



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Facultad de Estudios Superiores Iztacala**



**Estado actual del conocimiento de las algas verdes marinas  
bénticas de las costas de México**

**TESINA**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
BIÓLOGO**

**PRESENTA**

**JUAN ALEJANDRO DE OLARTE DE LOS SANTOS**

**DIRECTORA DE TESINA  
M. en C. GLORIA GARDUÑO SOLÓRZANO**

**LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MÉXICO 2010**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

El trabajo fue desarrollado por el autor en las instalaciones de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, en el herbario IZTA de la Universidad Nacional Autónoma de México bajo la dirección de la M. en C. Gloria Garduño Solórzano. Se desarrollo como parte del proyecto PAPIME EN 211304 “RECURSOS PARA LA ENSEÑANZA PARA DIVERSIDAD VEGETAL I, SECCIÓN FICOLOGÍA”, por lo cual agradezco de manera muy especial el apoyo brindado por el Departamento de medios de la Coordinación editorial de la Facultad para la realización de este documento.

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres**

Alejandro de Olarte Castro y Nicolasa De Los Santos Roque, porque con su sacrificio y esfuerzo han sido un ejemplo a seguir en mi vida. Con todo mi amor y gratitud por darme educación como herencia.

A mis hermanos con mucho cariño Nayeli, Javier e Iván, así también a mi sobrino Diego y toda mi familia en general.

## **AGRADECIMIENTOS**

De una manera muy especial a la M. en C. Gloria Garduño Solórzano, por toda la paciencia, tiempo, conocimiento y experiencia compartidos en la elaboración de este trabajo.

Con mucho cariño a Marisol Medel Osorio y a la señora Maria Victoria Osorio por todo el apoyo incondicional que me brindaron a lo largo de la carrera.

De la misma manera a los Bióls. Virginia Nava Vargas y Peter Mueller Meier por su apoyo en la estructuración de este proyecto. A la maestra Ma. Eugenia Heres, por sus explicaciones en el tema de mitosis de este grupo taxonómico.

A los revisores de este trabajo: Dr. Víctor Rivera Aguilar, Biól. Maria de los Ángeles García Gómez, Biól. Arcelia Pliego Avendaño y Biól. Antonio Moisés Chávez Araujo, por sus puntos de vista para mejor el manuscrito final.

A mis compañeros de carrera Betsabe, Omar, Angélica Rex, Verónica Alba, Verónica Duarte y Lucero por compartir bastantes cosas a lo largo de estos años que serán sin duda inolvidables y esperando seguir conviviendo por muchísimo más tiempo.

# INDICE

	Página
Resumen	6
Introducción	7
Antecedentes	8
Objetivo general	8
Objetivos particulares	8
Metodología	9
Resultados	11
Hábitat y Tamaño	11
Litorales rocosos	11
Playas arenosas	12
Arrecifes coralinos	12
Lagunas costeras	12
Estuarios	12
Manglares	12
Ceibadales	12
Tamaño	12
Formas de vida y de Crecimiento	13
Epilíticas	13
Psamofilas	13
Epizoicas	14
Epifitas	14
Organización celular	15
Pared Celular	15
Núcleo	15
Cloroplastos	15
Pigmentos	16
Pirenoide y Sustancia de Reserva	16
Flagelo	17
Estigma	21
Mitosis	21
Tipos de mitosis	22
Nivel de Organización del talo	23
Partes del talo	24
Estructuras de fijación	26
Reproducción y ciclos de vida	26
Reproducción asexual	26
Reproducción sexual	27
Ciclo de vida de <i>Ulva</i>	27
Ciclo de vida de <i>Derbesia</i>	28
Ciclo de vida de <i>Udotea</i>	29
Clasificación	30
Importancia económica	34

<b>Importancia Alimenticia y Farmacéutica</b>	<b>35</b>
<b>Importancia Ecológica</b>	<b>36</b>
<b>Importancia Evolutiva</b>	<b>36</b>
<b>Biodiversidad y Distribución en las Costas de México</b>	<b>38</b>
<b>Catálogos, Claves y Base de Datos</b>	<b>41</b>
<b>Claves</b>	<b>41</b>
<b>Herbarios, colectores y tipos</b>	<b>43</b>
<b>Localidades Tipo</b>	<b>44</b>
<b>Glosario</b>	<b>45</b>
<b>Discusión</b>	<b>49</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>53</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>54</b>

## RESUMEN

El presente trabajo es el resultado de la documentación, análisis y sistematización de la información biológica, ambiental y uso de las algas verdes marinas bénticas registradas en las costas de México, apoyadas en la revisión de 100 referencias bibliográficas. Forma parte del proyecto PAPIME EN211304 donde se aborda la elaboración de diferentes CD multimedia de los grupos algales, con este material se espera mejorar el aprendizaje de los alumnos para el curso de Diversidad Vegetal I y será un complemento de los textos impresos de cada tema. Los objetivos fueron elaborar un texto teórico actualizado y bien documentado sobre la biología de las algas verdes marinas que apunte los elementos que permitan cubrir la interfase basada en las cartas descriptivas del módulo de Diversidad Vegetal I. Para elaborar el texto se documentó cada uno de los siguientes aspectos: introducción, hábitat, tamaño, pigmentos, sustancias de reserva, pared celular, talos, diferenciación de las partes del talo y las clasificaciones taxonómicas desde Taylor (1960) hasta Wynne (2005). En el caso de los ciclos de vida se incluyó información sobre su reproducción sexual y asexual así como los ciclos de vida de tres géneros característicos. Se aborda la importancia económica y ecológica, la biodiversidad y la distribución en las Costas de México y se anexa un glosario con 107 términos que ayudan a la comprensión del grupo. El texto consta de 60 páginas, 4 tablas, tres esquemas de ciclos de vida, 23 figuras para representar de una manera sencilla los conceptos abordados y se incluye la información de la base de datos elaborada en Excel con 352 registros. El catálogo de las algas marinas verdes bentónicas del Pacífico de México registra 41 géneros con 178 especies. Por su parte, para el Golfo de México y Mar Caribe 47 géneros con 164 especies; de ellas se comparten 72 especies para las costas mexicanas y 11 géneros son exclusivos del Pacífico. Los géneros con mayor riqueza específica son: *Cladophora* (44), *Codium* (21), *Caulerpa* (19), *Ulva* (19), *Chaetomorpha* (18) y *Halimeda* (14), de ellos *Caulerpa* y *Halimeda* son géneros que se presentan con mayor frecuencia en el Golfo de México y Mar Caribe y el resto de los géneros se distribuyen mejor en el Pacífico mexicano. Los usos medicinales, artesanales y de alimento quedaron registrados por 30 taxa, de los cuales los géneros *Enteromorpha* y *Ulva* son los más representativos. Con toda esta información será posible la elaboración del CD multimedia de algas verdes para el Módulo de Diversidad Vegetal I.

Palabras clave: Chlorophyceae, algas verdes marinas, costas mexicanas.

## INTRODUCCIÓN

Las algas verdes (=Phyllum Chlorophyta) integran una riqueza florística mundial de 8 600 especies, organizadas en 500 géneros, 22 órdenes y 75 familias (Silva, 1982); solo los órdenes Bryopsidales y Dasycladales son exclusivamente marinas. Una gran variedad de formas habitan en los ambientes marinos, desde las regiones polares hasta las tropicales (Garduño *et al.*, 2002).

Son organismos eucariontes, pigmentados y fotosintéticos, en inglés reciben el nombre común de “green seaweed”, porque contienen clorofilas *a* y *b*, lo que les confiere una tonalidad verde, su pared celular es generalmente de celulosa, la sustancia de reserva es almidón, los flagelos presentan un axonema, cuerpo basal, zona de transición y rizoplasto; estos sólo se presentan en las zoosporas y los gametos.

