

CAPÍTULO 3

LOS QUE SABEN DE FOTOSÍNTESIS. ORGANISMOS AUTÓTROFOS ACUÁTICOS

Los sistemas acuáticos continentales están por lo general expuestos a variadas cantidades de radiación solar y, por ende, no es una sorpresa que los seres vivos fotosintéticos hayan colonizado estos entornos. De hecho, es en este tipo de ambientes, en los bordes pantanosos de ríos o humedales, que se originaron las primeras plantas (según la evidencia fósil actual). En los ambientes acuáticos continentales los organismos fotosintéticos obtienen en abundancia dos de los recursos más necesarios para su supervivencia: la luz solar y el agua. Dos grupos principales de seres vivos que hacen fotosíntesis se destacan dentro de los ecosistemas acuáticos: las algas y las plantas. Las algas viven principalmente en el agua, tanto en la superficie (*plancton*) como en el lecho (*bentos*) de ríos, arroyos, etc., aunque también pueden encontrarse adheridas a rocas o suelo de la ribera. Por otro lado, las plantas pueden dividirse en dos grupos: las llamadas *macrófitas* o plantas acuáticas, que viven sumergidas o semi-sumergidas en los márgenes de ríos, lagos o humedales; y las plantas de ribera, que conforman la vegetación terrestre al lado de los ambientes acuáticos y que, por lo tanto, se ven influenciadas por su cercanía al agua y por atravesar periodos de inundación regulares.

Algas

Resulta difícil definir a este grupo dado que corresponde a un conjunto sumamente variable cuyos integrantes difieren notablemente en tamaño, forma, estructura celular, metabolismo, ciclos de vida, hábitats, entre otras. El término “algas” está desprovisto de significado *taxonómico* y no corresponde a ninguna categoría, es un término colectivo.

Asimismo, los especialistas en ficología (disciplina que estudia las algas) las definen como organismos talófitos (sin raíces, ni tallos, ni hojas), sin tejidos vasculares, con clorofila como pigmento principal, con células reproductivas (*esporas*, *gametas*) no protegidas por células estériles (excepto en un grupo dentro de las algas verdes que corresponde a las Charophyceae) (Lee 2008)

Clasificación

Las algas pueden agruparse en relación a su nivel celular, es decir se pueden dividir en algas *procariotas* y *eucariotas*, con sus respectivas características de ultraestructura celular. Es así que los especialistas diferencian un grupo procariota constituido por las cianobacterias o algas verdeazula-

das (ver Fig. 1, A-E), y cinco grupos de algas eucariotas: Algas verdes (ver Fig. 1, F-L), algas rojas, diatomeas (ver Fig. 2, E-K), dinoflagelados (ver Fig. 2, C-D) y euglenoides (ver Fig. 2, A-B) (Ver figuras al final del Capítulo).

A continuación, se describen las características básicas de cada grupo algal:

Algas verdeazuladas o cianobacterias (Fig. 1 A - E): El término “cianobacterias” las relacionan más a las bacterias (procariotas) que a las algas eucariotas, pero se diferencian de éstas por la presencia de clorofila a (las cianobacterias no poseen *bacterioclorofila*). Las cianobacterias se hallan ampliamente distribuidas en la naturaleza: en aguas dulces, salobres, termales, marinas, suelo, plantas. Unas pocas especies viven en simbiosis con briofitas, helechos y cicadales; algunas se encuentran como componentes fotótrofos de los líquenes. Tienen una gran capacidad de adaptabilidad en ambientes extremos y muchas de ellas han desarrollado mecanismos de protección contra la desecación. Poseen sólo clorofila a, la cual en general está enmascarada por pigmentos azules y rojos.

Las algas verdeazuladas son consideradas los primeros organismos fotótrofos productores de materia orgánica y liberadores de oxígeno y responsables del cambio de la atmósfera terrestre desde condiciones anóxicas a la actual oxigénica.

