

Fitobentos



Abel **Sentías**

María Luisa
Núñez Resendiz

Dalila
Fragoso Tejas

Kurt M. **Dreckmann**



Fitobentos

Abel **Sentíes**

María Luisa **Núñez
Resendiz**

Dalila
Fragoso Tejas

Kurt M. **Dreckmann**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Dr. José Antonio De los Reyes Heredia
Rector General

Dra. Norma Rondero López
Secretaria General

UNIDAD IZTAPALAPA

Dra. Verónica Medina Bañuelos
Rectora de la Unidad

Dr. Javier Rodríguez Lagunas
Secretario de la Unidad

Dr. José Luis Gómez Olivares
Director de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Dr. Juan José Ambriz García
Coordinador de Extensión Universitaria

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

Primera Impresión 2024

ISBN: 978-607-28-3320-3

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA

Av. Ferrocarril San Rafael Atlixco, Núm. 186 Col. Leyes de Reforma 1a. Sección
Alcaldía Iztapalapa C.P. 09310, CDMX. Tel.: 58044600

Impreso y hecho en México/*Printed in Mexico*

Índice

Prólogo.....	5
Práctica 1. Algas verdes-azules.....	7
Práctica 2. Algas rojas.....	11
Práctica 3. Algas verdes.....	17
Práctica 4. Algas pardas.....	21
Práctica 5. Pastos marinos.....	25
Práctica 6. Manglares.....	31
Práctica 7. Tulares, Popales y Carrizales.....	39
Práctica 8. Macrofitas de agua dulce.....	45
Bibliografía básica.....	51

Prólogo

Dentro del gran grupo de eucariontes fotosintéticos están agrupados un conjunto de organismos, de naturaleza muy diversa, que comparten numerosas semejanzas en su organización morfológica y funcional, procesos reproductivos, ambientes e intervalos de distribución, resultado de convergencias a lo largo de su compleja historia evolutiva. Actualmente, las nuevas clasificaciones basadas principalmente, en comparaciones de secuencias de ARN ribosomal, sustentan la relación filogenética entre una buena sección del grupo de las algas (Glaucophyta, Rhodophyta y Chlorophyta) con las plantas embriofita, dentro del super grupo Archaeplastida, siendo su carácter morfológico unificador la adquisición de cloroplastos por endosimbiosis primaria, proveniente de un grupo de cianoprocariontes (Dominio Eubacteria), las cuáles, también son organismos fotosintéticos que comparten características bioquímicas, fisiológicas y niveles de organización, más relacionadas con las algas que con el mismo grupo de eubacterias al que pertenecen. El proceso de simbiosis no es un evento aislado que haya ocurrido una sola vez en la historia evolutiva, hay evidencia de que ocurrieron otros procesos de segunda y hasta tercera simbiosis para la adquisición de cloroplastos; como ejemplo están los supergrupos: Stramenopiles (específicamente los heterokotos fotosintéticos de la división Ochrophyta que incluye a diatomeas, crisofíceas y algas pluricelulares feofíceas); Alveolata (representados por los dinoflagelados), Excavata (Euglenas) y Rhizaria (Chlorarachniophyceae). Adicionalmente, se considera también, dentro de estos eucariontes fotosintéticos, a los grupos en *incertae sedis* Haptophyta y Cryptophyta, con metabolismo mixótrofo.

Los grupos mencionados anteriormente, tienen representantes en el fitobentos, éste se refiere a los organismos autótrofos que viven asociados a cualquier sustrato en los ecosistemas acuáticos, e incluye cianobacterias (algas verde-azules), algunas algas micro y macroscópicas, además de varios grupos de embriofitas acuáticas.

La finalidad de este manual es involucrar a los alumnos con información básica de la diversidad de macrofitas, reconociendo en los grupos biológicos sus características diagnósticas. Es por ello, que se abordan ocho prácticas las cuales enfrentan los grupos fitobentónicos representativos en los ambientes acuáticos de México.

Este manual de prácticas puede ser utilizado en la parte práctica de las UEA Fitobentos y Diversidad Biológica I de la licenciatura de Hidrobiología y en Biología de Plantas 1 de la licenciatura de Biología de la UAMI.

Finalmente, los autores han incorporado de manera paulatina los avances a lo largo de más de 30 años como docentes en esta área del conocimiento.

Práctica No. 1

Algas verde-azules

Introducción

Las algas verde-azules (Cyanoprocariota) son organismos con organización celular procarionte, son fotoautótrofos con amplia distribución, se pueden encontrar en océanos, litorales costeros, ríos, lagos, lagunas, desiertos, suelos o aguas termales, desde zonas tropicales hasta templadas y frías. Se tiene el registro que aparecen en la tierra hace 3500 millones de años, representando el grupo de organismos algales más antiguo y siendo los responsables de generar una atmósfera oxigénica.

La diversidad de algas verde-azules es de 2235 especies en el mundo, de las cuales 1712 son taxonómicamente válidas, integradas en 55 familias y 387 géneros. Particularmente en México, se han registrado 1123 especies, de las cuales solo 164 corresponden a ambientes marinos y 148 solo el Golfo de México y el Caribe en sus porciones mexicanas, respectivamente, principalmente en los grupos Nostocales, Oscillatoriales y Chroococcales.

Morfológicamente expresan desde formas unicelulares hasta cenobios, colonias, filamentos simples y filamentos multiseriados. (Figura 1 y Tabla 1).

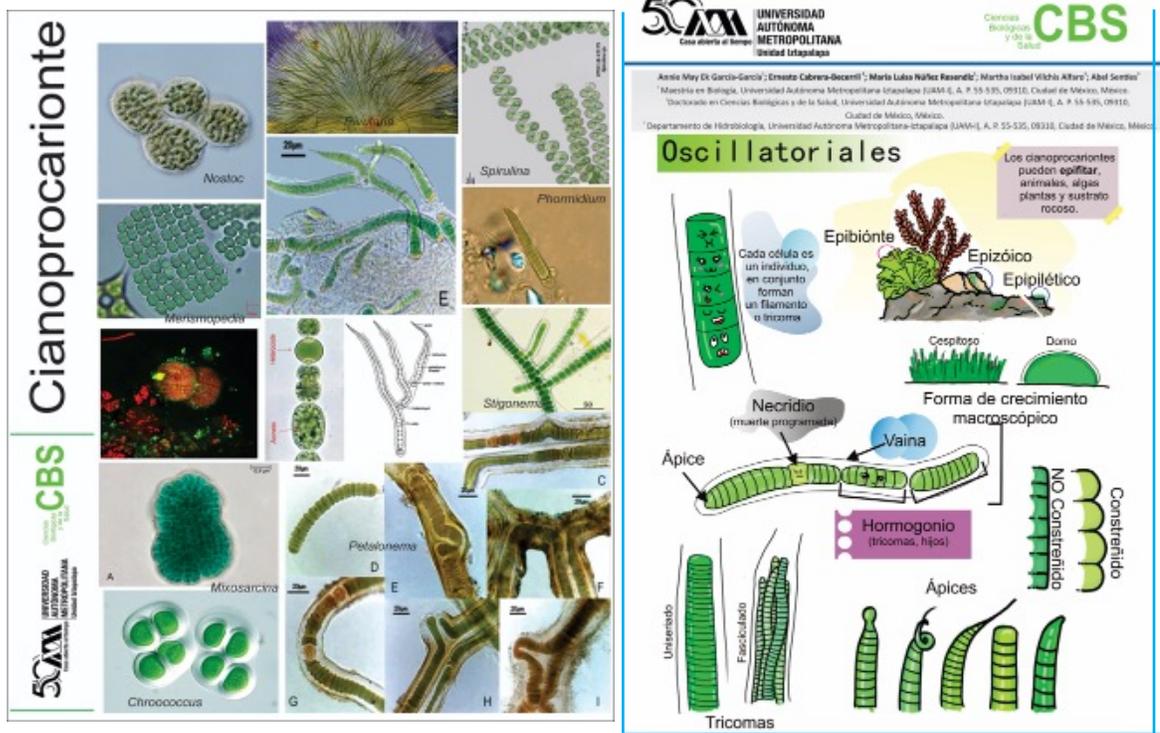


Figura 1. Ejemplos de infografías generales de las algas verde-azules, puntualizando algunos caracteres.

Tabla 1. Algas verde-azules, diversos ejemplos con los niveles de organización y estructuras especializadas que representan (fotografías de: alamy.es [<https://www.alamy.es/imagenes/algas-o-cianobacterias.html?sortBy=relevant>]; Universidad Complutense Madrid [http://criptogamas.bioucm.es/plantas_criptogamas/materiales/algas/cyanophyta.html])

Unicelulares	
Cenobios	
Formas Coloniales	
Vaina, tricoma, necridio y hormogonio	
Heterociste, Acineto, Filamentos	

Objetivos

- Reconocer las diferencias morfológicas en el grupo.
- Diferenciar los niveles de organización y estructuras especializadas del grupo.

Material por equipo:

- Muestras colectadas de cuerpos de agua estancada
- 1 Microscopio compuesto
- 2 Pipetas Pasteur
- 1 Caja de Petri
- 2 Agujas y 2 pinzas de disección
- 3 Portaobjetos
- 3 Cubreobjetos

Proporcionado por el profesor:

- Lugol
- Preparaciones semipermanentes

Desarrollo

Realizar preparaciones con las muestras recolectadas, agregando una gota de colorante para facilitar la observación de estructuras.

Diferenciar las siguientes estructuras: acineto, heterocisto, hormogonio, filamento, tricoma, vaina, necridio, ramas y pseudo-ramas, en las preparaciones proporcionadas por el profesor.

Resultados

Elaborar una infografía de algún ejemplar de las algas verde-azules que haya sido observado en esta práctica, describiendo en detalle su estructura morfo-anatómica e ilustrando a partir de fotografías o esquemas originales, realizados en el laboratorio de docencia y comparadas con la literatura para reconocimiento de estructuras. Se debe describir la morfología externa e interna, identificando cada estructura observada en las sesiones de laboratorio. Adicionalmente, se debe describir la taxonomía de la especie, mencionar su distribución, aspectos evolutivos, ecológicos y si tienen alguna importancia (médica, alimenticia, ecológica, entre otras).

Actividades complementarias

- a. Importancia ecológica y evolutiva de las algas verde-azules.
- b. Reproducción de las algas verde-azules.
- c. Características de células procarióticas.
- d. Diferencias de las formas cianoprocariontes vs. formas bacterianas.
- e. Niveles de organización y células especializadas de las algas verde-azules.

Bibliografía recomendada

- Anagnostidis K. & J. Komárek. 1988. *Modern approach to the classification system of cyanophytes 3. Oscillatoriales*. Archv für Hydrobiologie/ Suppl. 80. Algological Studies 50-53: 327-472.
- Bold, H. C. & M. Wynne. 1978. *Introduction to the algae, structure and reproduction*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J. 706 p.
- Carr, N. G. & Whitton (Eds.) 1973. *The biology of cyanobacteria*. Botanical Monographs, vol. 19. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 676 p.
- Dreckmann, K. M., Sentías, A. y Núñez-Resendiz, M.L. 2013. *Biología de Algas*. Publicaciones-División C.B.S. UAM-Iztapalapa. 90 p.

Graham, L. & L. Wilcox. 2000. *Algae*. Prentice Hall. 640 p.

Humm, H.J. & S.R. Wicks. 1980. *Introduction and guide to the marine blue green algae*. John Wiley and sons.

Lee, R. E. 1980. *Phycology*. Cambridge University Press. Cambridge. 478 p.

Little, D. S. & M. M. Little. 2000. *Caribbean Reef Plants. An identification guide to the reef plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of Mexico*. Offshore Graphics Inc., USA. 542 p.

Van Den Hoek, D. G. Mann & H.M. Jahns. 1998. *Algae: An Introduction to phycology*. Cambridge. 627 p.

Práctica 2

Algas rojas

Introducción

Las algas rojas (Rhodophyta) son organismos fotosintéticos y contienen clorofila a y clorofila d, además de pigmentos accesorios tipo ficobilinas y carotenoides, confiriéndole el color rojo característico por la ficoeritrina. Presentan de una gran diversidad de formas y tamaños.

Aunque presentes en todos los mares del mundo, son más abundantes en las aguas cálidas de los mares tropicales, donde tienen gran importancia económica y ecológica. Hay que destacar el importante papel de las algas rojas calcificadas en la formación del substrato coralígeno, que acoge importantes comunidades bentónicas. Algunas tienen la pared celular incrustada de carbonato de calcio (algas coralinas incrustantes) y juegan un papel fundamental en la consolidación y estabilización de los arrecifes de coral, protegiéndoles del embate de las olas. Las evidencias fósiles indican que las algas rojas coralinas han jugado este papel clave durante los últimos 500 millones de años.