El tamaño de las algas verdes marinas bentónicas oscila desde los dos cm hasta los 15 m de longitud; pueden estar organizado por filamentos, láminas, vesículas, redes, y cladomas uniaxiales y multiaxiales.

La mitosis puede ser cerrada o abierta. Por su parte, la citoquinesis desarrolla un ficoplasto o fragmosplato. Estos elementos suman caracteres taxonómicos para distinguir las principales líneas evolutivas de las algas verdes (Hoek *et al.*, 1995).

La reproducción asexual se lleva a cabo por fragmentación, acinetos, división segregativa y formación de esporas móviles (zoosporas) e inmóviles (aplanosporas).

La reproducción sexual ocurre por isogamia, anisogamia y oogamia. En general el ciclo de vida es haplonte con alternancia de fases nucleares y meiosis cigótica (Garduño *et al.*, 2002).

Las Dasycladales reúnen organismos con impregnaciones de CaCO<sub>3</sub>, los registros fósiles encontrados corresponden a varios periodos geológicos. El más antiguo pertenece a *Cambroporella* y *Amgaella* del Cámbrico, hace 542 millones de años. También en el Ordovícico, Silúrico y Devónico se han encontrado 23 géneros fósiles (Berger y Kaeffer, 1992).

A lo largo de los 11 000 km de las costas mexicanas se reconocen 72 géneros con 342 especies. En Tamaulipas y Tabasco la vegetación de macroalgas verdes es pobre. En contraste en el Mar Caribe y Golfo de California, la vegetación algal crece de manera exuberante (Ortega *et al.*, 2001 y Pedroche *et al.*, 2005).

Las investigaciones ficoflorísticas realizadas hasta ahora en las costas mexicanas reúnen principalmente información del piso intermareal (Ortega *et al.*, 2001). Por su parte, el infralitoral ha sido poco explorado entre 4 y 30 m de profundidad, donde se han localizado especies como: *Anadyomene lacerata*, *Caulerpa*

*webbiana*, *Microdictyon boergesenii*, *Rhipiliopsis stri*, *Rhipidosiphon floridensis* y *Udotea cyathiformis* (Mendoza-González et al., 1993).

## ANTECEDENTES

En el Encuentro de Proyectos PAPIME celebrado del 08 al 10 de octubre de 2007, en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala se presentaron los avances de diferentes investigaciones, de ellos los siguientes involucran temas de biodiversidad vegetal y animal de la carrera de Biología. Varona Graniel *et al* (2007) elaboran el material didáctico digital para el mejoramiento de la enseñanza y el aprendizaje de los módulos de Diversidad Animal I. Lugo Vázquez *et al.*, en preparación, promueven materiales multimedia para la enseñanza de la diversidad de los grupos de microorganismos en los niveles bachillerato y licenciatura. Aguilar Rodríguez, S. *et al.*, (2008) elaboraron el material multimedia para apoyar y mejorar la enseñanza del módulo de Vegetal II. Y en Diversidad Vegetal I, sección Ficología dan a conocer los avances de cinco CD multimedia de algunos grupos algales Pardas (Garduño *et al.* 2006); Diatomeas (Oliva *et al.* 2007); Euglenoideos (Garduño *et al.* 2007); Algas Pardo-doradas (García-Gómez *et al.*, 2007) y Dinoflagelados (Garduño *et al.*, 2009).

Este trabajo forma parte del proyecto PAPIME EN211304 donde se documentan e ilustran los diferentes grupos algales registrados en México. Los productos previos corresponden a las algas pardas, diatomeas, euglenoideos, pardo doradas y dinoflagelados que han sido elaborados tanto en CD multimedia como en un libro impreso. Esta contribución documenta el contenido correspondiente al tema de las algas verdes marinas, se liga el guión de contenido con las imágenes que apoyan la comprensión de los conceptos. También incluye en ocasiones, cápsulas de información adicional, que complementan el tema tratado señalándose con el título ¿sabías qué?

**OBJETIVO GENERAL:**

Documentar las características vegetativas y reproductivas de las algas verdes marinas bénticas, para apoyar el Módulo de Diversidad Vegetal I.

**OBJETIVOS PARTICULARES:**

Elaborar el contenido que señalen los elementos que permitan explicar las siguientes características: hábitat y tamaño, pigmentos, sustancias de reserva, pared celular, talos, diferenciación de las partes del talo, reproducción sexual y asexual, ciclos de vida, importancia económica, biodiversidad y distribución en las costas de México.

Crear un glosario y una galería de fotos para apoyar los conceptos vegetativos y reproductivos de las algas verdes marinas.

## METODOLOGIA

Para la realización del contenido y posteriormente guión multimedia se investigó en fuentes bibliográficas (artículos y libros especializados). Esta información fue dividida en nueve secciones donde se abordaron los diferentes rubros de las cartas descriptivas del módulo de Diversidad Vegetal I (<http://biologia.iztacala.unam.mx/areas-academicas>) y con ello se elaboró una interfase.

- I. Introducción. Los temas que abarca son: hábitat, tamaño, pigmentos, sustancias de reserva, pared celular, talos y diferenciación de las partes del talo. Para ello se consultaron las obras de Acleto y Zuñiga (1998), Hoek *et al.*, (1995), Garduño *et al.*, (2002) y Lobban y Wynne (1981).

- II. Clasificación. En esta sección se desarrolló una breve descripción de los esquemas de clasificación propuestos por Abbott y Hollenberg (1976), Bold y Wynne (1978), Cavalier-Smith (1998), Hoek *et al.*, (1995), Schneider y Searles (1991), Silva *et al.*, (1987, 1996), Strasburger *et al.*, (2004), Taylor (1960) y Wynne (1998, 2005).

- III. Ciclos de vida. En esta parte se exponen los aspectos de la reproducción sexual y asexual además de representar con imágenes los ciclos de vida de *Ulva*, *Derbesia* y *Udotea*, además de que fueron apoyados en cuanto a las obras de Dawson (1966) y Mateo-Cid y Mendoza-González (1993).

- IV. Importancia económica, ecológica y ornamental. Se anotaron los distintos usos registrados a través del análisis de las siguientes referencias: Aldón *et al.*, (2008), De Lara-Isassi y Álvarez Hernández, (1994, 1995, 1998); De la Lanza *et al.*, (1989, 1994), De Lara-Isassi, Ponce-Márquez, (1991), Lara-Isassi, Hernández y Anzures (1994), Lara-Isassi *et al.*, (1999), Martínez-Lozano (1991), Martínez-Antonio y Murillo-Álvarez (2008).

- V. Biodiversidad y distribución en las costas de México. En este apartado se presenta la diversidad de las algas verdes marinas de las costas mexicanas, así como su localización. Para este aspecto se elaboró una base de datos en Excel con la información principalmente de Ortega *et al.*, (2001) y Pedroche *et al.*, (2005). Para discutir los resultados se consultaron las obras de Collado-Vides *et al.*, (1994), Garduño *et al.*, (2005), Lehman y Tunnel (1992), Lüning (1990), Mateo-Cid y Mendoza-González (2000), Santelices (1977), Serviere-Zaragoza *et al.*, (1992) y Tamayo (1962).

- VI. Glosario. En esta sección se enlistan los conceptos que se consideran importantes para aclarar los distintos temas. En este caso se consultaron las obras de Acleto y Zuñiga (1998), Carmona *et al.*, (2004); De la Lanza (1999), Dieguez (1990), Dobzhansky *et al.*, (1988); Douglas (1986); Font Quer (1975); Ulloa (1991), León-Álvarez *et al.*, (2007) y Scagel *et al.*, (1987).