Algas verdes (Fig. 1 F - L): la mayoría de las especies (90%) son acuáticas y sobre todo de agua dulce, aunque también hay marinas y de suelo. Crecen en un amplio rango de salinidad y contenido en nutrientes, variando desde aguas continentales oligotróficas (con baja carga de nutrientes) a eutróficas (ambientes con elevada concentración de nitrógeno y/o fósforo). Las especies de agua dulce son en gran parte microscópicas, mientras las marinas poseen talo vegetativo macroscópico. La clorofila, la mayoría de las veces, no está enmascarada por pigmentos accesorios por lo cual su coloración es verde bien notorio. Presentan clorofila a y b, y carotenos. Tienen al menos un cloroplasto, aunque varían en número y forma. Cuentan con una gran variedad de tipos morfológicos.

Algas rojas: es el grupo mejor representado en el ambiente marino por su elevado número de especies. Los géneros de agua dulce son escasos, y en general son de menor tamaño que los marinos, se los encuentra en sistemas acuáticos bien oxigenados y prístinos. Las formas marinas pueden estar a grandes profundidades (más de 200 m), esta adaptación es debido a la presencia de pigmentos accesorios. Los de mayor tamaño están en regiones frías, mientras que en mares tropicales dominan formas filamentosas. Presen-

tan clorofila a y d enmascarada por pigmentos accesorios hidrosolubles. La pared celular está formada, en parte, por un mucilago que se extrae y se emplea en la industria alimenticia en la fabricación de gelatinas y espesantes.

Euglenoides (Fig. 2 A - B): son frecuentes en aguas estancadas, ricas en materia orgánica, contaminadas por animales o restos de hojarasca. La mayoría son formas unicelulares flageladas. Los cloroplastos contienen clorofila a y b, a lo que se debe su color verde brillante. Los pigmentos accesorios (β -carotenos y xantofilas) no enmascaran a la clorofila.

Dinoflagelados (Fig. 2 C - D): en el mar, luego de las diatomeas, ocupan el segundo lugar como productores de materia orgánica. Así, representan una fuente importante de alimento para las poblaciones de herbívoros. Los dinoflagelados endosimbiontes son importantes ecológicamente y esenciales en la formación y existencia de corales. Constituyen una parte importante del plancton marino y de agua dulce, pero con una variedad mayor en el mar. La mayoría son unicelulares y flagelados. Poseen clorofila a y c2. La clorofila se encuentra enmascarada por pigmentos accesorios amarillos y marrones. En ambientes marinos son los productores de las mareas rojas que resultan muy perjudiciales dado que estos dinoflagelados pueden producir *toxinas* que afectan a las cadenas tróficas y a la industria pesquera. En ecosistemas acuáticos continentales pueden generar blooms o *floraciones* no tóxicas pero que ocasionan serios inconvenientes en la dinámica ecológica de estos ambientes.

Diatomeas (Fig. 2 E - K): son muy abundantes y, probablemente, los organismos eucariotas más numerosos. Debido a su pared muy resistente, tienden a acumularse en sedimentos, conocidos como diatomitas, con diferentes usos en la industria. Están en el mar y en agua dulce, formando parte del plancton, *bentos*, sobre plantas y animales. Se encuentran en todos los medios acuáticos o simplemente húmedos. Constituyen excelentes indicadores biológicos por su sensibilidad. Lo característico en este grupo es la impregnación de la pared celular con sílice. La pared es multipartita, formada esencialmente por dos grandes unidades o *valvas*. Poseen clorofila a, c1 y c2, carotenoides y diversas xantofilas que le dan el color dorado-pardo característico.

Importancia de las algas en los sistemas acuáticos

Las algas, productores primarios en los ambientes acuáticos, participan intensamente en los ciclos biogeoquímicos que son responsables del movimiento e intercambio de materia y energía entre la atmós-

fera, la hidrósfera, la litósfera y la biósfera. Estos ciclos involucran procesos que incluyen la captura, transferencia y liberación de elementos inorgánicos (en algunos casos orgánicos) en formas biodisponibles. Se puede considerar a la fotosíntesis algal como una “bomba biológica de carbono” que ayuda a mitigar el efecto invernadero, transportando el carbono desde la atmósfera hacia las aguas profundas y sedimentos de los sistemas acuáticos.