Los compuestos de la pared celular (poligalactanos sulfatados) son extraídos y purificados para obtener agentes gelificantes de gran valor económico por sus inmejorables propiedades coloidales. Principalmente se obtiene agar, agarosa y carragenanos.

La diversidad de las algas rojas suma más de 7537 especies agrupadas en 650 géneros a nivel mundial, mientras que en México se han registrado 1148 en 309 géneros.

Las algas rojas tienen una amplia gama de morfologías. Las formas unicelulares pueden vivir solitariamente o como colonias pero, a diferencia de otros miembros de la Archaeplastida, carecen de flagelos. Las formas multicelulares pueden ser filamentosas, laminares, pseudoparenquimatosas, coraloides o incluso costras. (Tabla 6).

Tabla 6. Algas rojas que representan los diversos niveles de organización (Fotos y esquemas modificados de Littler y Littler, 2000).

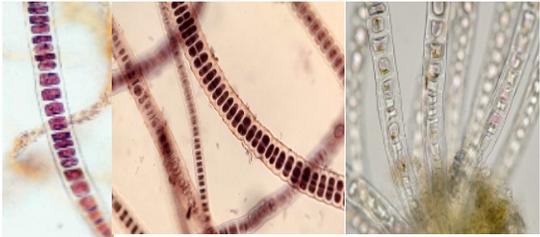
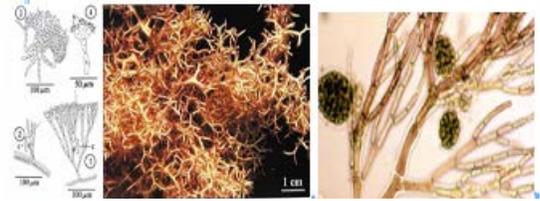
Flameto simple	
Flameto ramificado sin corticación	

Tabla 6. Algas rojas que representan los diversos niveles de organización (Fotos y esquemas modificados de Littler y Littler, 2000).

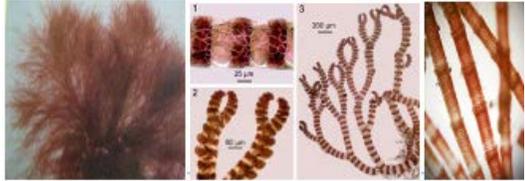
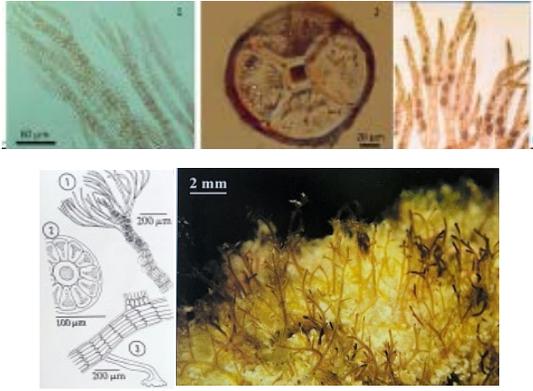
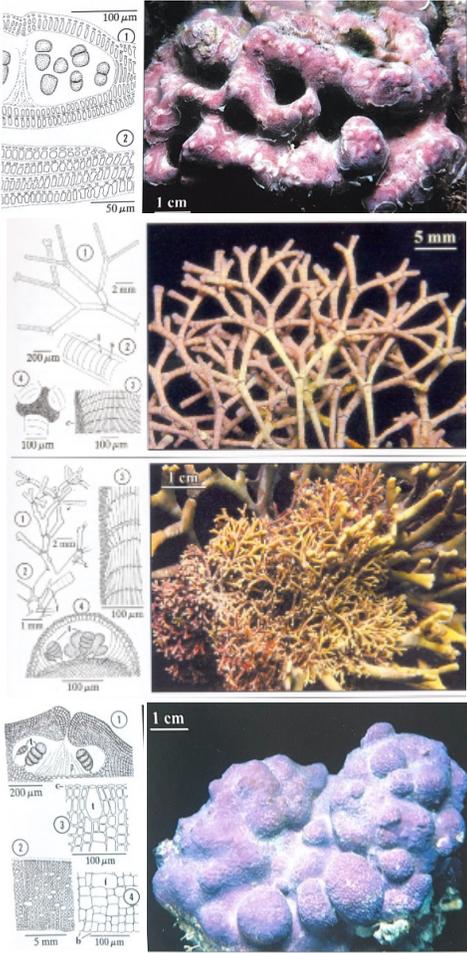
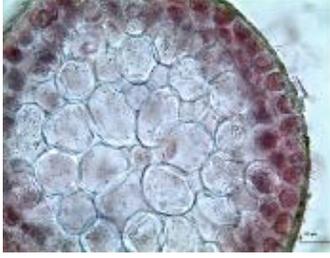
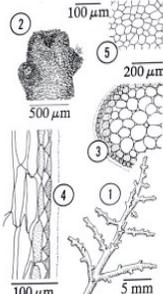
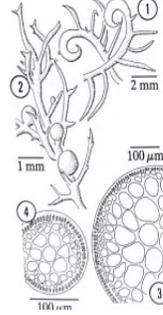
<p>Flameto ramificado con corticación completa o parcial</p>	
<p>Filamento ramificado (condición polisifónica)</p>	
<p>Costroso (filamentos ordenados en forma compacta)</p>	

Tabla 6. Algas rojas que representan los diversos niveles de organización
(Fotos y esquemas modificados de Littler y Littler, 2000).

Laminar	
---------	--

Tabla 6. Algas rojas que representan los diversos niveles de organización
(Fotos y esquemas modificados de Littler y Littler, 2000).

<p>Pseudoparenquima</p>	      
-------------------------	---

Objetivos:

- Reconocer a morfología externa y estructuras particulares de cada grupo.
- Distinguir los diferentes niveles de organización de este grupo.

Material por equipo:

- Microscopio compuesto
- Microscopio estereoscópico
- 2 Agujas de disección
- 2 pinzas de disección
- 2 Cajas de Petri
- 5 Portaobjetos
- 5 Cubreobjetos
- Navajas de rasurar de doble filo

Proporcionado por el Profesor:

- Material de algas rojas almacenadas en frascos y ejemplares de herbario.
- Colorantes (lugol, safranina, cristal violeta, verde yodo, azul de metileno, entre otros).

Desarrollo

La diversidad de géneros y especies presentes en las costas mexicanas es amplia, en esta sección solo veremos cinco géneros que representen diferentes niveles de organización en el grupo. Se seleccionarán algunas especies para observar los niveles de organización, formas y estructuras particulares del grupo.

Las actividades a realizar con ejemplares de algas rojas (Tabla 7) son las siguientes: observaciones y fotografías con el microscopio estereoscópico y el microscopio compuesto, cortes transversales y longitudinales, desmenuzamientos, tinciones y observación de estructuras reproductoras.

Resultados

Elaborar una infografía de algún género o especie de las algas rojas que hayan sido observados en esta práctica, describiendo en detalle su estructura morfo-anatómica e ilustrando a partir de fotografías o esquemas originales, tomadas o realizados en el laboratorio de docencia, complementados con las fotografías de los ejemplares de herbario y fotografías o esquemas de libros para reconocer las estructuras. Se debe describir la morfología externa e interna, identificando cada estructura observada en las sesiones de laboratorio. Adicionalmente, se debe describir la taxonomía de los géneros y/o especies, mencionar su distribución, aspectos ecológicos, evolutivos y de importancia ecológica, biológica, entre otras.

Actividades complementarias

- a. Tipos de reproducción en las algas rojas.
- b. Historias de vida de las algas rojas
- c. Líneas evolutivas en las algas rojas.
- d. Los niveles de organización en las algas rojas.
- e. Importancia y usos de las algas rojas.

Tabla 7. Géneros de algas rojas que representan distintos niveles de organización.

Multicelular	Nivel de Organización
<i>Goniotrichum</i> Kützing <i>Erythrotrichia</i> Areschoug <i>Bangia</i> Lyngbye <i>Audoniella</i> Bory de Saint-Vincent <i>Trichogloea</i> Kützing <i>Liagora</i> J.V.Lamouroux <i>Nemalion</i> Duby	Filamento simple y ramificado sin corticación
<i>Dasya</i> C.Agardh <i>Polysiphonia</i> Greville <i>Pterosiphonia</i> Falkenberg <i>Tayloriella</i> Kylin <i>Bostrychia</i> Montagne	Filamento con condición polisifónica
<i>Porphyra</i> C.Agardh <i>Halymenia</i> C.Agardh <i>Rhodymenia</i> Greville	Laminar
<i>Gracilaria</i> Greville <i>Laurencia</i> J.V. Lamouroux <i>Chondria</i> C.Agardh <i>Hypnea</i> J.V.Lamouroux	Pseudoparenquima

Bibliografía recomendada

- Bold, H. C. & M. Wynne. 1978. *Introduction to the algae, structure and reproduction*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J. 706 p.
- Dreckmann, K. M., Senties, A. y Núñez-Resendiz, M.L. 2013. *Biología de Algas*. Publicaciones-División C.B.S. UAM-Iztapalapa. 90 p.
- Graham, L. & L. Wilcox. 2000. *Algae*. Prentice Hall. 640 p.
- Irvine, D.E.G. & J.H. Price. 1978. *Modern approaches to the taxonomy of red and brown algae*. The systematic association special volumen 10. Academic Press.
- Lee R.E. 1980. *Phycology*. Cambridge University Press. USA 478 pp.
- Little, D. S. & M. M. Little. 2000. *Caribbean Reef Plants. An identification guide to the reef plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of Mexico*. Offshore Graphics Inc., USA. 542 p.
- Van Den Hoek, D. G. Mann & H.M. Jahns 1998. *Algae: An Introduction to phycology*. Cambridge. 627 p.

Práctica 3

Algas verdes

Introducción

Las algas verdes (Chlorophyta) son consideradas como uno de los grupos de algas más diversos. Estudios sobre citología estructural fina, bioquímica y biología molecular han generado diversos caracteres que han permitido robustecer los sistemas de clasificación del grupo en la última década. Su organización celular es típicamente eucariótica. La mayoría tiene células uninucleadas aunque existen órdenes completos que tienen una organización multinucleada. La pared celular está compuesta mayoritariamente por celulosa, y en algunos casos presenta además otros polímeros o está calcificada.

Se considera que los cloroplastos de las algas verdes derivan de procesos de endosimbiosis primaria, en el árbol filogenético de los eucariotas se sitúan en el grupo Viridiplantae, al lado de las algas glaucofitas, algas rojas y de las plantas terrestres

La diversidad de las algas verdes suma más de 8001 especies agrupadas en 502 géneros a nivel mundial. En México se han registrado 311 especies en 61 géneros en ambientes marinos, mientras que en agua dulce son aproximadamente 751 especies.

Las algas verdes tienen representantes, tanto planctónicos como bentónicos, particularmente las bentónicas marinas presentan una amplia morfología, desde filamentos (simples y ramificados), sifonales o cenocíticos, hasta laminares (Tabla 2) y son las que se abordan en el presente capítulo.

Tabla 2. Algas verdes que representan los diversos niveles de organización (Fotos y esquemas modificados de Littler y Littler, 2000).

Filamento simple	
Filamento ramificado	
Cenocítico	
Laminar	

Objetivos:

- Reconocer la morfología externa y estructuras particulares en el grupo.
- Distinguir los diferentes niveles de organización de este grupo.

Material por equipo:

- Microscopio estereoscópico
- Microscopio compuesto
- 2 Cajas de Petri
- 2 Agujas de disección
- 2 pinzas de disección
- 5 Portaobjetos
- 5 Cubreobjetos
- Navajas de rasurar de doble filo

Proporcionado por el Profesor:

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

Desarrollo

La diversidad de géneros y especies presentes en nuestro país es amplia, en esta sección solo veremos cinco géneros que representen diferentes niveles de organización en el grupo. Se seleccionarán algunas especies para observar los niveles de organización, formas y estructuras particulares del grupo.

Las actividades a realizar con ejemplares de algas verdes (Tabla 3) son las siguientes: observaciones y fotografías con el microscopio estereoscópico y el microscopio compuesto, cortes transversales y longitudinales, desmenuzamientos, tinciones y observación de estructuras reproductoras.