- VII. Presentaciones en Power Point, en este bloque se incluye la diagnosis de cada género con un hipervínculo que lleva a la ilustración de los géneros que están citadas en las costas mexicanas.

- VIII Galería de imágenes. La galería de fotos se conformo a través de la reunión de imágenes en jpg de los organismos colectados previamente, así como de aquellos que se encuentran en forma de diapositiva en el herbario IZTA y de los esquemas necesarios buscados en la bibliografía o diferentes páginas de Internet. También se incluyen las imágenes que el autor obtuvo en el trabajo de campo (noviembre 2008) y las observaciones al microscopio óptico de algunas especies que se determinaron. Por lo anterior fue necesario utilizar una cámara digital con 7.2 mega píxeles marca Sony y las imágenes se procesaron en Adobe Photoshop con formato jpg. También se digitalizaron las diapositivas necesarias para ilustrar algunos conceptos, así como sus ciclos, estructuras y ambientes donde se desarrollan los diferentes taxa.

- IX Colecciones. Como complemento para conocer todos los géneros involucrados en el texto se revisaron las colecciones de referencias. En principio se revisó la colección del herbario IZTA para incluir los ejemplares que permitan ilustrar las características de cada uno de los géneros citados en las costas mexicanas del Golfo de México (Littler y Littler, 2000). Y posteriormente se revisaron para este caso algunos de los herbarios nacionales tales como: ENCB-IPN a cargo de la Biól. Ángela Catalina Mendoza González, MEXU a cargo del Dr. José Luís Godínez Ortega y FCMM Ocean. Raúl Aguilar Rosas.

## RESULTADOS

### HÁBITAT Y TAMAÑO

**HÁBITAT.** Las algas verdes marinas viven frecuentemente adheridas. Los hábitats donde se pueden desarrollar son: litorales rocosos, arenosos, arrecifes coralinos, lagunas costeras, estuarios, manglares y ceibadales (Fig.1).



Figura 1. Algunos tipos de sustratos y tamaños de las macroalgas verdes marinas a) *Ulva fasciata*, b) *Caulerpa sertularioides*, c) *Chaetomorpha antennina* y d) *Acetabularia crenulata* (fotos cortesía Biol. Mendoza González y Dra. Mateo Cid).

**Litorales Rocosos:** Son los menos comunes a lo largo de las costas mexicanas, resultado de las estribaciones del Eje Neovolcánico se desprenden abundantes rocas basálticas ásperas de color negro, que en las costas favorecen la adsorción de calor y el crecimiento de *Ulva*, *Codium* y *Cladophora*.

En Quintana Roo y Yucatán, se localizan rocas blancas que reflejan la luz en beneficio de las macroalgas que las habitan, ejemplo *Acetabularia crenulata*, *Acetabularia polyphysoides*, *Acicularia schenkii* y *Cladophora catenata* (Garduño *et al.*, 2005)

Las **Playas Arenosas** no consolidadas por lo general carecen de vegetación. O bien cuando se forma una charca con poca influencia de la marea pueden desarrollarse tapetes de los géneros *Ulva* y *Enteromorpha* (Lot-Helgueras, 1971).

**Arrecifes Coralinos:** En costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe se presentan tres sistemas arrecifales importantes, el primero frente a Veracruz, llamado sistema arrecifal Veracruzano, el segundo denominado Banco Campeche y finalmente frente a Quintana Roo se localiza el arrecife de barrera más grande del país. Algunas de las especies que se encuentran entre los corales son: *Avrainvillea nigricans*, *Anadyomene stellata*, *Cymopolia barbata*, *Halimeda opuntia*, *Neomeris annulata*, *Petrosiphon adherens* y *Ventricaria ventricosa* (Garduño *et al.*, 2005).

**Lagunas costeras.** En lagunas costeras donde la salinidad se modifica con frecuencia, se desarrollan especies eurihalinas como: *Chaetomorpha linum*, *Cladophora sericea*, *C. glomerata*, *Ulva flexuosa* y *Rhizoclonium riparium* (Sánchez-Rodríguez, 1991 y Serviere-Zaragoza *et al.*, 1992).

**Estuarios:** Son ambientes con cambios diarios de salinidad, también conocido como mixohalinidad, en ellos se han reconocido 15 especies para México. Los estuarios eutróficos, se caracterizan por la presencia de baja visibilidad, salinidad media y alto contenido de nutrientes. Estos se localizan en la porción tropical del Pacífico mexicano y Golfo de México; algunas especies que podemos encontrar en estos lugares son: *Blidingia marginata*, *Ulva compressa*, *Chaetomorpha antennina*, *Rhizoclonium africanum*, *Cladophora albida*, *Derbesia marina* y *Bryopsis hypnoides*. Por su parte, los estuarios oligotróficos, son de aguas transparentes, salinidad casi marina, bajo contenido en nutrientes y altas cantidades de calcio. Se localizan al norte de Yucatán y Quintana Roo, las algas verdes que crecen en este ambiente son: *Batophora oerstedii* y *Acetabularia calyculus* (Dreckmann *et al.*, 2006).

**Manglares:** son lugares donde crecen *Rhizophora sp.* y *Avicennia sp.* entre las raíces adventicias se acumulan sedimentos que forman la turba del mangle; en ellas se localizan algunas especies de *Cladophora* y *Rhizoclonium* (Shepard, 1995).

**Ceibadales.** Otro ambiente lo conforman las playas arenosas con oleaje moderado y presencia de praderas de pastos marinos o ceibadales (Lot-Helgueras, 1971), donde crecen algunos representantes de la familia Cladophoraceae como son: *Cladophora albida*, *C. glomerata* var. *crassior* y *C. montagneana*. En el Caribe son muy abundantes las Udoteaceae que se implantan en la arena, formando grandes praderas entre los pastos marinos de *Thalassia testudinum*, *Syringodium* y *Halodule*.

**Tamaño:** El tamaño de las algas verdes marinas va desde las pequeñas como el género *Valonia* entre 2 a 5 cm de longitud hasta 15 m como en *Codium*

*cylindricum*, especie del Japón. En México *Codium amplivesiculatum* alcanza 10 m de longitud en la costa del Pacífico de Baja California (Pedroche *et al.*, 2002).

## FORMAS DE VIDA Y DE CRECIMIENTO

### Epilíticas

Sobre guijarros o cantos rodados, sustratos constituidos por pequeñas rocas redondas de 4 a 64 mm, producidas por el desgaste de rocas de mayor tamaño y cuyas rugosidades permiten la adhesión de las macroalgas se encuentran especies representativas como *Acetabularia farlowii*, *Acicularia schenckii*, *Cymopolia barbata*, *Neomeris annulata*, *N. dumetosa* y *Chalmasia antillana*, *Blidingia minima* y *Ulva linza* (Fig. 2).



Figura 2. *Blidingia minima* y *Ulva linza* sobre rocas, tomadas de [www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)

**Psamófilas** (entre los granos de arena), crecen representantes de las familias Caulerpaceae (*Caulerpa*), Halimedaceae (*Halimeda*), Udoteaceae: (*Avrainvillea*, *Penicillus*, *Rhiphilia*, *Rhipocephalus*, *Udotea*, *Bodleopsis*, *Cladocephalus*) y Dasycladaceae (*Batophopra*, *Cymopolia*, *Dasycladus* y *Neomeris*). La composición de arena y limo entre los rizomas de pastos marinos (*Thalassia*, *Halodule* y *Ruppia*) ofrece otro sustrato para *Cladophoropsis macromeres* y *Ulva flexuosa* (Fig. 3).