En los ríos, las algas intervienen de manera directa en los ciclos de nutrientes, obteniéndolos del sustrato y del agua. De esta manera son consideradas las principales captadoras de nitrógeno y fósforo en los sistemas acuáticos. Otra característica importante es que se las considera excelentes bioindicadores, y se han desarrollado una gran variedad de índices basados en algas que permiten inferir el estado ecológico de diversos ecosistemas.

Plantas acuáticas o macrófitas

Una variada cantidad de especies de plantas con flores y helechos han desarrollado adaptaciones a la vida acuática en humedales, lagos, lagunas, ríos y arroyos. Este variado grupo es el que, en limnología, solemos denominar plantas macrófitas o acuáticas. Estas plantas viven generalmente semi-surgidas en los márgenes de los ambientes acuáticos mencionados y poseen adaptaciones como tejido de tipo aerénquima (con espacios intercelulares llenos de aire), órganos flotadores, reproducción asexual, entre otros, que les otorgan ventajas para vivir en estos ambientes. Estas plantas tienen una gran importancia en los ambientes acuáticos donde viven ya que proveen de alimento y hábitat a muchas otras especies de fauna y microorganismos. En sus raíces suelen refugiarse insectos, renacuajos y peces y las especies depredadoras también se esconden allí para atrapar presas. Son, por lo general, más abundantes en los grandes ríos de llanura o humedales que poseen una corriente más lenta y estable, lo que les permite enraizar y sostenerse más tiempo. El camalote (*Eichhornia crassipes*) o el nenúfar (*Victoria amazonica*) son algunas de las especies más conocidas y emblemáticas de los humedales y ríos del litoral argentino y del pantanal, respectivamente.

Bosques de ribera

Los bosques de ribera son considerados una interfaz entre ecosistemas terrestres y acuáticos y están entre los ambientes más amenazados, tanto por la deforestación como por el cambio climático (Capon y col.

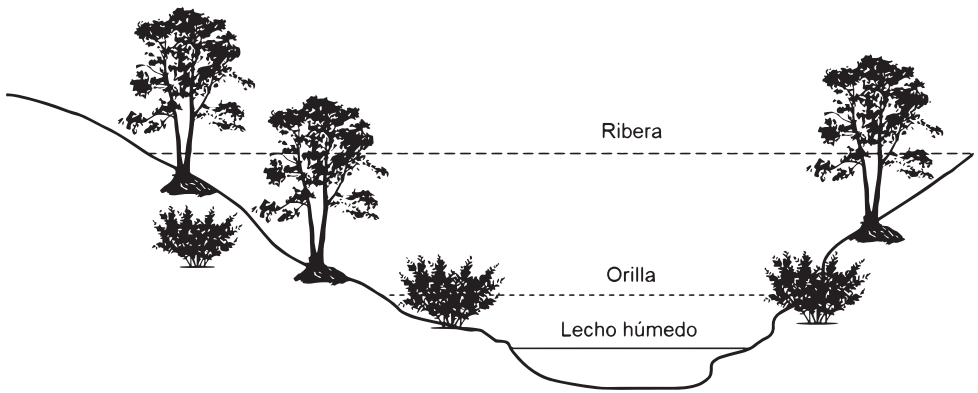


Fig. 3. Esquema que representa la ubicación de la vegetación de ribera en relación al ambiente acuático.

2013). De acuerdo con Naiman y col. 2005, los bosques de ribera se definen como la vegetación leñosa directamente adyacente a ríos y arroyos. Estos bosques se extienden lateralmente desde el lecho húmedo hasta zonas más elevadas, incluyendo áreas de inundación y las terrazas inmediatas (Fig. 3). Esta interfaz tierra-agua posee una gran importancia debido a la variedad de beneficios ecosistémicos que provee y las funciones ecológicas que cumple.