Resultados

Elaborar una infografía de algún género o especie de las algas verdes que hayan sido observados en esta práctica, describiendo en detalle su estructura morfo-anatómica e ilustrando a partir de fotografías o esquemas originales, tomadas o realizados en el laboratorio de docencia, complementados con las fotografías de los ejemplares de herbario y fotografías o esquemas de libros para reconocer las estructuras. Se debe describir la morfología externa e interna, identificando cada estructura observada en las sesiones de laboratorio. Adicionalmente, se debe describir la taxonomía de los géneros y/o especies, mencionar su distribución, aspectos ecológicos, evolutivos y de importancia ecológica, biológica, entre otras.

Actividades complementarias

- a. Origen de las plantas terrestres a partir de Chlorophyceae.
- b. Historias de vida de las algas verdes.
- c. Los niveles de organización en las algas verdes marinas.
- d. Tipos de reproducción en las algas verdes.
- e. Importancia y usos de las algas verdes.
- f. Tendencias evolutivas en las algas verdes.

Tabla 3. Géneros de algas verdes que representan niveles de organización distintos.

Multicelular	Nivel de Organización
Ulothrix Kützing Spirogyra Link Chaetomorpha Kützing Cladophora Kützing Cymopolia J.V.Lamouroux Dictyosphaeria Decaisne Acetabularia J.V.Lamouroux	Filamento simple y ramificado
Codium Stackhouse Halimeda J.V.Lamouroux Caulerpa J.V.Lamouroux Bryopsis J.V.Lamouroux Udotea J.V.Lamouroux	Sifonal o cenocítico
Ulva Linnaeus	Laminar

Bibliografía recomendada

- Barsanti L. & P. Gualtieri. 2006. *Algae: anatomy, biochemistry and biotechnology*. Taylor & Francis, Kew York. 301 p.
- Bold, H. C. & M. Wynne. 1978. *Introduction to the algae, structure and reproduction*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J. 706 p.
- Dreckmann, K. M., Sentías, A. y Núñez-Resendiz, M.L. 2013. *Biología de Algas*. Publicaciones-División C.B.S. UAM-Iztapalapa. 90 p.
- Graham, L. & L. Wilcox. 2000. *Algae*. Prentice Hall. 640 p.
- Irvine, D.E.G. & D.M. Jhon. 1984. Systematics of the green Algae. The systematic association special volumen 27. Academic Press.
- Lee R.E. 1980. *Phycology*. Cambridge University Press. USA.
- León-Álvarez 2006. D., C. Candelaria-Silva, P. Hernández-Almaráz y H. León-Tejera. 2006. *Géneros de macroalgas marinas tropicales de México: I. Algas verdes*. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM.
- León-Álvarez 2006. D., C. Candelaria-Silva, P. Hernández-Almaráz y H. León-Tejera. 2007. *Clave interactiva de identificación de géneros de macroalgas marinas tropicales de México: I. Algas verdes*. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. Disco compacto.
- Littler, D. S. & M. M. Littler. 2000. *Caribbean Reef Plants. An identification guide to the reef plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of Mexico*. Offshore Graphics Inc., USA. 542 p.
- Reynolds, C.S. 1990. *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge. 384 p.
- Van Den Hoek, D. G. Mann & H.M. Jahns 1998. *Algae: An Introduction to phycology*. Cambridge. 627 p.

Práctica 4

Algas pardas

Introducción

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

Su mayor diversidad se presenta en zonas con latitudes frías y templadas, donde alcanzan las mayores tallas registradas para los grupos algales, hasta 80 m. Son importantes productores primarios en zonas costeras, donde llegan a formar verdaderos 'bosques' submarinos que constituyen un ambiente favorable para numerosos animales marinos (vertebrados e invertebrados).

Su pared celular contiene (además de celulosa) ácido alginico y sales sulfatadas. Estos compuestos dan resistencia y flexibilidad al alga, ya que forman geles en la matriz intercelular, ayudándoles a resistir las tensiones provocadas por las olas y las corrientes marinas. Además intervienen en el intercambio iónico y ayudan a evitar la desecación del alga, especialmente cuando viven en la zona litoral, donde quedan periódicamente expuestas al aire y a la luz solar.

La diversidad de las algas pardas suma más de 2,130 especies agrupadas en 265 géneros a nivel mundial, mientras que en México se han registrado 239 especies en 80 géneros.

Morfológicamente son muy variadas, aunque todas son pluricelulares, no existen organismos unicelulares en este grupo. Su intervalo va desde filamentos ramificados microscópicos muy simples hasta grandes formas de muchos metros de longitud, con una evidente especialización de células. Es el grupo de algas que mayor complejidad anatómica ha alcanzado, presentando estructuras especializadas, para la fotosíntesis (lámina = filidio), para el soporte y transporte de compuestos (estípite y caulidio) y para el anclaje al sustrato (pie de fijación = hapterio) (Tabla 4).

Tabla 4. Algas pardas que representan los diversos niveles de organización (Fotos y esquemas modificados de Littler y Littler, 2000).

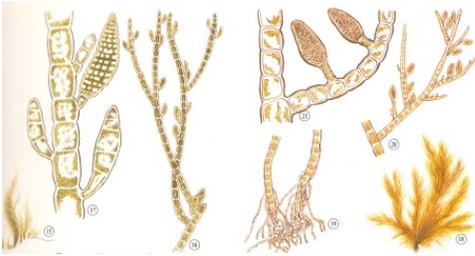
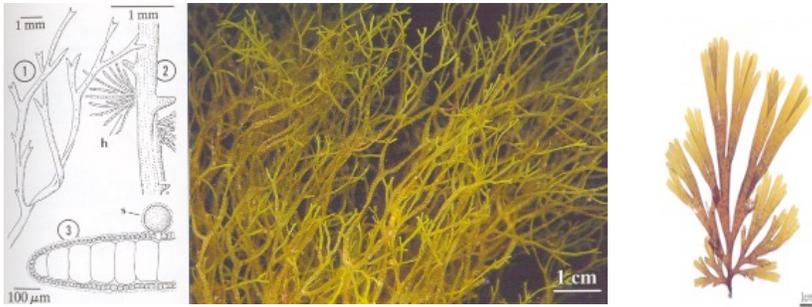
Filamento Ramificado	
Laminar	

Tabla 4. Algas pardas que representan los diversos niveles de organización (Fotos y esquemas modificados de Littler y Littler, 2000).

<p>Laminar</p>	
<p>Parénquima</p>	

Objetivos:

- Reconocer la morfología externa y estructuras particulares de cada grupo.
- Distinguir los diferentes niveles de organización de este grupo.

Material por equipo:

- Microscopio compuesto
- Microscopio estereoscópico
- Navajas de rasurar
- 2 Agujas de disección
- 2 Pinzas de disección
- 2 Caja de Petri
- 5 Portaobjetos
- 5 Cubreobjetos
- Navajas de rasurar de doble filo

Proporcionado por el profesor

- Material de algas pardas almacenadas en frascos y ejemplares de herbario.
- Colorantes (lugol, safranina, cristal violeta, verde yodo, azul de metileno, entre otros).

Desarrollo

Las actividades a realizar con ejemplares de algas verdes (Tabla 3) son las siguientes: observaciones y fotografías con el microscopio estereoscópico y el microscopio compuesto, cortes transversales y longitudinales, desmenuzamientos, tinciones y observación de estructuras reproductoras.

Resultados

Elaborar una infografía de algún género o especie de las algas pardas que hayan sido observados en esta práctica, describiendo en detalle su estructura morfo-anatómica e ilustrando a partir de fotografías o esquemas originales, tomadas o realizados en el laboratorio de docencia, complementados con las fotografías de los ejemplares de herbario y fotografías o esquemas de libros para reconocer las estructuras. Se debe describir la morfología externa e interna, identificando cada estructura observada en las sesiones de laboratorio. Adicionalmente, se debe describir la taxonomía de los géneros y/o especies, mencionar su distribución, aspectos ecológicos, evolutivos y de importancia ecológica, biológica, entre otras.

Actividades complementarias

- a. Tipos de reproducción en las algas pardas.
- b. Historias de vida de las algas pardas.
- c. Líneas evolutivas en las algas pardas.
- d. Los niveles de organización en las algas pardas.
- e. Importancia y usos de las algas pardas.

Tabla 5. Géneros de algas pardas que representan niveles de organización distintos.

Multicelular	Nivel de Organización
<i>Hincksia</i> J.E.Gray <i>Ectocarpus</i> Lyngbye <i>Asteronema</i> Delépine & Asensi <i>Feldmannia</i> Hamel	Filamentos ramificados
<i>Dictyota</i> J.V.Lamouroux <i>Dictyopteris</i> J.V.Lamouroux <i>Padina</i> Adanson	Laminar
<i>Stragularia</i> Strömfelt <i>Ralfsia</i> Berkeley <i>Colpomenia</i> (Endlicher) Derbès & Solier <i>Chnoospora</i> J. Agardh	Pseudoparénquima
<i>Sargassum</i> C.Agardh <i>Turbinaria</i> J.V.Lamouroux <i>Durvillaea</i> Bory de Saint-Vincent <i>Laminaria</i> J.V.Lamouroux <i>Macrocystis</i> C.Agardh	Parénquima

Bibliografía recomendada

- Bold, H. C. & M. Wynne. 1978. *Introduction to the algae, structure and reproduction*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J. 706 p.
- Darley, W. M. 1982. *Algal Biology: a physiological approach*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 168 p.
- Graham, L. & L. Wilcox. 2000. *Algae*. Prentice Hall. 640 p.
- Dreckmann, K. M., Sentíes, A. y Núñez-Resendiz, M.L. 2013. *Biología de Algas*. Publicaciones-División C.B.S. UAM-Iztapalapa. 90 p.
- Irvine, D.E.G. & J.H. Price. 1978. *Modern approaches to the taxonomy of red and brown algae*. The systematic association special volumen 10. Academic Press.
- Lee R.E. 1980. *Phycology*. Cambridge University Press. USA 478 pp.
- León-Álvarez D. & M. L. Núñez-Resendiz. 2012. *Géneros de macroalgas marinas tropicales de México: II. Algas pardas*. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Little, D. S. & M. M. Little. 2000. *Caribbean Reef Plants. An identification guide to the reef plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of Mexico*. Offshore Graphics Inc., USA. 542 p.
- Van Den Hoek, D. G. Mann & H.M. Jahns 1998. *Algae: An Introduction to phycology*. Cambridge. 627 p.

Práctica 5

Pastos marinos

Introducción

Los pastos marinos constituyen un ecosistema muy particular, conformado por diversas especies de Angiospermas del tipo monocotiledóneas (un cotiledón por embrión), con crecimiento rizomatoso. Se adhieren a distintos tipos de sustrato como arena, arcilla, lodo, limo o incluso rocas, cubriendo grandes superficies del suelo marino que semejan céspedes o praderas sumergidas, razón por la que se le da ese nombre general.

La diversidad de este grupo comprende aproximadamente, entre 60 y 75 especies halófilas (que crecen en ambientes con altas concentraciones de sal), distribuidas en 12 géneros y cinco familias del orden Alismatales. Su distribución geográfica es mundial, cubriendo una superficie cercana al 2% en la plataforma continental; dada su afinidad, estrictamente marina, se les encuentra asociadas a diversos ecosistemas como marismas, esteros o lagunas costeras. Aunque realmente son pocas las especies que integran a los pastos marinos, en comparación con el alto número de especies en Angiospermas terrestres, su biomasa es considerable. Dado que su regreso a la vida acuática implicó diversas adaptaciones, principalmente asociadas a su metabolismo fotosintético, se establecen a profundidades someras, que van desde 5 a 20 m o incluso llegan a quedar descubiertas en algún momento del día, lo que les facilita la captación de luz.

Morfológicamente, poseen la estructura de las plantas vasculares, sin embargo, se caracterizan por el desarrollo de un tallo o rizoma postrado, fijo al sustrato por raíces que le confieren un anclaje seguro y, a su vez, le permiten la absorción de nutrientes (Figura 2a). A partir del rizoma surgen, entre los nudos de crecimiento modular, ejes erectos laminares que constituyen a las hojas o haces foliares (Figura 2a), mismos que pueden alcanzar una longitud mayor a un metro; asimismo, pueden estar agrupadas por pares o racimos en vainas basales persistentes (Figura 1a). Aunque las hojas se mantienen turgentes bajo el agua, fuera de ella no, esto debido a que carecen de tejidos de sostén como los que poseen los pastos terrestres del orden Poales.