Figura 3. *Udotea orientalis* (izquierda) y *Halimeda macroloba* (derecha).

**Epizóicas** (sobre animales) existen representantes de las familias Dasycladaceae, Polyphysaceae, Ulvaceae y Anadyomenaceae. *Acetabularia crenulata*, *Neomeris sp.* y *Dasycladus vermicularis* crecen sobre animales móviles como los moluscos. En corales vivos o muertos se presentan especies como *Avrainvillea nigricans*, *Anadyomene stellata*, *Cymopolia barbata*, *Halimeda opuntia*, *Neomeris annulata*, *Petrosiphon adherens* y *Ventricaria ventricosa* (Fig. 4).



Figura 4. Especies de algas sobre moluscos, en la parte superior izquierdo *Ulva linza*, del lado superior derecho *Cladophora conchophera* ([www-es.s.chiba-u.ac.jp](http://www-es.s.chiba-u.ac.jp)) y *Ulva compressa* ([www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)) en la parte inferior.

**Epífitas** (sobre plantas) las algas que crecen sobre pastos marinos en su mayoría corresponden a filamentos como *Cladophora montagneana*, *C. sericea*, *C. vagabunda* y *Rhizoclonium riparium* (Collado-Vides *et al.*, 1994).

**¿SABÍAS QUÉ...? Flotadoras.** En lagunas costeras se pueden desarrollar masas de filamentos algales flotando de: *Cladophora sericea*, *Chaetomorpha aerea*, *C. brachygona*, *C. gracilis*, *C. linum*, *Rhizoclonium africanum*, *R. riparium* y *Ulothrix flaca* (Collado-Vides *et al.*, 1994).

**¿SABÍAS QUÉ...? Sustratos artificiales.** También pueden crecer sobre madera *Ulva flexuosa* y *U. compressa*; sobre cuerdas de lancha, *Rhizoclonium riparium* y *Chaetomorpha linum*; sobre unicel, *Derbesia marina*; y sobre cable de polipropileno, *Ulothrix flaca* y *Cladophora laetevirens*. Algunos otros ejemplos que

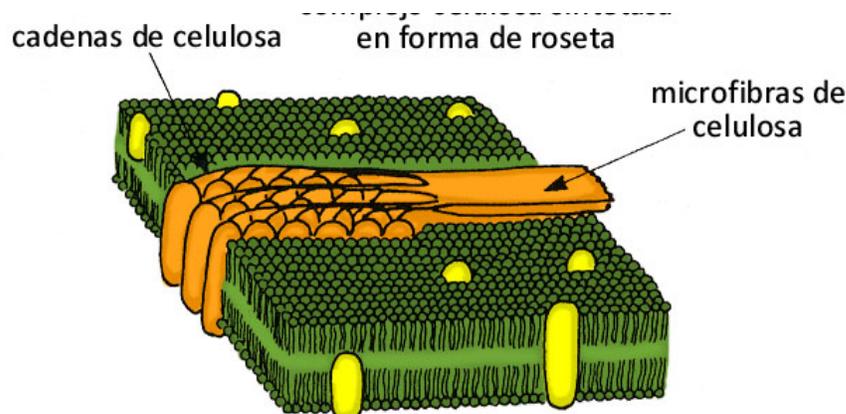
crecen sobre rocas de escolleras y muelles son: *Chaetomorpha antennina*, *Cladophora patentiramea*, *Cladophoropsis membranacea* y *Ulva fasciata*.

## ORGANIZACIÓN CELULAR

### PARED CELULAR

La pared celular está organizada en una capa interna de celulosa y otra externa de pectina (Fig. 5). En géneros como *Cladophora*, se presenta una tercera capa de quitina mientras que en *Caulerpa*, la celulosa está sustituida por otros polisacáridos como mananas, xilanos o xiloglucanos. En las Sifonales, es de calosa, impregnada de carbonato de calcio. Las Dasycladales contienen  $\beta$  1-4 manosa y celulosa. En *Acetabularia* y *Neomeris* la pectina está impregnada de calcita (Garduño *et al.*, 2002).

La estructura y composición de la pared celular varían según la edad e historia de vida; por ejemplo en *Derbesia* presenta xilosa y glucano en la fase gametofítica, mientras que manosa y glucano en la fase esporofítica.



b-Estructura de la pared celular en Cladophorophyceae

Figura 5. Esquema general de la pared celular, donde se observan las fibrillas de celulosa y la membrana celular, tomado de Hoek *et al.*, (1995).

**NÚCLEO.** El núcleo eucarionte en general es esférico, con uno o más nucleolos. Hay representantes taxonómicos uninucleados (Ulvales) y multinucleados (Cladophorales). En *Acetabularia*, su tamaño oscila entre 75 a 100  $\mu$ m.

**CLOROPLASTOS.** El cloroplasto es un organelo con doble membrana que contiene de dos a seis tilacoides; DNA en pequeñas vesículas de uno a dos  $\mu$ m de diámetro, y además uno o varios pirenoides. El cloroplasto presenta varias formas, según cada género, por ello representan un importante carácter taxonómico. Con base en su función son: homoplásticos (con o sin pirenoides) o heteroplásticos. Este último tiene amiloplastos en adición al cloroplasto (Hoek *et al.*, 1995).

**PIGMENTOS** Los pigmentos que contienen las algas verdes marinas son las clorofilas *a* y *b*;  $\alpha$ ,  $\beta$ , carotenos y xantofilas como la luteína, violaxantina, anteraxantina, zeaxantina y neoxantina. En las Bryopsidales contienen sifoneína y sifonoxantina.

### PIRENOIDES Y SUSTANCIAS DE RESERVA

El pirenoide, cuando lo hay, es una masa incolora fundamentalmente de proteínas, el cual se encuentra inmerso en el interior de los cloroplastos y atravesado por algunos tilacoides. Su forma generalmente es redonda, depositándose en la periferia la sustancia de reserva que es el almidón. El pirenoide es capaz de fijar dióxido de carbono a través de la enzima RuBisCo (ribulosa 1,5 difosfato carboxilasa-oxygenasa). Se pueden distinguir al teñirse con lugol, ya que se observa de color pardo (Hoek *et al.*, 1995) (Fig. 6).

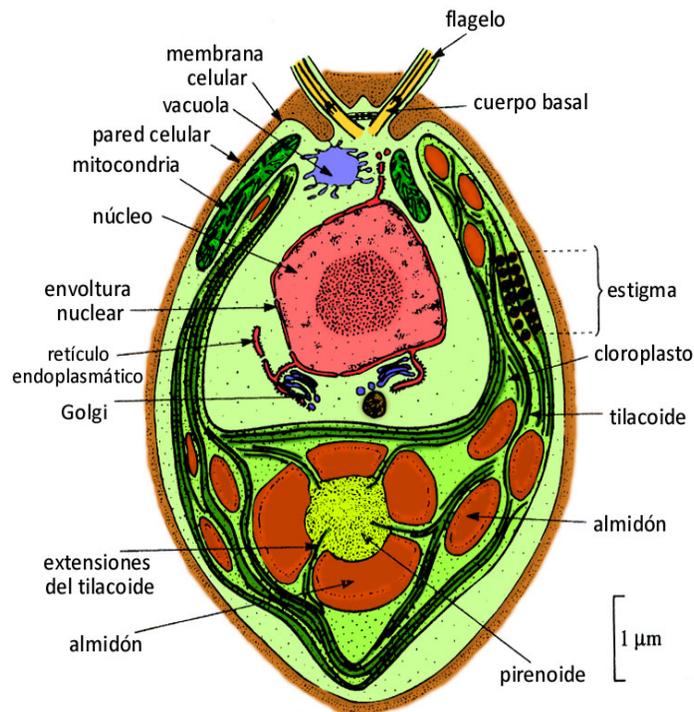


Figura 6. Sección longitudinal de *Chlamydomona* nótese el acomodo del pirenóide y el cloroplasto, así como de la sustancia de reserva., tomado Hoek *et al.*, (1995)

El almidón es un polisacárido localizado alrededor del pirenoide o distribuido en el estroma de los cloroplastos (Hoek *et al.*, 1995) (Fig. 7).