Las plantas que crecen en las riberas aportan materia orgánica a los ambientes acuáticos, ya que cuando sus hojas o troncos caen y llegan al agua quedan disponibles para que organismos herbívoros o descomponedores los consuman y sus compuestos ingresen al ciclo de nutrientes acuático. Por otro lado, el sombreado que generan los bosques ribereños modera la temperatura del agua. La vegetación de ribera regula la entrada excesiva de nutrientes y contaminantes desde los campos aledaños, funcionando como un filtro que retiene estos compuestos en el suelo, lo que protege al agua. Otro rol importante de la vegetación es estabilizar los márgenes de ribera, ya que al formar un entramado más complejo de raíces en el suelo permite que la erosión sea menor. Además, proveen otros beneficios como almacenamiento de carbono, lo cual colabora en la regulación del efecto invernadero y del clima; y también proveen de hábitat y corredores biológicos a muchas especies de fauna, como aves, mamíferos, reptiles, anfibios, insectos, entre otras (Pokrousky 2016).

A pesar de la importancia ecológica de la vegetación de ribera y de los beneficios que provee, estos ambientes se encuentran entre los ecosistemas más modificados en la actualidad. En las regiones subtropicales de la Argentina, los bosques pedemontanos y de llanura han sido diezmos. En el año 1986, los bosques ocupaban un 62% de las riberas de la llanura de Tucumán ; y en el año 2010 pasaron a ocupar un 40% de estas zonas, luego de que alrededor de 24000 ha de estos bosques (principalmente bosque seco) hayan sido transformadas a agricultura (Díaz Gómez & Gasparri 2017, Pero y col. 2020). Paradójicamente, en la actualidad muchas de esas zonas transformadas están sufriendo serios problemas de inundación en las épocas lluviosas o de erosión de márgenes y campos adyacentes. Una vía de solución posible a estos problemas es la restauración ecológica de la vegetación de ribera. El objetivo de este proceso es recuperar la estructura, funcionamiento, diversidad y dinámica del ecosistema especificado. Para poder cumplir con ello es fundamental conocer las características de ecosistemas de referencia que se encuentren en buenas condiciones ecológicas y también de los ecosistemas dañados, para eso existen índices de calidad que permiten evaluar y monitorear el estado de los ecosistemas de ribera. Un índice ampliamente difundido y adaptado a diferentes regiones de nuestro país es el índice QBR (Qualitat del Bosc de Ribera, Munné y col. 1998) por su origen catalán, y que en español significa “Calidad del Bosque de Ribera”. A través de este índice podemos clasificar a los bosques de ribera según distintas categorías de calidad (pésima, mala, aceptable, buena y muy buena) y de esta forma saber cuál es su estado ecológico. Todas estas son algunas de las herramientas que podemos utilizar para cuidar y recuperar los bosques de ribera y por ende nuestros ambientes acuáticos también.