A través de la hoja, los pastos marinos realizan la fotosíntesis y, por toda su superficie, absorben una gran cantidad de nutrientes y otros compuestos inorgánicos, como el CO_2 , el cual se encuentra en el agua en forma de bicarbonato. Para la fijación de este gas en su forma carbonatada, poseen la enzima anhidrasa carbónica, a partir de la cual pueden transformar al CO_2 en glucosa, almacenada en la planta en forma de almidón, lo que constituye una fuente importante de producción primaria de la que dependen diversos organismos marinos como peces, manatíes y tortugas marinas, entre otros. Asimismo, la gran cantidad de CO_2 que fijan, le confieren una de las mayores importancias al ecosistema, por lo que se denomina ecosistema del carbono azul. Dado que crecen en sedimentos anóxicos, la absorción de nutrientes se dificulta, por lo que poseen un aerénquima (sistema lacunar) muy desarrollado, desde los ápices de la hoja hasta las raíces, ofreciéndole flotabilidad a los haces foliares y flexibilidad a la resistencia mecánica generada por la dinámica marina (Figura 2b). Como toda Angiosperma, también desarrollan flores y frutos; las flores son pequeñas, poco conspicuas y, en muchas especies, se encuentran protegidas por hojas envolventes en forma de vaina (hojas envaincentes) o brácteas (Figura 2c), normalmente carecen de cáliz y corola; su polinización es estrictamente hidrófila (por agua). Los frutos se desarrollan generalmente en pares, dentro de las vainas de las hojas, por debajo del sedimento, generando una semilla por fruto de cubierta dura, misma que es liberada bajo el sedimento y pueden desarrollar latencia (Figura 2d).



Figura 2. Estructura morfo-anatómica general de los pastos marinos. a) Organización de la planta en eje rastrero o rizoma (*rh*), adherido al sustrato por raíces (*r*), de cual surgen los ejes foliares u hojas (*h*) entre los nudos de crecimiento modular (*nc*), a veces desarrollando una vaina basal (*vb*). b) Anatomía foliar, mostrando el aerénquima central (*a*), rodeado por parénquima de reserva (*pr*) y en la capa más externa al clorénquima (*cl*). c) Desarrollo de frutos (*f*) en hojas envainescientes (*he*). d) Desarrollo de flores (*fl*). Fotografía compuesta de imágenes tomadas de <https://www.nacion.com/ciencia/medio-ambiente>; <https://www.cerealmarino.com/que-es-el-cereal-marino>; <https://ecoinventos.com/zostera-marina>

En términos ecológicos, los pastos marinos constituyen un ecosistema de gran importancia, ya que proveen diferentes servicios ecosistémicos. Por una parte, la cobertura de pastos marinos protege al suelo de la erosión generada por fenómenos meteorológicos como huracanes y tormentas tropicales. Por otra parte, la estructura morfológica de la planta, le confiere la cualidad de filtrar las aguas de contaminantes y metales pesados, convirtiéndolas en aguas claras; asimismo, su longitud y densidad propicia que se reduzcan, tanto la cantidad de luz, como la temperatura en el suelo marino, generando diversos microambientes que ofrecen refugio, sitio de crianza y desarrollo a distintas especies de vertebrados e invertebrados, tales como peces, anémonas, pepinos de mar, estrellas de mar, esponjas, erizos, camarones o cangrejos entre otros. Asimismo, libera grandes concentraciones de O₂ a la atmósfera.

Actualmente en México se ha registrado una diversidad de nueve especies de pastos marinos, pertenecientes a seis géneros y tres familias (Tabla 8), lo que representa aproximadamente el 15% de la diversidad mundialmente conocida. Estas especies se distribuyen tanto en el Golfo de California, como en el Golfo de México y Mar Caribe mexicano, siendo esta región donde el ecosistema se encuentra mayormente extendido.

Tabla 8. Clasificación taxonómica y morfología general por género de las especies de pastos marinos con distribución en las costas mexicanas. h = hojas; Rh = rizoma; vt = vena de transporte; vb = vaina basal; r = raíces; im = internodos de crecimiento modular; nc = nodo de crecimiento; apC = ápice de crecimiento; he = hoja embainescete; vf = vaina foliar; s = semilla. Figuras de la red [<https://vecta.io/symbols/304/flora-seagrass-sav>].

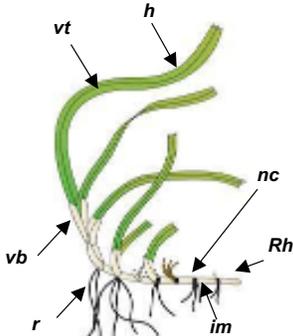
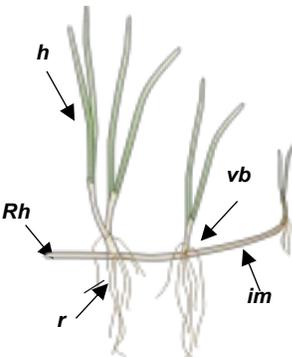
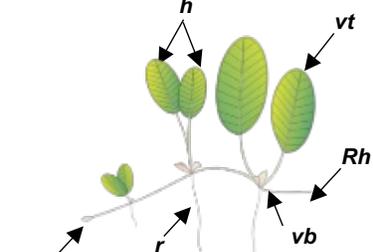
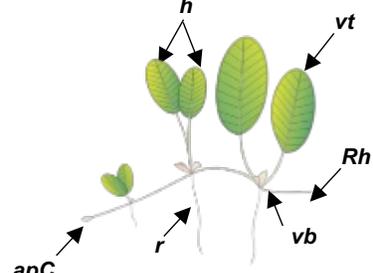
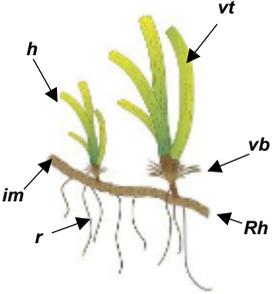
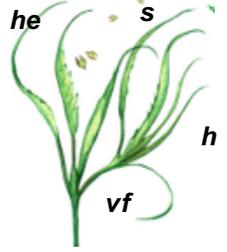
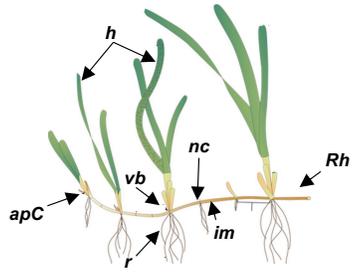
Clasificación taxonómica	Morfología general
Familia Cymodoceaceae	
<i>Halodule wrightii</i>	
<i>H. beaudettei</i>	
<i>Syringodium filiforme</i>	
Familia Hydrocharitaceae	
<i>Halophila decipiens</i>	
<i>H. engelmanni</i>	

Tabla 8. Clasificación taxonómica y morfología general por género de las especies de pastos marinos con distribución en las costas mexicanas. h = hojas; Rh = rizoma; vt = vena de transporte; vb = vaina basal; r = raíces; im = internodos de crecimiento modular; nc = nodo de crecimiento; apC = ápice de crecimiento; he = hoja embainescete; vf = vaina foliar; s = semilla. Figuras de la red [<https://vecta.io/symbols/304/flora-seagrass-sav>].

<p><i>Thalassia testudinum</i></p>	
<p>Familia Zosteraceae</p>	
<p><i>Phyllospadix scouleri</i> <i>P. torreyi</i></p>	
<p><i>Zostera marina</i></p>	

Objetivos

- Caracterizar a las especies mexicanas de pastos marinos mediante el reconocimiento de su estructura morfo-anatómica.
- Aplicar diferentes técnicas histológicas, como cortes transversales, longitudinales y tinciones, para la observación de caracteres morfo-anatómicos diagnósticos para cada especie de pastos marinos.

Material por equipo

- 1 Microscopio óptico
- 1 Microscopio estereoscópico
- 2 Cajas petri
- 1 Piseta con agua destilada de 500 ml

- 2 Agujas de disección
- 2 Pipetas Pasteur
- 5 Portaobjetos
- 5 Cubreobjetos

Desarrollo

1. A partir del material disponible (traído de campo o proporcionado por el profesor, sea fresco o herborizado), realizar observaciones generales de la morfología externa de la planta y esquematizar lo observado. En el esquema señalar, rizoma, raíces, hojas o ejes foliar, nodos, ápices, vainas (si presenta), brácteas (si presenta), flores o frutos (si presentan).
2. Realizar bajo el microscopio estereoscópico, secciones transversales del rizoma y de las hojas, sobre un portaobjetos, utilizando una navaja de rasurar con suficiente filo. Colocar los cortes en una gotita de agua y observar bajo el microscopio óptico, empezando por el objetivo de 5X y subiendo gradualmente de objetivo. Realizar esquemas de lo observado en cada objetivo y señalar, parénquima de reserva, aerénquima y clorénquima.
- 3 Utilizar los colorantes para resaltar estructuras anatómicas.

Resultados

Elaborar una infografía de alguna de las especies de pastos marinos que han sido reportadas en México, describiendo en detalle su estructura morfo-anatómica e ilustrando a partir de fotografías o esquemas originales, tomadas o realizados en el laboratorio de docencia. Se debe describir la morfología externa e interna, identificando cada estructura observada en las sesiones de laboratorio. Adicionalmente, se debe describir la taxonomía de la especie, mencionar su distribución, aspectos ecológicos, evolutivos, importancia y recomendaciones de cuidado y protección.

Actividades complementarias

- a. Relaciones evolutivas entre las especies actuales de pastos marinos, indicando quién es el ancestro común y como fueron derivando las especies a partir de dicho ancestro.
- b. Adaptaciones de las especies de pastos marinos a la vida acuática.
- c. Importancia socioeconómica y ecológica de los pastos marinos para el hombre.
- d. Cuadro comparativo de los caracteres morfo-anatómicos entre las especies de pastos marinos mexicanas.
- e. Relación del ecosistema de pastos marinos con los esteros, marisma y lagunas costeras, describiendo el rol ecológico y las interacciones ecológicas e intercambios de la fauna que depende de estos ecosistemas.

Bibliografía recomendada

- Borum J., Duarte C.M., Krause-Jensen D. y Greve T.M. 2004. European seagrasses: an introduction to monitoring and management. The M&MS project, 88.
- Cullen-Unsworth L.C., Nordlund, L.M., Paddock J., Baker S., McKenzie L.J. y Unsworth R.K.F. 2014. Seagrass meadows globally as a coupled social-ecological system: implications for human wellbeing. *Marine pollution bulletin* 83: 387-397.
- Gallegos-Martínez M.E. y Hernández Cárdenas G. 2020. Atlas de línea base ambiental del Golfo de México. Tomo IV. Pastos marinos. México: CICESE.
- Green E.P. y Short F.T. 2003. *World atlas of seagrasses*. Berkeley, C.A.: University of California Press.
- Larkum A.W., Waycott M. y Conran J.G. 2018. Evolution a Biogeography of seagrasses. In: Larkum A.W.D., Kendrick G.A. y Ralph P.J. *Seagrasses of Australia* (PP. 23-29). Springer.
- Les D.H., Cleland M.A., Waycott M. 1993. Phylogenetic studies in Alismatidae, II: Evolution of marine angiosperms (seagrasses) and hydrophily. *Systematic Botany* 22: 443-463.
- Philbrick C.T. y Les D.H. 1996. Evolution of aquatic angiosperm reproductive systems. *Bioscience* 46: 813-826.
- Wong J.G.R. y van Tussenbroek B. 2022. Los pastos marinos mexicanos: las plantas invisibles. *Las prensas de Ciencias*. 110p.

Práctica 6

Manglares

Introducción

Los manglares son considerados ecosistemas de tipo humedal, con afinidad marina, ya que las especies que los conforman (plantas de mangle) se establecen en zonas inundables; son considerados sitios de transición entre los ambientes marinos y terrestres, estando asociados a esteros y zonas costeras en general. Las plantas de mangle (*árbol torcido*), son de hábito predominantemente arbóreo o, en algunos casos, de tipo arbustivo, entre 1 a 30 metros de longitud, a las que se asocian otras plantas herbáceas o leñosas. La diversidad de mangle actualmente conocida está conformada por aproximadamente 50-55 especies, distribuidas en 20 géneros y 16 familias, siendo la característica que comparten todas ellas su tolerancia a salinidades extremas (30 hasta 70 ups) y suelos poco estables. Su distribución geográfica es mundial, principalmente en las regiones tropicales; se establecen en el intermareal, en suelos de tipo arenoso, arcilloso o limoso, pero no rocoso. Al ser Angiospermas del tipo dicotiledóneas (dos cotiledones por embrión), son de origen terrestre, por lo que, su establecimiento en el ambiente acuático implicó diferentes adaptaciones, principalmente enfocadas al manejo de la salinidad.

