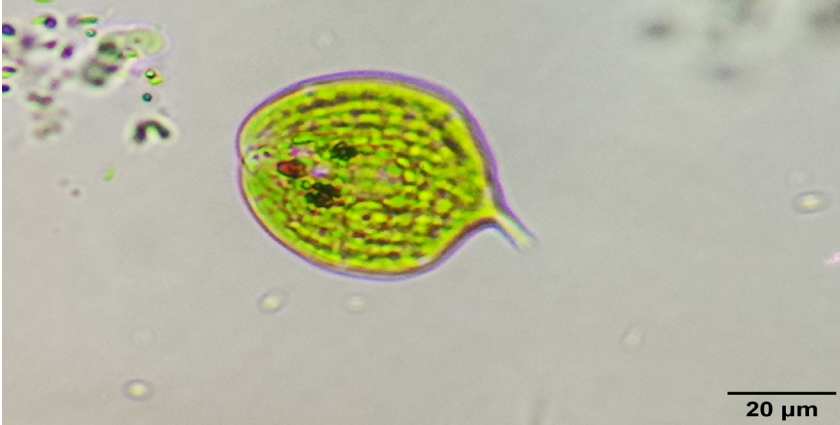
Eutrófico



Solitaria

—Familia Euglenaceae

Phacus (Dujardin, 1841)

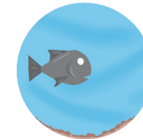


Fuente: fotografía tomada por Angela N. Torres.

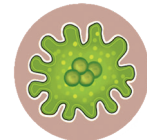
Descripción

Células flageladas, planas o ligeramente comprimidas, con forma de hoja, redondeadas, elípticas, en ocasiones suele tener torciones a lo largo del eje

longitudinal, membrana o película que a menudo presentan estrías, es decir, pliegues que se extienden a lo largo de la célula. Algunas especies poseen una espina en la parte posterior, y en la parte anterior en la base tiene una pequeña invaginación de donde surge flagelo. Cloroplastos generalmente discoides, pequeños y numerosos, generalmente sin pirenoides; sin embargo, unas pocas especies tienen cloroplastos grandes y planos con pirenoides. Cuenta con mancha ocular roja muy visible relativamente cerca de la base del flagelo (Vallejos & Cabral, 2014).



Oligotrófico



Solitaria



— Familia Phacaceae

Lepocinclis (Perty, 1849)



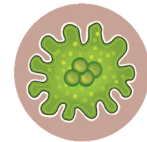
Fuente: fotografía tomada por Angela N. Torres.

Descripción

Células flageladas, cuya forma varía, siendo estas esféricas, ovoide o elipsoidal. El extremo de la parte anterior es redondeado o con ápice caudal. Frecuentemente, presentan una prolongación en forma de espina en la parte posterior. Cloroplastos pequeños, discoides, sin pirenoides. Presencia de uno o dos anillos grandes y retráctiles ubicados en la periferia. Las células de este género se encuentran recubiertas por una película o membrana que es rígida y transparente, además se evidencian surcos o estrías curvas que las diferencian de los demás géneros: estas estrías son longitudinales y pueden estar en disposición levógira (hacia la izquierda) o dextrógira (hacia la derecha). Los organismos de este género se encuentran, principalmente, en aguas dulces como estanques, lagos, lagunas; sin embargo, también se han registrado especies en hábitats salobres (Núñez-Avellaneda, 2008).



Eutrófico



Solitaria