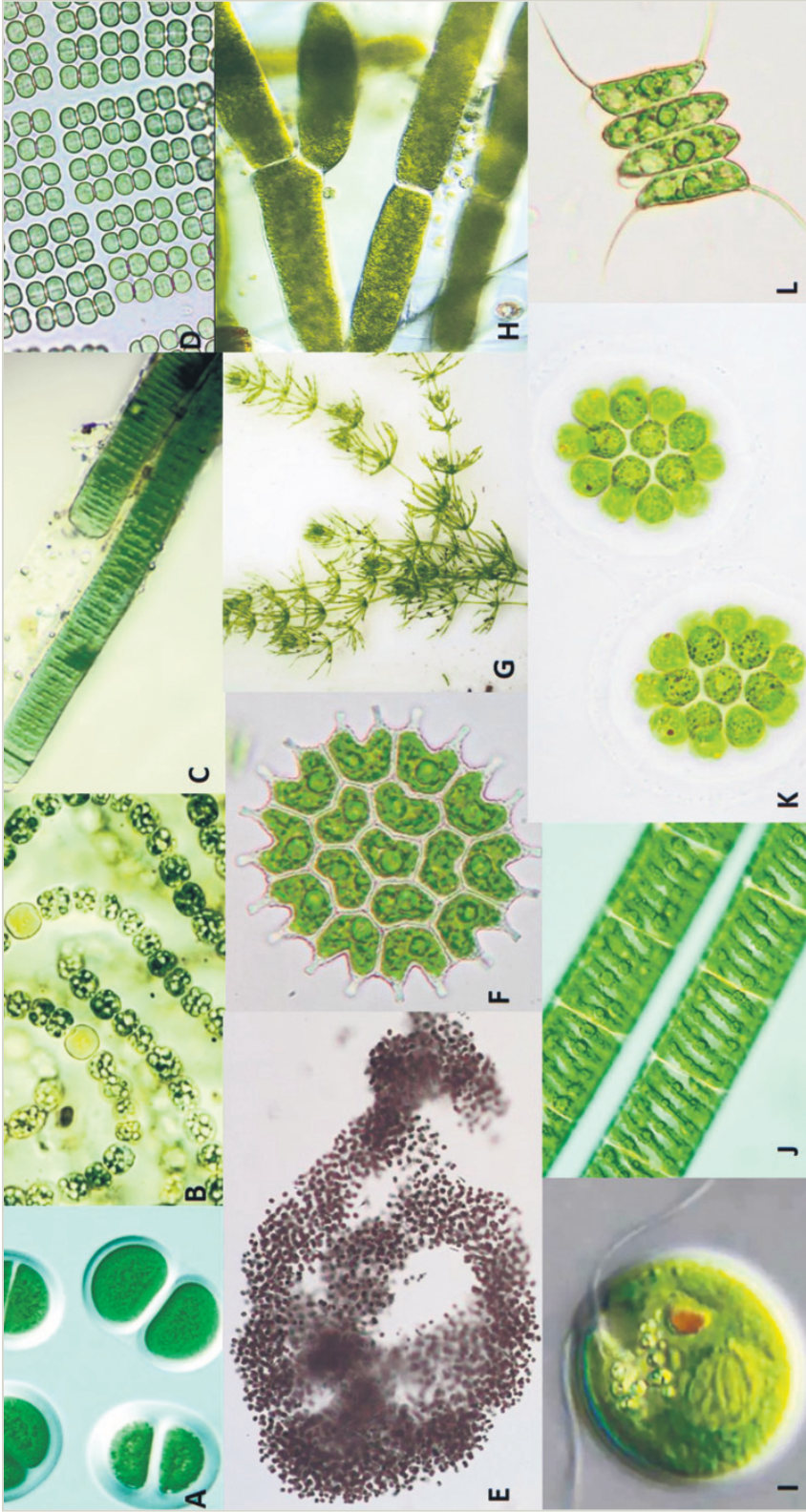


Fig. 1: Algunos ejemplos de algas de agua dulce: A-E: Algas verdeazuladas: A: *Chroococcus* sp., B: *Dolichospermum* sp., C: *Lyngbya* sp., D: *Merismopedia* sp. y E: *Microcystis* sp. F-L: Algas verdes: F: *Pedicularia* sp., G: *Chara* sp., H: *Cladophora* sp., I: *Chlamydomonas* sp., J: *Spirogyra* sp., K: *Pandorina* sp., L: *Desmodesmus* sp.