Morfológicamente, son plantas leñosas, de crecimiento monopodial o, a veces, simpodial, que ramifican densamente (Figura 3a). Presentan la estructura de las plantas vasculares, por lo que se adhieren firmemente al suelo mediante raíces leñosas en forma de sanco o verticales (Figura 1b), también presentan numerosas raíces adventicias que surgen de las ramas aéreas. Ambos tipos de raíces presentan numerosas lenticelas (Figura 3b), lo que les permite contender con la salinidad del suelo y realizar el intercambio gaseoso; algunas especies presentan desarrollo de raíces aéreas, parcialmente sumergidas, denominadas neumatóforos (Figura 3c), para tal fin. Todas las plantas de mangle desarrollan hojas con diversidad de formas, tamaños y colores, a veces pecioladas o no o con peciolos cortos, con una capa gruesa de cutícula; mediante la hoja, realizan el proceso fotosintético, sin embargo, también muchas especies pueden exudar gránulos de sal por sus estomas, mismos que pueden observarse superficialmente como cristales (Figura 3d).

Asimismo, todas las plantas de mangle desarrollan flores, que varían en tamaño, color, composición y posición de la planta en que se desarrollan, en función de la especie. Sin embargo, todos los mangles presentan semillas pareadas que se desarrollan por viviparidad (desarrollo de la semilla sobre la planta, antes de caer), formando una vaina alargada que porta a la plántula (Figura 3e) y, cuando están maduras, caen al agua donde son transportadas hasta encontrar un sitio propicio para su establecimiento; pueden flotar durante largos periodos de tiempo hasta encontrar sitios someros, donde el geotropismo de la vaina cambia y se clava en el sustrato blando para su desarrollo.

En términos ecológicos, los manglares son un ecosistema sumamente importante por todos los servicios ecosistémicos de los que provee, así como su importancia socioeconómica. Primariamente, las especies de manglar son las únicas capaces de llegar a establecerse en suelos inundables y poco firmes, contribuyendo a la estructura del suelo, retención de sedimento y con ello, la creación de un sitio firme que permita el establecimiento de otras especies por sucesión ecológica, tanto de plantas como de animales del tipo anfibio, reptiles y algunos mamíferos que viven en estos ecosistemas, igualmente diferentes especies de algas y protozoarios epibiontes.

Asimismo, la vegetación de mangle protege a las costas de los efectos de fenómenos naturales, como huracanes o tormentas tropicales, protege el suelo de la erosión, proporcionando una barrera ecológica densamente construida. Por otra parte, al interior del ecosistema, las condiciones de oleaje se modifican, generando sitios propicios para el desarrollo de juveniles de distintas especies de moluscos y crustáceos, sitios de refugio, alimento y anidamiento de especies de aves nativas y migratorias, así como diversos peces y mamíferos marinos. Dada la densidad del manglar, se captan elevadas concentraciones de CO₂, razón por la cual la madera es frecuentemente utilizada como leña, ya que es prácticamente carbón del CO₂ fijado. Dada su alta tolerancia a los ambientes anóxicos, las raíces son capaces de filtrar contaminantes y metales pesados de las aguas, mejorando su calidad, dichas aguas son filtradas y contribuyen a la recarga de los mantos acuíferos.

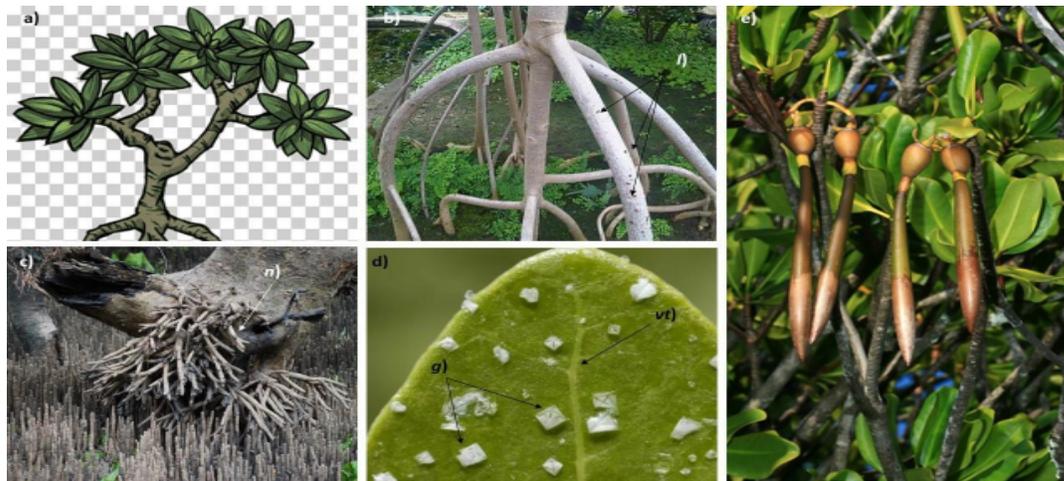


Figura 3. Morfología general de las especies de mangle. a) Hábito arbóreo, monopodial. b) Raíces torcidas en forma de zancos con numerosas lenticelas (*l*). c) Raíces externas, neumatóforos (*n*). d) Hoja con exudaciones granulares de sal (*g*) y venación del sistema de transporte (*vt*). e) Semillas pareadas germinadas, adheridas a la planta madre.

Figura compuesta de imágenes tomadas de <https://es.wikipedia.org/wiki/>; <https://www.pngwing.com/es/>; <https://www.zonadocs.mx/>; <https://colombiavisible.com>

En cuanto a los aspectos socioeconómicos, los manglares constituyen sitios de pesca de especies de interés comercial; asimismo, ofrecen la posibilidad de desarrollo de actividades recreativas y ecoturísticas, lo que constituye las principales fuentes de ingreso de los pobladores de las costas.

En función a su establecimiento y posición en el suelo continental, los manglares se clasifican en aquellos de tipo a) ribereños, asociados a estuarios; b) de cuencas, asociados a lagunas costeras poco drenadas; y c) borde o islotes, asociados a los sitios costeros, en contacto directo con el mar. Una característica común entre los tres tipos es el aporte constante de aguas dulces, principalmente por desembocaduras de lagunas o ríos. Asimismo, las especies de mangle presentan zonación, ya que no todas las especies son pioneras, la mayoría de ellas requiere del establecimiento previa de una especie pionera para poder establecerse. Las especies pioneras por excelencia, son las del género *Rhizophora* (mangle colorado), cuya tolerancia a la salinidad es de 30 ups, pero la forma de sus raíces alargadas y torcidas, en forma de arcos, le permiten fijarse en cualquier sitio inundado donde no cualquier especie es capaz de colonizar. Las siguientes especies en establecerse son las del género *Avicenia* (mangle prieto), mismas que toleran salinidades de hasta 70 ups, pero no son tolerantes a sitios altamente inundables. Las especies de *Laguncularia* (mangle blanco), son poco tolerantes a la salinidad y a los sitios inundables, por lo que su establecimiento es más cercano a los ambientes terrestres y, las especies del género *Conocarpus* (mangle botoncillo), son totalmente terrestres, pero con hábitos costeros, por lo tanto, son las últimas en llegar a establecerse en la sucesión, igualmente son las de menor longitud (Figura 2). En función al número de especies presentes en los manglares, estos también pueden ser monoespecíficos (conformados por una sola especie) o mixtos (conformados por más de una especie).

Actualmente, en México se ha registrado una diversidad de seis especies y una variedad de manglares, pertenecientes a cuatro géneros y tres familias (Tabla 9). Aunque realmente es poca la diversidad de especies, el territorio mexicano ocupado por manglares (51610 km²) representa el 6% del total mundial, siendo nuestro país el cuarto de los países que poseen este ecosistema, distribuido en sus 17 estados costeros.

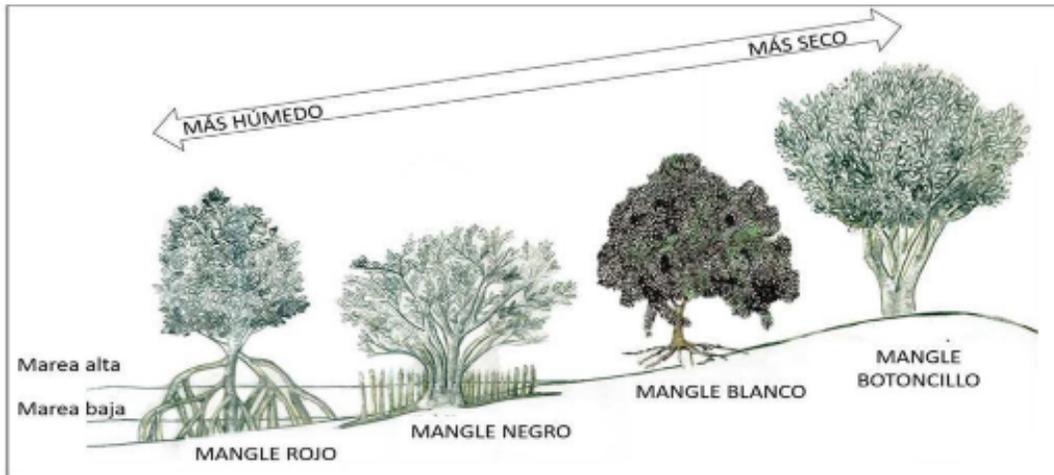


Figura 4. Zonación en función de la distribución de las especies mexicanas de mangle en el ecosistema, considerando su resistencia a la inundación y la salinidad del medio. El más cercano al mar es *Rhizophora mangle*, seguidos de *Avicennia germinans*, con neumatóforos, más cercanos al ambiente terrestre se encuentran *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*. Tomado de Carrillo Bastos y Ulanie Rosas (2023).

Tabla 9. Clasificación taxonómica y caracteres morfológicos generales de las especies de mangle con distribución en las costas mexicanas. Figuras tomadas de CONABIO 2009.

Clasificación taxonómica	Morfología general
Familia Avicenniaceae	
<i>Avicennia bicolor</i>	<p style="text-align: center;"><i>Avicennia bicolor</i> (<i>Avicennia bicolor</i>)</p> <p style="text-align: right;">CONABIO</p>

Tabla 9. Clasificación taxonómica y caracteres morfológicos generales de las especies de mangle con distribución en las costas mexicanas. Figuras tomadas de CONABIO 2009.

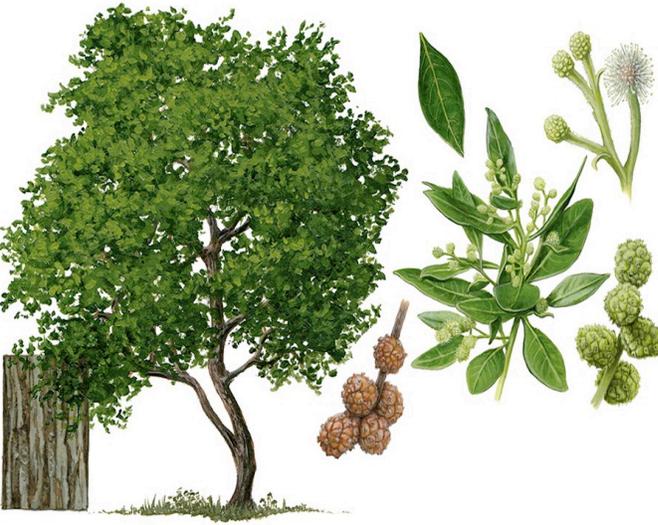
<p><i>A. germinans</i></p>	<p style="text-align: center;"> Mangle prieto <i>(Avicennia germinans)</i> </p> <p style="text-align: right;"> CONABIO </p> 
<p>Familia Combretaceae</p>	
<p><i>Conocarpus erectus</i></p>	<p style="text-align: center;"> Mangle botoncillo <i>(Conocarpus erectus)</i> </p> <p style="text-align: right;"> CONABIO </p> 

Tabla 9. Clasificación taxonómica y caracteres morfológicos generales de las especies de mangle con distribución en las costas mexicanas. Figuras tomadas de CONABIO 2009.