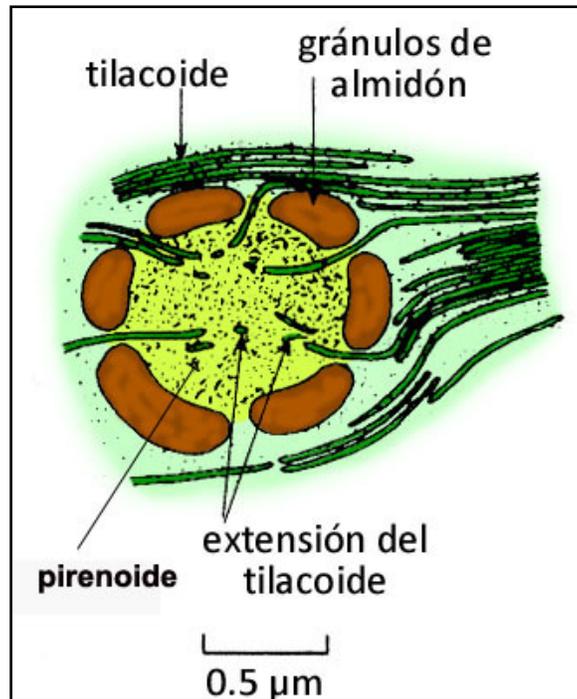


Figura 7. Pirenoide intraplástico con tilacoides incluidos y rodeado por gránulos de almidón, tomado de Hoek *et al.*, (1995).

## FLAGELO

Las células flageladas se desarrollan exclusivamente en zoosporas o gametos. Los flagelos generalmente son dos o cuatro, de inserción terminal, isocontos y sin mastigonemas.

El aparato flagelar consta de un axonema flagelar, una zona de transición, un cuerpo basal y un rizoplasto (Fig. 8).

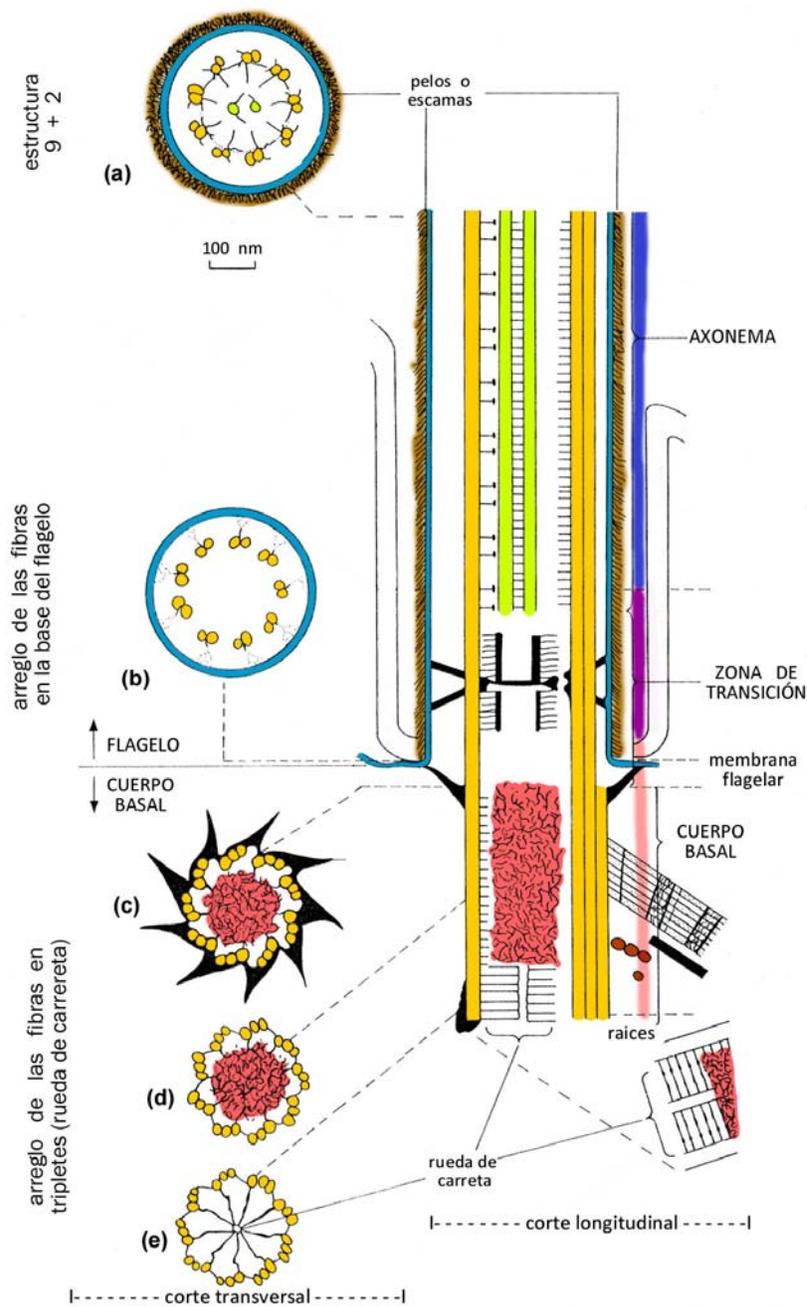


Figura 8. Representación del axonema flagelar, región de transición, cuerpo basal y elementos de las fibras que conectan con la raíz flagelo, en corte longitudinal (derecha) y en corte transversal (izquierda) (South y Whittick, 1987).

El axonema contiene microtúbulos constituidos de tubulina organizados en 9+2. A lo largo de este se disponen pelos delicados o escamas (Hoek *et al.*, 1995, Graham y Wilcox, 2000) (Fig. 9).