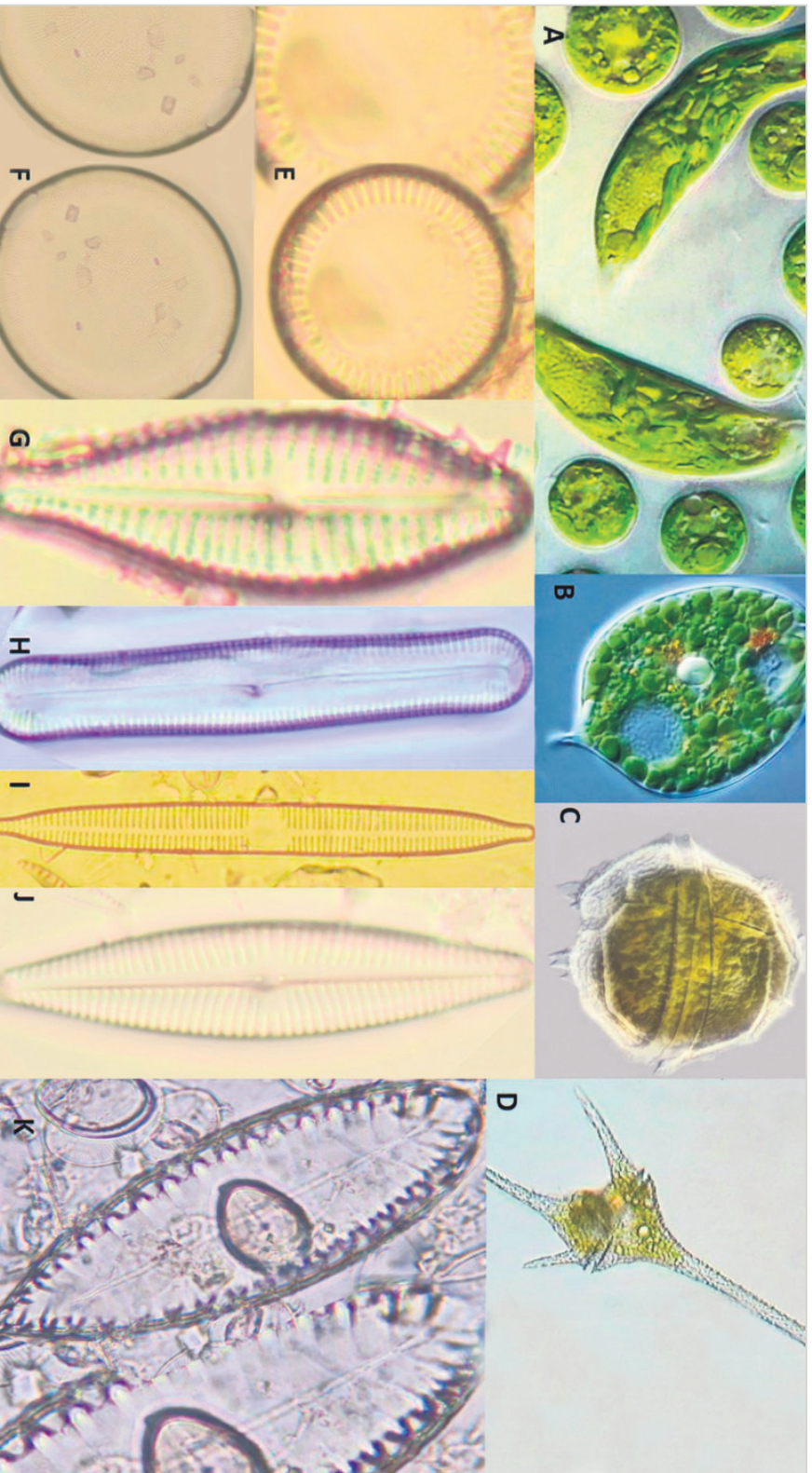


Fig. 2: A y B: *Euglenoides*: A: *Euglena* sp. B: *Phacus* sp. C y D: *Dinoflagelados*: C: *Peridinium* sp. D: *Ceratium* sp. E-K: *Diatomeas*: E: *Cyclotella* sp., F: *Pleurosira* sp., G: *Gomphonema* sp., H: *Pinnularia* sp., I: *Ulnaria* sp., J: *Navicula* sp., K: *Iconella* sp.



TÍTULO/TEMA

Los que saben de fotosíntesis. Organismos autótrofos en los ambientes acuáticos: ¿Qué podemos encontrar?: algas.

OBJETIVO/INTENCIÓN PEDAGÓGICA

Proveer las bases conceptuales y metodológicas referentes a las algas, abordadas desde una visión holística. Reconocer sus características morfológicas, micro y ultraestructurales y funcionales, destacando las algas de agua dulce del NOA.

CONTENIDO

Organismos Autrótofos en los ambientes acuáticos.

MATERIALES NECESARIOS

■ **Proyector multimedial:** se puede incorporar material audiovisual (mediante el uso de PPT y videos).

■ **Material de laboratorio:** muestras y preparados microbiológicos vivos y permanentes (muestras de suelo y de agua de diversas fuentes: charcas, ríos, lagunas, fuentes, etc.), frascos de plástico, cucharas, porta y cubreobjetos, pipetas de plásticos, lupas de mano, entre otros.