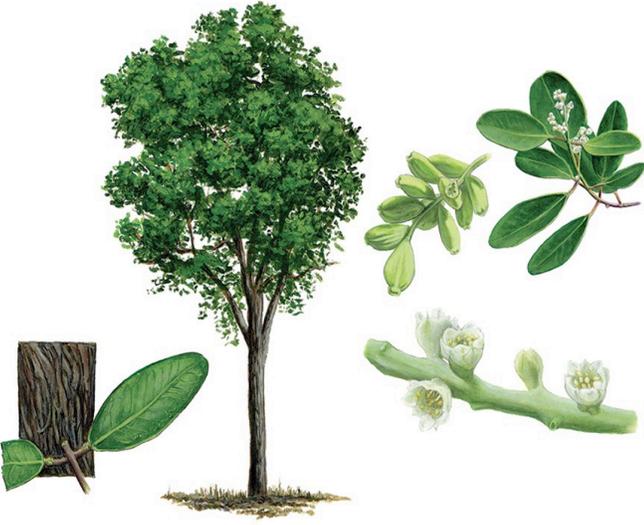
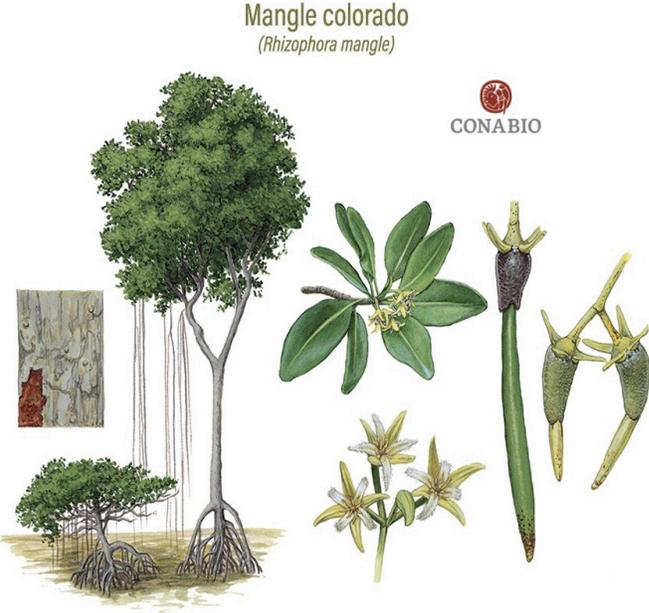
<p><i>C. erectus var. sericeus</i></p>	<p>Mangle botoncillo peninsular (<i>Conocarpus erectus var. sericeus</i>)</p>  <p>CONABIO</p>
<p><i>Laguncularia racemosa</i></p>	<p>Mangle blanco (<i>Laguncularia racemosa</i>)</p>  <p>CONABIO</p>
<p>Familia Rhizophoraceae</p>	

Tabla 9. Clasificación taxonómica y caracteres morfológicos generales de las especies de mangle con distribución en las costas mexicanas. Figuras tomadas de CONABIO 2009.

<p><i>Rhizophora mangle</i></p>	<p style="text-align: center;">Mangle colorado (<i>Rhizophora mangle</i>)</p> 
<p><i>R. harrisonii</i></p>	

Objetivos

- Caracterizar a las especies mexicanas de mangle mediante el reconocimiento de su estructura morfo-anatómica.
- Aplicar diferentes técnicas histológicas, como cortes transversales, longitudinales y tinciones, para la observación de caracteres morfo-anatómicos diagnósticos para cada especie de mangle.

Material

Solicitar por equipo:

- 1 Microscopio óptico
- 1 Microscopio estereoscópico
- 2 Cajas petri
- 1 Piseta con agua destilada de 500 ml
- 2 Agujas de disección
- 2 Pipetas pasteur
- 2 Pinzas de disección
- 5 Portaobjetos
- 5 Cubreobjetos
- Colorantes del tipo safranina, azul de toluidina, azul de algodón, azul de metileno, verde rápido, cristal violeta.
- Navajas de rasurar de doble filo

Desarrollo

1. A partir del material disponible (traído de campo o proporcionado por el profesor en herborizado), realizar observaciones generales de la morfología externa de las plantas y esquematizar lo observado. Definir si hay hojas o no, flores o no, frutos o no, semillas o no, estructuras especializadas como neumatóforos o no.
2. Realizar esquemas detallados de las hojas, indicando forma, tamaño, tipo de margen, venación, si presenta o no gránulos de sal, si presentan o no pecíolo, si el pecíolo es largo o corto, si la hoja presenta la misma coloración en el haz y el envés o varía.
3. Realizar un esquema de las flores y semillas y señalar tamaño, posición en la planta y estructura de la corola en caso de flores. En caso de semillas indicar si están germinadas o inmaduras, señalar fruto y desarrollo.
4. Realizar bajo el microscopio estereoscópico, secciones transversales del pecíolo y lámina de las hojas, sobre un portaobjetos, utilizando una navaja de rasurar con suficiente filo. Colocar los cortes en una gotita de agua y observar bajo el microscopio óptico, empezando por el objetivo de 5X y subiendo gradualmente de objetivo.
5. Realizar esquemas de lo observado en cada objetivo y señalar, parénquima de reserva, aerénquima y clorénquima.
6. Utilizar los colorantes para resaltar estructuras anatómicas.

Resultados

Elaborar una infografía de alguna de las especies de mangle que han sido reportadas en México, describiendo en detalle su estructura morfo-anatómica e ilustrando a partir de fotografías o esquemas originales, tomadas o realizados en el laboratorio de docencia. Se debe describir la morfología externa e interna, identificando cada estructura observada en las sesiones de laboratorio. Adicionalmente, se debe describir la taxonomía de la especie, mencionar su distribución, aspectos ecológicos, evolutivos, importancia y recomendaciones de cuidado y protección.

Actividades complementarias

- a. Relaciones evolutivas entre las especies actuales de mangles, indicando quién es el ancestro común y como fueron derivando las especies a partir de dicho ancestro.
- b. Adaptaciones de las especies de mangles a la vida acuática.
- c. Comunidades epibiontes en los manglares.
- d. Amenazas y estrategias de restauración de los manglares.
- e. Importancia de los manglares en el establecimiento de las comunidades de animales marinos y terrestres.

Bibliografía recomendada

- Carrillo-Bastos A. y Ulanie-Rosas C.B. 2023. Los manglares, sus adaptaciones y los estudios paleoecológicos. 50-58 pp.
- CONABIO. 2009. Manglares de México: Extensión y distribución. 2ª ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 99 pp.
- Kathiresan K. y Bingham B.L. 2001. Biology of mangroves and mangroves Ecosystems. *Advances in Marine Biology*. Academic Press. Volume 40. 81-251 pp
- Kathiresan K. 2003. How does mangrove forest induce sedimentation? *Revista de Biología Tropical* 51: 355-360.
- Torrescano N. y Islebe G.A. 2006. Tropical forest and mangrove history from southeastern Mexico: a 5000 yr pollen record and implications for sea level rise. *Vegetation History and Archaeobotany*, 15: 191–195.
- Wooller M.J.H.B., Smallwood B.J. Y Foel M. 2004. Mangrove ecosystem dynamics and elemental cycling at Twin Cays, Belize, during the Holocene. *Journal of Quaternary Science*. 19: 703-711.

Práctica 7

Tulares, Popales y Carrizales

Introducción

Los tulares, popales y carrizales, constituyen un ecosistema conformado por diversas angiospermas del tipo monocotiledóneas, llamado también humedales herbáceos emergentes. Forman agrupaciones densas de plantas acuáticas, herbáceas, emergentes, altas, de 1-3 m de longitud, estableciéndose en suelos poco profundos o en los bordes de cuerpos de agua. Su distribución es cosmopolita, en zonas planas, permanentemente inundadas o con aguas estancadas, pantanosas o lacustres. Estas plantas, también están asociadas a diversos géneros de vegetación flotante (ver práctica 8). Se calcula que esta vegetación cuenta con una cobertura aproximada de 12.8 millones de km² en el mundo; particularmente en México, se estima que cubren cerca del 0.66% de la superficie total en el país del país (1.22 millones de hectáreas). La diversidad de tulares, popales y carrizales actualmente conocida, se concentra en aproximadamente cinco géneros, distribuidos en tres familias (Tabla 10) del orden Poales. El popal se describe como una comunidad vegetal que se establece sobre superficies pantanosas, permanentemente estancada, donde dominan las especies de los géneros *Scirpus* y *Cyperus*; los tulares son comunidades de plantas dominadas por grandes monocotiledóneas de hojas angostas o bien carentes de órganos foliares, donde predominan las especies del género *Thypha* y, los carrizales están dominados por especies de los géneros *Phragmites* y *Cladium*.

Morfológicamente, poseen la estructura de las plantas vasculares, con un aerénquima muy desarrollado, el cual le permite el intercambio gaseoso, ya que las características del ecosistema fomentan su establecimiento en suelos carente de oxígeno, por lo que son plantas de tipo hidrófitas, en las que el aerénquima les permite contender con el exceso de agua e intercambio gaseoso.

Algunas plantas llegan a presentar hojas anchas, otras muy alargadas y delgadas y en otros casos no presentan. Para su reproducción, desarrollan flores compuestas muy especializadas, normalmente formando o bien, estructuras grandes y visibles en el ápice, conformada por millones de flores y en la superficie polen, el cual es liberado y dispersado en forma de algodón durante la temporada seca (Figura 5a); o formando espigas apicales (Figura 5b), igualmente conformadas por numerosas flores pequeñas que dispersan semillas por viento.



Figura 5. Arreglo y posición de las flores en los géneros de las familias Thypaceae (izquierda) y Poaceae (derecha). a) arregladas en una estructura compacta apical, con forma de salchicha y, b) arregladas en espigas subapicales.

Figuras de tomadas <https://es.wikipedia.org/wiki>.

En términos ecológicos, estos ecosistemas son de gran importancia tanto por las actividades económicas que permiten, como la pesca, la obtención de madera, miel o todo tipo de plantas medicinales, como por los servicios ecosistémicos que proporcionan, como el control de inundaciones, filtración de agua y recarga de los mantos freáticos, limpieza del agua, aporte de nutrientes al suelo y refugio a los juveniles de diversas especies acuáticas o aves endémicas o estacionarias. Asimismo, muchas de las especies proveen de materia prima para la elaboración de muebles o artículos personales tejidos a partir de la hoja o para envolver tamales o quesos, principalmente en las regiones del Golfo de México.

En México, este ecosistema se distribuye principalmente en el Golfo de México, en el sur de Veracruz, Tabasco y Campeche. Adicionalmente, se distribuyen en Chiapas y el centro del país, en un intento de recuperar la cobertura perdida por la destinación de terrenos a la ganadería y la agricultura.

Tabla 10. Clasificación taxonómica y caracteres morfológicos generales de los géneros de tulares, popales y carrizales.
h = Hojas; fe = flor en espiga; t = tallo. Figuras de tomadas <https://es.wikipedia.org/wiki>.

Clasificación taxonómica	Morfología general
Familia Cyperaceae	
<i>Cyperus</i>	
<i>Scirpus</i>	

Tabla 10. Clasificación taxonómica y caracteres morfológicos generales de los géneros de tulares, popales y carrizales.
h = Hojas; *fe* = flor en espiga; *t* = tallo. Figuras de tomadas <https://es.wikipedia.org/wiki>.

<i>Cladium</i>	
Familia Poaceae	
<i>Phragmites</i>	
Familia Thypaceae	

Tabla 10. Clasificación taxonómica y caracteres morfológicos generales de los géneros de tulares, popales y carrizales.
h = Hojas; *fe* = flor en espiga; *t* = tallo. Figuras de tomadas <https://es.wikipedia.org/wiki>.

<p><i>Thypha</i></p>	
----------------------	--

Objetivos

- Caracterizar a las especies mexicanas presentes en los humedales emergentes, mediante el reconocimiento de su estructura morfo-anatómica.
- Aplicar diferentes técnicas histológicas, como cortes transversales, longitudinales y tinciones, para la observación de caracteres morfo-anatómicos diagnósticos para cada especie herbácea.

Material, solicitar por equipo:

- 1 Microscopio óptico
- 1 Microscopio estereoscópico
- 2 Cajas petri
- 1 Piseta con agua destilada de 500 ml
- 2 Agujas de disección
- 2 Pipetas Pasteur
- 2 Pinzas de disección
- 5 Portaobjetos
- 5 Cubreobjetos
- Pinzas de relojero
- Colorantes del tipo safranina, azul de toluidina, azul de algodón, azul de metileno, verde rápido, cristal violeta.
- Navajas de rasurar de doble filo

Desarrollo

1. A partir del material disponible (traído de campo o proporcionado por el profesor en herborizado), realizar observaciones generales de la morfología externa de las plantas y esquematizar lo observado. Definir si hay hojas o no, flores o no, si estas son compuestas o no, frutos o no, semillas o no.
2. Realizar esquemas detallados de las hojas, indicando forma, grosor, tamaño, tipo de margen, venación, forma en sección transversal.
3. Realizar un esquema de las flores y semillas y señalar tamaño, posición en la planta y estructura que las porta. Indicar si hay presencia de polen o no.