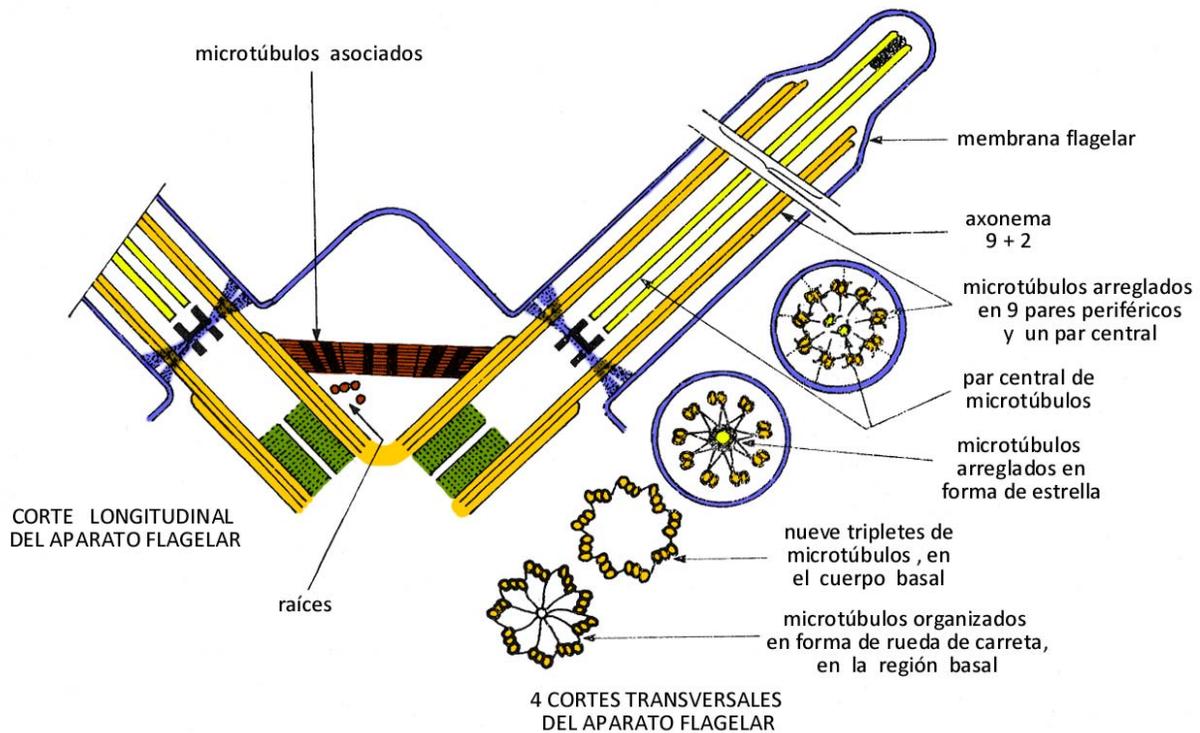


Figura 9. Esquema de los flagelos, en vista longitudinal (izquierda) y transversal en los círculos de la derecha (Hoek *et al.*, 1995).

En las *Pyramimonas*, se reconocen varios tipos de escamas, las internas son pentagonales, seguidas de forma de herradura y las externas tubulares. Con una talla de 1200 nm de largo y 15 nm de grueso, cuya naturaleza química es ácido D-galacturónico (Hoek *et al.*, 1995).

En la zona de transición los microtúbulos se encuentran arreglados en forma de estrella y en el cuerpo basal se observan nueve tripletes de microtúbulos organizados en forma de rueda de carreta.

El arreglo del aparato flagelar considerando las raicillas, los microtúbulos y el cuerpo basal determina dos tipos de organización. El unilateral que es asimétrico y el cruciforme con simetría bilateral. También se presentan en algunos taxa zooides estefanocontes, los que exhiben una corona de flagelos cortos de igual longitud, con simetría radial.

Las células flageladas del tipo cruciforme, se organizan en tres modelos diferentes. El primero, con organización 11-5 según las manecillas del reloj, los cuerpos basales están ligeramente desviados en sentido contrario a las agujas del reloj. Este arreglo se presenta en

Bryopsidophyceae, Cladophorophyceae y Dasycladophyceae.

El segundo, con organización 12-6 horas, los flagelos se disponen en línea.

El tercero, con organización 1-7 horas, los cuerpos basales están desplazados ligeramente con respecto a las agujas del reloj como las presentadas en las Chlorophyceae (Fig. 10).

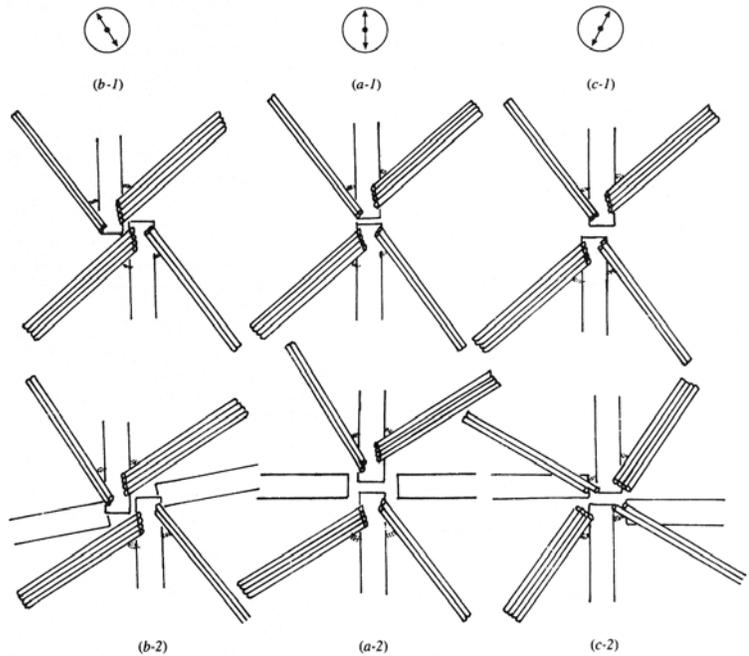
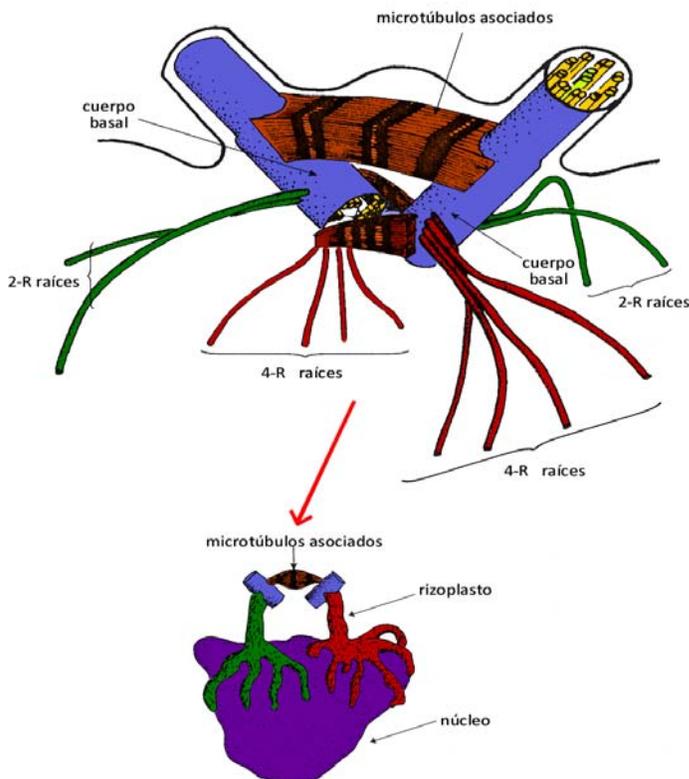


Figura 10. Esquema donde se muestran los diferentes modelos de organización del cuerpo basal, microtúbulos y flagelos. De izquierda a derecha, organización 11-5, 12-6 y 1-7; tomada de van den Hoek *et al.*, 1995.

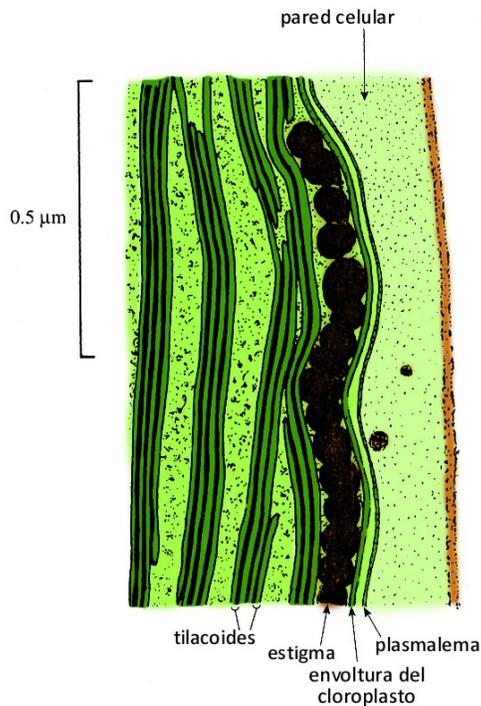


El aparato flagelar tiene un alto valor taxonómico, ya que se considera al tipo 12-6 como la estructura ancestral, en el que se basa la construcción del árbol filogenético de las algas verdes.