■ **Material óptico:** microscopios ópticos y lupas estereoscópicas.

■ Cuaderno y lápiz, lápices de colores (o felpas o crayones), plastilina de colores azul, verde, marrón y gris.

DESARROLLO SECUENCIAL, PROCEDIMENTAL Y TIEMPO ESTIMADO

■ **Apertura y organización:** presentación de los objetivos del tema "Algas". Desarrollo de los contenidos, destacando características diagnósticas y ejemplos de agua dulce y particularmente del NOA, mediante el uso de PPT y videos. Se incluyen preguntas reflexivas y problemas como parte de la presentación. Breve explicación de cómo se trabajará y de lo que se observará. Disposición en grupos de alumnos para realizar la parte práctica. Duración 30 minutos.

■ **Procesamiento y análisis:** salida a tomar muestras en caso de ser posible (alrededor del establecimiento educativo o en alguna fuente de agua cercana), también se les puede pedir a los alumnos que lleven muestras de agua que encuentren cerca de su domicilio. Observación en microscopio óptico o con lupas del material colectado, descripción y esquematización de los ejemplos de algas de agua dulce, diferenciar y clasificar los distintos grupos y sus características principales. Duración: 180 minutos.

■ **Integración y síntesis:** intercambio de ideas, puesta en común del material observado, realización de un cuadro comparativo, rotulación de los esquemas y dibujos. Repaso de las ideas y características principales y fijación de conceptos. Duración: 30-45 minutos.



■ **Aplicación y desarrollo:** realización de un informe del práctico, con los pasos detallando lo observado y los procedimientos. Duración: 30 minutos. Este tema puede desarrollarse en 3-4 clases.

Bibliografía sugerida:

Curtis, H. & Barnes, N.S. 2000. Biología. 6ª edición. Panamericana editorial. 1491 pp.

De Robertis, E. Hib, J. & Ponzio, R. 2012. Biología Celular y Molecular. 16ª ed. Ed. Promed.

Madigan, M.T., Martinko, J.M., Bender, K., Buckley D. & Parker, J. 2016. Brock. Biología de los Microorganismos. 14ª ed. Ed. Pearson. 1200 pp.

■ **Links videos de algas**

Euglenoides:	https://www.youtube.com/watch?v=4-FbcNfJKaE
Diatomeas:	https://www.youtube.com/watch?v=-6XH4DeQSvw https://www.youtube.com/watch?v=tMQWCs9ARCE
Dinoflagelados:	https://www.youtube.com/watch?v=goR-IatJxQQ
Algas verdes:	https://www.youtube.com/watch?v=iNXTSxPZFOU

EVALUACIÓN

Dos opciones de evaluación

■ Presentación de un informe sobre lo observado y que completen un cuadro comparativo que resuma y resalte las características más importantes de los grupos algales observados.

■ Elaboración de una monografía sobre la importancia ecológica, en bioindicación y biotecnológica de los grupos algales, lo que implica una búsqueda activa y orientada de datos e informaciones de distintas fuentes (lecturas, búsqueda en internet, consulta a especialistas, etc.). Este punto sugerido se adecua a grupos etarios de secundaria.

PROPUESTAS-SUGERENCIAS PARA LA CONTINUIDAD DE ESTOS "APRENDERES" (Y POSIBLE ARTICULACIÓN CON OTROS ESPACIOS CURRICULARES)

■ Análisis final con el planteo de nuevas preguntas de los alumnos, aplicación en la región y exposición de nuevas ideas sobre el tema.

■ Se puede articular con la asignatura Geografía, al estudiar los diferentes territorios y zonas y los cuerpos de agua que se pueden encontrar y su biota asociada.

■ Asimismo, se puede trabajar en la importancia del agua con diferentes asignaturas: el bien agua para el uso/consumo humano y biótico y desde el punto de vista de la biodiversidad que habita esos sistemas.

■ Planteo de abordaje de algunos aspectos en la feria de ciencias.