4. Realizar bajo el microscopio estereoscópico, secciones transversales de las hojas, sobre un portaobjetos, utilizando una navaja de rasurar con suficiente filo. Colocar los cortes en una gotita de agua y observar bajo el microscopio óptico, empezando por el objetivo de 5X y subir gradualmente de objetivo. Realizar esquemas de lo observado en cada objetivo y señalar, parénquima de reserva, aerénquima y clorénquima.
5. Utilizar los colorantes para resaltar estructuras anatómicas.

Resultados

Elaborar una infografía de alguna de las especies de popales, tulares o carrizales que han sido reportadas en México, describiendo en detalle su estructura morfo-anatómica e ilustrándola a partir de fotografías o esquemas originales, tomadas o realizados en el laboratorio de docencia. Se debe describir la morfología externa e interna, identificando cada estructura observada en las sesiones de laboratorio. Adicionalmente, se debe describir la taxonomía de la especie, mencionar su distribución, aspectos ecológicos, evolutivos, importancia y recomendaciones de cuidado y protección.

Actividades complementarias

1. Importancia de los tulares y distribución en la ciudad de México.
2. Importancia de los humedales emergentes en la regulación de los ciclos biogeoquímicos.
3. Factores de riesgo en la pérdida de los ecosistemas de tulares emergentes.
4. Importancia de los humedales emergentes en la flora y fauna nativa de México.
5. Estrategias de restauración de los humedales artificiales en México.

Bibliografía recomendada

- Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P. y van den Belt M. 1998. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Ecological Economics* 25:3–15.
- Diego-Pérez N., Fonseca R.M., Pérez-Lozada L. y Lorea-Hernández F. 1993. Vegetación de las lagunas costeras y zonas inundables del Estado de Guerrero, México. *Brenesia* 39–40:7–28.
- Ellison A. 2004. Wetlands of Central America. *Wetlands Ecology and Management* 12:3–55.
- Lot-Helgueras A. 2004. Flora and vegetation of freshwater wetlands in the coastal zone of the Gulf of Mexico. En: Caso M., Pisanty I. y Ezcurra E. Eds. *Environmental Analysis of the Gulf of Mexico*, pp. 314–339. SEMARNAT – Instituto Nacional de Ecología Instituto de Ecología, A.C. – Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies – Texas A & M University, México D.F.
- Lot-Helgueras A. y Novelo A. 1988a. El pantano de Tabasco y Campeche: la reserva más importante de plantas acuáticas de Mesoamérica. En: Anónimo. *Ecología y conservación del delta de los ríos Usumacinta y Grijalva, Memorias*. pp 537–547. INIREB–División Regional Tabasco, Gobierno del Estado de Tabasco. Villahermosa.
- Moreno-Casasola, Patricia, Cejudo-Espinosa, Eduardo, Capistrán-Barradas, Ascención, Infante-Mata, Dulce, López-Rosas, Hugo, Castillo-Campos, Gonzalo, Pale-Pale, Jesús, & Campos-Cascaredo, Adolfo. (2010). Composición florística, diversidad y ecología de humedales herbáceos emergentes en la planicie costera central de Veracruz, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (87), 29-50.
- Peralta-Peláez L.A. y Moreno-Casasola P. 2009. Composición florística y diversidad de la vegetación de humedales en los lagos interduanarios de Veracruz. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 85:89–101.

Práctica 8

Macrofitas de agua dulce

Introducción

Son plantas que crecen libremente en la superficie del agua sin necesidad de estar adheridas al sustrato, a excepción algunas veces de *Chara* (Streptophyta) y *Marsilea* (Helechos) que requiere arraigar en fondo limoso del cuerpo de agua y no son tan abundantes como el resto de los grupos que se observarán en esta práctica. (Tabla 11). En general crecen de forma expansiva sobre la superficie. Absorben los nutrientes disueltos a gran velocidad, disminuyen la temperatura del agua y los niveles de luz, lo que dificulta que otros organismos fotosintéticos (como las algas bentónicas) crezcan y se desarrollen de forma óptima. Cada grupo filogenético que converge en este hábito tiene modificaciones en hojas y raíces que les permiten cubrir sus requerimientos fotosintéticos, de obtención de recursos y reproducción. En general forman rizomas y se reproducen vegetativamente, de ahí su éxito en la rápida colonización del espacio del cuerpo de agua. Sin embargo, bajo ciertas condiciones entran en estado reproductivo sexual. Una de las principales adaptaciones al medio acuático es la asociación con otros organismos para suplir los requerimientos de algunos elementos para su nutrición; el principal grupo con el que entran en simbiosis son las cianobacterias, que pueden estar asociadas a sus raíces (como en *Riccia* y *Salvinia*), o directamente dentro de cavidades específicas en el cuerpo vegetativo de la planta (*Azolla*).

Salvinia, *Azolla*, *Marsilea* son los únicos helechos leptosporangiados heterospóricos, con germinación endospórica, que han modificado sus soros para protegerlos de la exposición del agua. Habitualmente se reproducen asexualmente por estolones, y sólo bajo condiciones de estrés ambiental se reproducen sexualmente.

Las estructuras reproductoras en el caso de *Chara*, *Lemna*, *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* son superficiales y pueden ser identificados fácilmente a simple vista o con una lupa de campo. En el caso de *Ceratophyllum* generalmente vive totalmente sumergida en los cuerpos de agua (dependiendo de la especie), y tiene un aspecto parecido con *Chara*. Sin embargo, son evidentes sus inflorescencias masculinas y femeninas las cuales también están modificadas.

Tabla 11. Principales grupos de organismos flotantes de cuerpos de agua dulce.

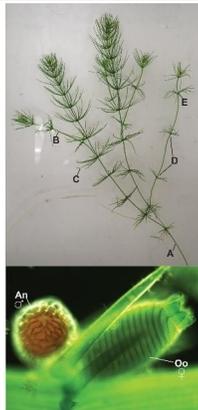
Descripción	
Streptophyta: Género: <i>Chara</i>	
<p>Alga verde, de estructura erecta con un caulidio y estructuras parecidas a hojas, que son ramificaciones del caulidio principal.</p> <p>Generalmente se desarrollan en aguas con poca corriente y están fijadas con rizoides al fondo limoso del cuerpo de agua. Son características de aguas muy cristalinas y con poca fauna. Con estructuras reproductoras gametangiales pluricelulares visibles a simple vista.</p>	 <p><i>Chara</i> sp. A. Ramas, B. Verticilo de ramulitas, C. internodos, D. Nodos. E. An: anteridio (gametangio masculino), F. Oo: oogonio (gametangio femenino). Tomada de: https://esa.animalia-life.club/ciclo-de-vida-del-alga-chara (https://goo.su/KUwcl)</p>
Bryophyta: Género: <i>Riccia</i>	

Tabla 11. Principales grupos de organismos flotantes de cuerpos de agua dulce.

<p>Es el único género de hepática acuática, flota libremente sobre la superficie de cuerpos de agua quieta o con baja corriente. Se caracteriza por la forma acorazonada y sus escamas color púrpura que parecen como pequeñas lanzas que sobresalen de la superficie inferior del talo. Eventualmente también puede crecer sobre suelos húmedos formando rosetas.</p>	 <p><i>Ricciocarpus natans</i>. Planta consistiendo en un talo flotante con escamas rojo oscuro en la superficie ventral. Talla aproximada de 8 x 10 mm, con una vena media y dividida dicotómicamente dando una apariencia acorazonada. A. Vista general de crecimiento poblacional sobre un cuerpo lagunar. B, acercamiento de algunos individuos, donde resaltan las escamas rojo oscuro de la región basal.</p> <p>Tomado de https://www.picturethisai.com/es/wiki/Ricciocarpus_natans.html (https://goo.su/k6H825z)</p>
<p>Helechos: Géneros <i>Salvinia</i> y <i>Azolla</i> (Salviniaceae); <i>Marsilea</i></p>	
<p>Flotantes en estanques, lagunas, presas, con agua generalmente estancada.</p> <p><i>Salvinia</i>: Sus hojas son verdes, redondas u ovaladas, con tricomas libres o en grupos de tres unidos por las puntas. En ocasiones las hojas pueden adquirir una tonalidad pardo púrpura. Tienen tres hojas, dos son verdes superficiales y la tercera está modificada en forma de raíz sumergida, y da lugar a las estructuras reproductoras sexuales.</p>	 <p><i>Salvinia molesta</i>. Exhibe hojas en forma de fronda y tricomas. Imagen de dominio público Autor: <i>Issempa, 2013 / CC BY-SA 3.0</i></p>

Tabla 11. Principales grupos de organismos flotantes de cuerpos de agua dulce.

<p><i>Azolla</i>: Son plantas pequeñas de unos cuantos centímetros de largo (4 a 6 cm). Sus hojas están acomodadas en forma de escamas sobrepuestas, pueden ser de color verde, azulosos o rojizos, dado por las antocianinas que posee. Los tallos son imperceptibles y las raíces apenas se ven. Se reproducen por fragmentación y pueden formar un entramado que llega a cubrir grandes superficies de agua. Si las condiciones son óptimas, puede duplicar su masa en pocos días. También puede formar soroforos y esporas sexuales.</p>	 <p><i>Azolla caroliniana</i>. Crecimiento poblacional en ambiente natural. Modificada de: https://www.marylandbiodiversity.com/view/371 (https://shre.ink/8ei1)</p>
<p><i>Marsilea</i>: Plantas de ambientes húmedos, pueden estar sobre el suelo húmedo o estar sumergidas en aguas poco profundas al borde de lagos o estanques donde sólo emergen las frondas con cuatro pinas apicales, lo que lo hace parecer un trébol de cuatro hojas.</p>	 <p><i>Marsilea</i> sp. Imagen de dominio público. Tomada de: https://a.co/d/3fBWYq4</p>
<p>Plantas con flores: Géneros: <i>Ceratophyllum</i></p>	
<p>Plantas de hábito sumergido flotante, perenne, en lagunas de agua estancada o de poco movimiento. No presenta raíces. Los tallos con ramificación verticilada son plantas dioicas, las estructuras femeninas y masculinas se desarrollan en diferentes nodos. Se reproduce frecuentemente por propagación vegetativa al fragmentarse el tallo.</p> <p>Son plantas que por su resistencia, se usan frecuentemente como plantas ornamentales de acuario.</p>	 <p><i>Ceratophyllum demersum</i> (cola de zorro). A. hábito. B. Flor femenina. imágenes de dominio público. Tomada de: Autor: Joan Carles Juárez en: https://www.shutterstock.com/es/image-photo/selective-focus-hornwort-plant-ceratophyllum-demersum-2269590491 (https://goo.su/3lGe3Mi) y flor: https://lasaventurasdeunpezdetierra.blogspot.com/2011/06/ceratophyllum-demersum-cola-de-zorro.html (https://goo.su/1Uftr)</p>

Tabla 11. Principales grupos de organismos flotantes de cuerpos de agua dulce.

<p>Lemna sp.</p> <p>Esta especie es ideal para crear un auténtico tapiz verde oscuro con pequeñas flores sobre la superficie de los estanques y lagos con agua de poco movimiento. Plantas pequeñas de 1-5mm de largo, redondeadas, con hasta 4 frondas membranáceas, planas, simétricas o asimétricas, según la especie. La raíz presenta una vaina lisa alada.</p>	 <p>Lemna minor. A. crecimiento poblacional, hábito. B. Raíz, cada grupo de hojas solo desarrolla una raíz. Imágenes de dominio público. A. Autor: De Kurt Stüber colección www.biolib.de bajo licencia CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5225 (https://shre.ink/8ei9); B. tomada de: Credit: Raul Gonzalez Perez / Science Source en: https://www.sciencesource.com/1298096-duckweed-lemna-minor-stock-image-rights-managed.html (https://shre.ink/8eiU)</p>
<p>Pistia sp.</p> <p>Plantas dióicas, perennes, libres flotadoras sobre la superficie del agua, hasta 14 centímetros de largo, con raíces que cuelgan debajo de las hojas flotantes.</p> <p>Sus hojas son gruesas y delicadas, que forman una roseta, las venas son paralelas y onduladas, con tricomas cortos que pueden atrapar burbujas de aire para aumentar la flotabilidad. Las flores son pequeñas, se desarrollan ocultas en el entre la base de las hojas. Los frutos son bayas. Sin embargo habitualmente se reproducen asexualmente por estolones que permanecen unidos formando una red sobre la superficie del cuerpo de agua.</p>	 <p>Pistia. A. hábito. B. Flor masculina y femenina. Imágenes de dominio público. a. https://plantasflores.com/pistia-stratiotes/ (https://shre.ink/8ey4) b. Banco de datos de Biodiversidad de Canarias en: https://www.biodiversidad-canarias.es/biota/especie/F01870 (https://shre.ink/8eyJ)</p>
<p>Eichornia sp.</p>	

Tabla 11. Principales grupos de organismos flotantes de cuerpos de agua dulce.