Las raíces microtubulares se fijan al núcleo para constituir el rizoplasto (Fig. 11).

Figura 11. Microtúbulos fijados al núcleo para formar el rizoplasto, tomada de van den Hoek *et al.*, 1995.

## ESTIGMA



El estigma está formado por gránulos de carotenos circulares, está localizado en los gametos y zoosporas, éstos se relacionan con la fototaxis (Fig. 12).

Mogi *et al.*, (2008) observaron en microscopia electrónica de barrido que en los gametos biflagelados de *Ulva compressa*, además de los estigmas se localizan estructuras electrodensas y ovals que funcionan como sitios de apareamiento, limitados en la membrana celular cerca del aparato flagelar.

Los sitios de apareamiento pueden ser el tipo MGEC-1( $mt^+$ ) donde esta estructura se localiza en el mismo lado que el estigma. En tanto que el tipo MGEC-2 ( $mt^-$ ) se sitúa en el lado opuesto del estigma.

Figura 12. Esquema donde se observan los estigmas formando una serie de gránulos de caroteno, entre los tilacoides y la envoltura del cloroplasto en *Chlamydomonas eugametos*, tomada de Hoek *et al.*, 1995.

## MITOSIS

En las algas verdes la mitosis puede ser cerrada y abierta. La primera se distingue porque la envoltura nuclear permanece intacta; mientras que en la mitosis abierta la membrana nuclear desaparece durante la división celular.

Según Hoek *et al.*, (1995) en las algas verdes se presentan varios tipos de mitosis (I-VIII), basadas en la presencia o ausencia de la membrana nuclear, persistencia del huso mitótico en telofase, la participación de diferentes organelos celulares en la formación de la nueva membrana y pared celular (rizoplasto, vesículas de golgi, retículo endoplásmico, cloroplasto, centríolo, retículo endoplásmico perinuclear, y retículo endoplásmico liso, la presencia o ausencia de citoquinesis que en algunos casos involucra la formación de un ficoplasto o fragmoplasto, como se puede observar en la tabla 1.

**Tabla 1. Tipos de mitosis que se presentan en las algas verdes, según Hoek et al., 1995.**

Tipo	Características	Presente en
<b>I</b>	Mitosis abierta donde el huso mitótico persistente en la telofase, los rizoplastos actúan como centriolos y se presentan numerosas vesículas del aparato de Golgi, para formar la nueva membrana celular. La citoquinesis se realiza por una invaginación.	<i>Pyramimonas</i>
<b>II</b>	Mitosis cerrada sin huso mitótico en la telofase, los cuerpos basales actúan como centriolos, citoquinesis involucra la formación de un ficoplasto.	<i>Chlamydomonas</i>
<b>III</b>	Mitosis cerrada sin huso mitótico en la telofase, con una o dos capas de retículo endoplasmático perinuclear, durante la citoquinesis se forman en los dos núcleos hijos una gran cantidad de vesículas del retículo endoplásmico rugoso con ficoplasto	Orden Chlorococcales Género <i>Cylindrocapsa</i>
<b>IV</b>	Mitosis cerrada donde participan un par de centriolos que dirigen la formación del huso mitótico, al dividirse se alinean los cromosomas sin cinetocoros para forman un ficoplasto a partir de una pared celular joven y plasmodesmos con la participación del aparato de golgi	Orden Chaetophorales Género <i>Uronema</i>
<b>V</b>	Mitosis cerrada con huso mitótico en telofase, citoquinesis por un surco de afuera hacia adentro con vesículas de Golgi	Clase Ulvophyceae Género <i>Ulothrix</i>
<b>VI</b>	Mitosis cerrada con huso mitótico persistente en telofase, donde los núcleos hijos permanecen unidos a través del huso mitótico persistente que da la apariencia de una pesa	Clase Cladophorophyceae Género <i>Valonia</i>
<b>VII</b>	Mitosis abierta, localizando un par de centriolos, se forma el huso mitótico persistente en telofase, se dividen el plasto y pirenoide que junto con el núcleo hijo se lleva a cabo la citoquinesis a través de un fragmoplasto	Clase Klebsormidiophyceae <i>Klebsormidium</i>
<b>VIII</b>	Mitosis abierta con huso mitótico persistente en telofase, citoquinesis por la formación de fragmoplasto y numerosas vesículas de golgi con plasmodesmos	Clase Klebsormidiophyceae <i>Coleochaete</i>

En las algas verdes marinas se han observado principalmente los tipos V y VI en algunas especies de los géneros *Ulothrix* y *Valonia* respectivamente.

## NIVEL DE ORGANIZACIÓN DEL TALO

Las algas verdes marinas bentónicas presentan una compleja variedad de formas y organización estructural desde 1) filamentos simples, 2) filamentos ramificados, 3) láminas, 4) redes, 5) filamentos cenocíticos y vesículas, 6) complejos cladomas uniaxiales o multiaxiales.

Los filamentos simples están constituidos de una hilera de células, resultado de un solo plano de división, por lo regular con crecimiento apical. En la célula basal se forma un disco o rizoide, o bien se desprenden y flotan libremente, por ejemplo, *Chaetomorpha* y *Ulothrix*.

Los filamentos ramificados, se generan por el desarrollo lateral de una o más células del talo, por ejemplo *Cladophora*. Pueden ser heterótricos, es decir, están formados por dos partes: una base postrada y un sistema ramificado erecto.

Los tipos de ramificaciones pueden ser irregulares, dísticas, dicotómicas, verticiladas, paniculares y redes.

Las láminas se originan como resultado de la división de más de un plano, inicialmente se forman de un filamento simple y más tarde se transforma en una estructura foliácea uni o biestratificada; éstos se fijan al sustrato por medio de rizoides o discos.

Las redes se originan a partir de la agregación de filamentos, como en *Microdyction*, o láminas pseudoparenquimatosas como en *Anadyomene*.

Los filamentos cenocíticos conforman los sifones organizados en estructuras tubulares multinucleados sin septos celulares. Este tipo de talo se desarrolla principalmente en el orden Siphonales género *Siphonocladus*.

Las vesículas están formadas de células que se modifican por el tipo de división segregativa que se desarrolle. El primer tipo, endógena, involucra la división del protoplasto en porciones esféricas de diferentes tamaños que secretan una membrana individual cada uno y, mas tarde, se expanden hasta ponerse en contacto, formando un pseudoparénquima; generando una estructura en forma de panal de abejas, como en *Dictyosphaeria*.

En el segundo tipo, exógena, involucra la expansión de los nuevos segmentos citoplasmáticos que generan protuberancias externas sobre la pared parietal. Para lograr ésta reproducción está involucrada la acción de la actina del citoplasma, asociada a las proteínas calmodulina y miosina (Graham y Wilcox, 2000), como ejemplo *Valonia*.

Las formas complejas están organizadas por la agregación de filamentos cenocíticos. Estos filamentos ramificados, por lo general aseptados en estado

vegetativo, presentan en algún momento septos en la base de las estructuras de reproducción. Dicha estructura vegetativa puede ser un complejo cladoma uniaxial o multiaxial.