<p>Flotantes. Poseen tallos cortos y otros modificados a bulbos muy esponjosos y rellenos de aire para poder flotar sobre el agua. Hojas arrosetadas, con peciolos cortos con tejido aerenquimatoso; láminas de 2 a 16 cm. Las flores forman una espiga; de color azul a violeta, parecidas a las orquídeas. El fruto es una cápsula. Es una planta ampliamente extendida en todos los cuerpos de agua del mundo, considerada como una maleza.</p>	 <p><i>Eichornia</i>. Hábito de la planta con flor. Se observan sus bulbos (tallos modificados para almacenar aire y flotar. Imagen de dominio público: Autor: Aqua AnimaniA https://aquaplantasmx.com/products/eichhornia-crassipes-1 (https://shre.ink/8eyV)</p>
--	--

Objetivos

- Reconocer los diferentes grupos que forman la comunidad de plantas flotantes de aguas dulces estancadas o con poco flujo.
- Observar sus características morfológicas, anatómicas y reproductivas distintivas

Materiales por equipo:

- Microscopio estereoscópico
- Microscopio compuesto
- 2 Agujas de disección
- 2 Pipetas Pasteur
- 2 Pinzas de disección
- 1 Caja de Petri o charola
- Navajas de rasurar de doble filo
- Muestras colectadas en cuerpos de agua estancada
- Ejemplares herborizados secos y en líquido

Proporcionado por el profesor

- Muestras colectadas de cuerpos de agua estancada
- Ejemplares herborizados secos y en líquido
- Lugol

Desarrollo

1. De acuerdo con el material disponible realizar las observaciones morfológicas de cada ejemplar que te sea proporcionado. Describir: la diferenciación morfológica según el grupo que corresponda.
2. Si observas *Riccia*, revisa las escamas y un corte de la hoja para que reconozcas el tejido aerenquimático, y posibles estructuras reproductoras.
3. Si observas alguna de las especies de helechos dibújalas, por lo menos en una media cuartilla, e incluye los nombres de las estructuras que observes: raíz, tallos, estolones, fronda, y reproductores si los presenta.
4. En el caso de las plantas con flores describe su estructura y si están en estado reproductivo observa las estructuras florales bajo el microscopio estereoscópico, reconoce las estructuras masculinas y femeninas.

Resultados

1. Durante las sesiones de laboratorio, elabora los esquemas que se indiquen en clase, a lápiz, o usando colores para distinguir las diferentes estructuras.
2. Toma fotos de los ejemplares revisados e incluye en cada una los nombres de las estructuras o tejidos observados. Incluye el nombre de la especie observada. El profesor te indicará el formato de entrega.
3. Elaborar una infografía de alguna de las especies de macrofitas de agua dulce que han sido reportadas en México, describiendo en detalle su estructura morfo-anatómica e ilustrándola a partir de fotografías o esquemas originales, tomadas o realizados en el laboratorio de docencia. Se debe describir la morfología externa e interna, identificando cada estructura observada en las sesiones de laboratorio. Adicionalmente, se debe describir la taxonomía de la especie, mencionar su distribución, aspectos ecológicos, evolutivos, importancia y recomendaciones de cuidado y protección.

Actividades complementarias (elegir uno o está atento a las indicaciones de tu profesor).

1. *Chara* es un alga del grupo Streptophyta. Investiga las características de este grupo, poniendo especial énfasis en la relación de los Charales con las Embriophyta.
2. Describe el ciclo de vida de *Riccia*, dibuja los anteridios y los arquegonios e indica en qué parte del gametofito se encuentran.
3. Los helechos acuáticos se dividen en dos familias: Salviniaceae y Marsileaceae. En la tabla comparativa siguiente se resumen las características de los tres géneros de helechos acuáticos.
Describe y dibuja las estructuras que desconozcas, por ejemplo: soroforo
 - Investiga la importancia económica de *Azolla* y sus principales usos
 - Investiga los problemas que causa la especie *Salvinia* molesta en diferentes países.
 - Investiga las modificaciones de las estructuras reproductivas sexuales de *Marsilea*.
4. Plantas con flores: *Ceratophyllum* sp. Investiga las características generales y la importancia ecológica incluyendo su clasificación como maleza. Incluye su importancia comercial en acuarios.
5. *Lemna* sp. Esta especie comúnmente se considera una maleza, es muy prolífica y puede cubrir la superficie completa del cuerpo de agua. Sin embargo, tiene importancia comercial como suplemento alimenticio. Investiga este aspecto y su importancia económica.
6. *Pistia* sp. y *Eichornia* sp. A veces son confundidas, sin embargo, *Pistia* es una monocotiledónea y *Eichornia* es una dicotiledónea. Tienen una tasa de crecimiento muy rápida, están consideradas dentro de las 20 especies más importantes que causan daño a los cuerpos de agua dado que forman una cubierta que modifica las condiciones del cuerpo de agua. Investiga su importancia ecológica, económica y cuáles son los depredadores naturales y si estos existen en México.

	<i>Azolla</i>	<i>Salvinia</i>	<i>Marsilea</i>
Raíz	Presente	Ausente	
Venación de las hojas	Libre	Reticulada	
Esporocarpo	Ausente	Ausente	Presente
Origen del esporocarpo	No aplica	No aplica	A partir de una hoja modificada
Soro	Presente	Presente	Presente
Rama portadora de soros (soroforo)	Ausente	Ausente	Presente
Origen del soró	Es un indusio altamente desarrollado	Es un indusio altamente desarrollado	Desarrollo a partir de una hoja modificada Soróforo verdadero

Literatura recomendada

- Andrade-Chávez, I.A. y M.A. Baque-Parrales 2020. Composición química y actividad antioxidante de la lenteja de agua (*Lemna minor* L.). Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias Químicas, **Universidad de Guayaquil**. <https://repositorio.ug.edu.ec/items/c2e241ee-df36-4da3-89c9-298962355322> (revisado 19 enero 2023).
- Barceló-Quintal, I., C. Vázquez-Zago., J. García-Albortante., M. Salazar-Peláez., U. López-Chuken., y C. Zetina-Moguel. 2015. Uso de la *Lemna minor* L. para la fitoextracción de cobre disuelto en una presa mexicana Revista Iberoamericana de Ciencias. <http://reibci.org/publicados/2015/marzo/0500114.pdf>
- Covarrubias, S.A., y J.J., Peña Cabriales. 2017. Contaminación ambiental por metales pesados en México: problemática y estrategias de fitorremediación. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 33: 7-21. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.esp01.01>
- Moran, R. C. 2018. American Genera of Ferns and Lycophytes. A guide for students. The New York Botanical Garden. V 2.0.
- Palacios-Ríos, M. y V. Rico-Garay. 1992. Salviniaceae. Flora de Veracruz. Instituto de Ecología, AC. 71: 1-26
- Sârbu, A., D. Smarandache., A.T. Marinescu, A. M. Paraschiv, C. Mihai, y A. M. Velicu. 2017. Anatomical-histological observations conducted on aquatic ferns In the Danube Delta. Journal of Plant Development, 24: 3-21
- Quiróz-Flores A.J. 2023. La Llegada del Tercer Jinete del Apocalipsis al lago de Tecocomulco, Hidalgo. (un breve relato de cómo se pierde la diversidad y estructura de angiospermas acuáticas). Macpalxochitl. Numero de Julio 2023. Sociedad Botánica de México.

Bibliografía básica

- Abbott, A. & G. Hollenberg. 1976. *Marine algae of California*. Stanford University Press. 827 p.
- Barsanti, L. & P. Gualtieri. 2006. *Algae. Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*. CRC Taylor & Francis, Boca Raton. 301 p.
- Battacharya, D. 1997. *Origins of algae and their plastids*. Springer Verlag. Austria. 287 p.
- Bold, H.C., C.J. Alexopoulos & T. Delevoryas. 1989. Morfología de las plantas y los hongos. Omega, Barcelona. 911 págs. Notas: también las versiones en inglés. Existen ejemplares en la biblioteca de la Facultad de Ciencias, Biblioteca Central y biblioteca del Instituto de Biología.
- Brodie, J. & J. Lewis (eds). 2007. *Unravelling The Algae. The Past, Present, and Future of Algal Systematics*. The Systematics Association Special Volume Series 75. CRC Press. London & New Cork.
- Cavalier-Smith T. 2013. Early evolution of eukaryote feeding modes, cell structural diversity, and classification of the protozoan phyla Loukoozoa, Sulcozoa, and Choanozoa. *European Journal of Protistology* 49(2):115-78.
- Carter-Lund H. & Lund J. W.G. 1995. *Freshwater Algae: Their microscopic world explored*. Biopress Limited. 360 p.
- Cole, K.M. & R.G. Sheath (Eds.) 1990. *Biology of the Red Algae*. Cambridge University Press. New Cork.
- Cronquist, A. 1977. *Introducción a la botánica*. Compañía Editorial Continental. México. 848 págs. Notas: existen ejemplares en la biblioteca de la Facultad de Ciencias, Biblioteca Central y biblioteca del Instituto de Biología.
- Cronquist, A. 1986. *Botánica básica*. Cecsca, México. 655 págs. Notas: existen ejemplares en la biblioteca de la Facultad de Ciencias y en la Biblioteca Central.
- Darley, W. M. 1982. *Algal Biology: a physiological approach*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 168 p.
- Dawes, C.J. 1986. *Botánica Marina*. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México. 673 p.
- Esau, K. 1977. *Anatomía vegetal*. John Wiley & Sons. Nueva York. 550 págs. Notas: también las versiones en inglés. Existen ejemplares en la biblioteca de la Facultad de Ciencias, Biblioteca Central y biblioteca del Instituto de Biología.
- Esau, K. 1982. *Anatomía de las plantas con semilla*. Buenos Aires, Argentina. 512 págs. Notas: también las versiones en inglés. Existen ejemplares en la biblioteca de la Facultad de Ciencias y Biblioteca Central.
- Evert, F.R. 2008. *Esau anatomía vegetal: meristemas, células y tejidos de las plantas, su estructura función y desarrollo*. Omega, Barcelona. 614 págs. Notas: también las versiones en inglés. Existen ejemplares en la biblioteca del Instituto de Biología y en la Biblioteca Central.
- Graham, L. 1993. *Origins of land plants*. John Wiley & Sons Inc. USA. 287 p.
- Graham, L. & L. Wilcox. 2000. *Algae*. Prentice Hall. 640 p.
(brown algae); Capítulo 4 - Human uses of seaweeds.
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2024. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org/>; searched on 9 de enero de 2024.
- Kylin, H. 1956. *Die Gattungen der Rhodophyceen*. C.W.K. Gleerup, Lund. 673 pp.
- Lewin, R. A. 1962. *Physiology and biochemistry of algae*. Academic Press. New York. 929 p.
- Littler, D. S. & M. M. Littler. 2000. *Caribbean Reef Plants. An identification guide to the reef plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of Mexico*. Offshore Graphics Inc., USA. 542 p.

- Lobban, C. & M. Wynne. 1981. *The biology of seaweeds*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 786 p.
- Lobban, C.S. & P.J. Harrison. 1994. *Seaweed Ecology and Physiology*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Margulis, L. & D. Sagan. 1986. *Origins of Sex*. Three Billion Year of Genetic Recombination. Yale University Press. New Haven.
- Parra O. O. & C. E. M. Bicudo, 1995. *Introducción a la Biología y a la Sistemática de Algas continentales*. Ediciones Universidad Concepción.
- Pedroche, F.F. y Senties, A. 2020. Diversidad de macroalgas marinas en México. Una actualización florística y nomenclatural. *Cymbella. Revista de investigación y difusión de algas* 6: 4-55.
- Prescott, G. W. 1978. *How to know the Freshwater Algae*. Wm. C. Brown Co. Dubuque, Iowa. 3ª ed. 293 p.
- Raven, P.H., R.F. Evert & S.E. Eichhorn. 1999. *Biology of Plants*. Sixth Edition. W.H. Freeman & Co. New York.
- Round, F. 1973. *The biology of the algae*. St. Martins Press. New York. 278 p.
- South, R. & A. Whittick. 1987. *Introduction to Phycology*. Blackwell Sci. Pub. Berlin.
- Talaro, K.P. & A. Talaro. 1999. *Foundations in Microbiology*. Third Ed. McGraw-Hill.



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD IZTAPALAPA

División de Ciencias Biológicas y de la Salud



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