En el cladoma uniaxial, el eje principal es erecto o rastrero, sobre éste crecen otras ramificaciones laterales. Cuando el eje es erecto constituye el estípite, mientras que las ramas verticiladas pueden permanecer libres o fusionadas para generar en conjunto un disco formado de rayos. Por otra parte, cuando el eje principal es rastrero constituye el estolón, mientras que las regiones fotosintéticas son llamadas filoides asimiladores y las estructuras de fijación al sustrato son los rizoides, por ejemplo *Acetabularia*.

Los complejos multiaxiales se organizan por un conjunto de células axiales coalescentes que forman el eje principal acompañados de una serie de ramificaciones. En éstos se presentan filoides o región fotosintética, esponjas con abundantes vellosidades en el margen y el rizoide o estructura de fijación al sustrato. En general este tipo de talos parecen "arbolitos". Los filoides suelen estar libres o fusionados, se desarrollan con artículos calcificados y no calcificados a partir de un corto estípite y una masa rizoidal bien definida. Las brochas o pinceles corresponden al filoide, el estípite erecto y la masa rizoidal embebida en el sustrato arenoso. Por ejemplo *Udotea*.

## **PARTES DEL TALO**

En las macroalgas de mayor tamaño y complejidad morfológica, se distinguen tres secciones: el filoide, el estípite y la masa rizoidal (Fig. 13).

El filoide, es la región fotosintética, que puede presentar muchas formas (láminas, hojas, brochas, pinceles, discos, entre otros).

El estípite es una estructura engrosada como un tallo, erecta o postrada, situada entre los rizoides y el filoide. Recibe también el nombre de pie o pedicelo. Cuando es postrada, lleva el nombre de estolón.

La masa rizoidal, es el conjunto de rizoides bien organizados embebidos en el sustrato.

En algunos casos, las células vegetativas se modifican en células tenáculars, células lenticulares, trabéculas, utrículos y filamentos moniliformes.

Las células tenáculars son alargadas y dispersas a lo largo de la superficie lateral de las vesículas, destinadas a sujetarse a otras vesículas adyacentes en *Valonia*.

Células lenticulares, son aquellas donde crece una ramificación y se genera la división segregativa exógena, tienen aspecto de verruga, generalmente de color más oscuro, obsérvese en *Boodlea*.

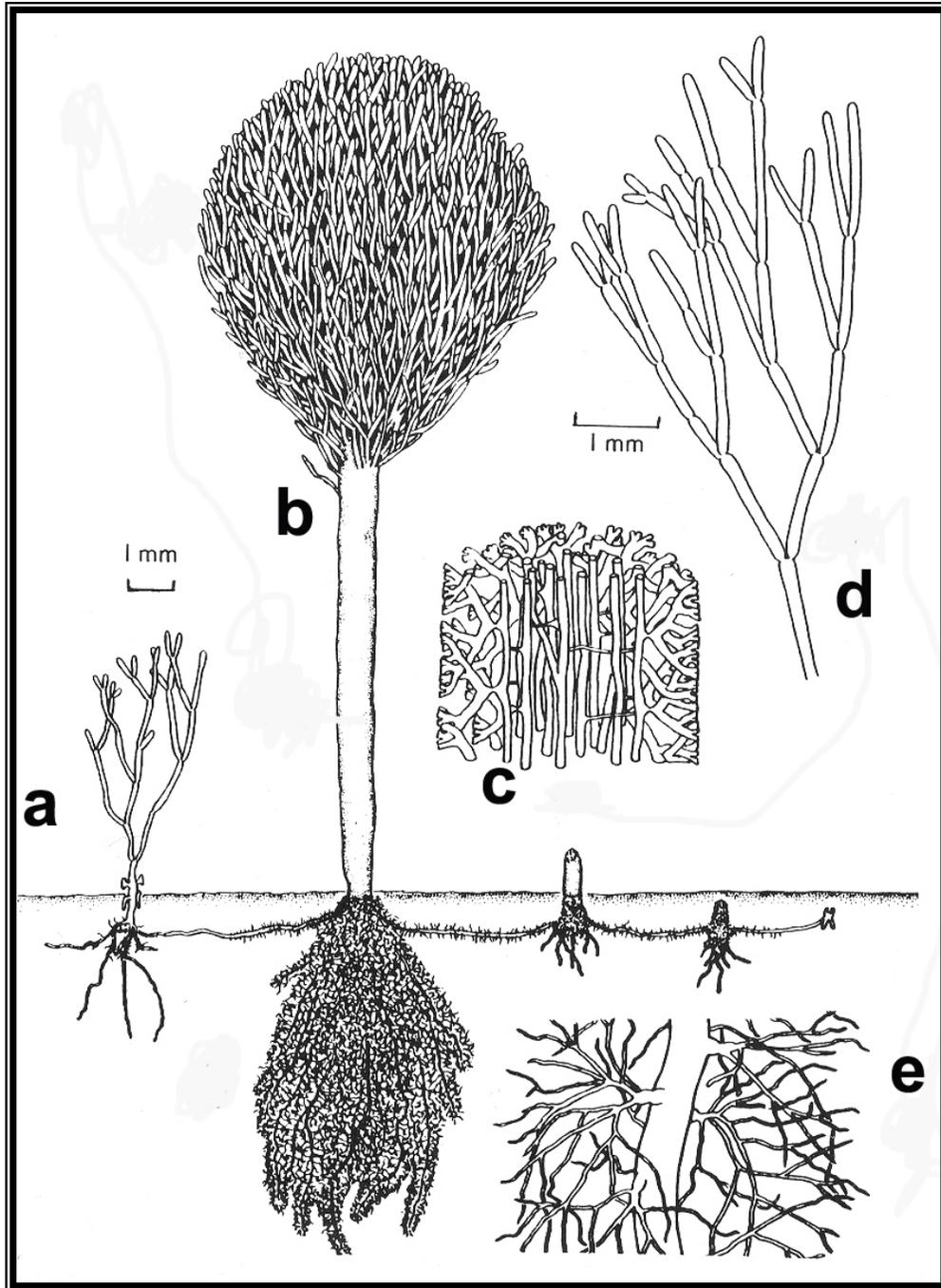


Figura 13. Esquema de las distintas partes del talo donde a) representa el estado juvenil filamentosos, b) organismo maduro con filoide, estípite y masa rizoidal, c) corte longitudinal del estípite, donde se observa la corteza en la periferia y la médula en el centro, d) parte del filoide constituido por la agrupación de filamentos ramificados, e) ampliación de una sección de un rizoide (Loaban & Wynne, 1981).

Las trabéculas, son filamentos que forman una malla en el interior del estolón, justo al nivel donde se localizan los rizoides en *Caulerpa*.

Los utrículos, estructuras filamentosas ensanchadas y dispuestas simpodialmente en la corteza de *Codium*.

Los filamentos moniliformes, son de forma cilíndrica con constricciones regularmente espaciadas, dando la apariencia de un collar. Estos se localizan en *Avrainvillea*. Los segmentos articulados, son sitios que se localizan en *Cymopolia* o *Halimeda*, donde el cladoma se organiza en porciones con carbonato de calcio, articulados con sitios sin depósito de carbonato de calcio, por tanto se pueden articular sin que se rompa el organismo.

## ESTRUCTURAS DE FIJACION

Los organismos bentónicos desarrollan diferentes estructuras para la fijación al sustrato: discos, rizoides o masas rizoidales.

**DISCOS.** Estructura parenquimatosa o pseudoparenquimatosa que se organiza en la región basal.

**RIZOIDES.** Fascículo de filamentos incoloros que se entierran en el sustrato.

**MASA RIZOIDAL.** Conjunto de rizoides bien organizados embebidos en el sustrato.

## REPRODUCCIÓN Y CICLOS DE VIDA

### Reproducción asexual

La reproducción asexual se lleva a cabo por fragmentación, acinetos, división segregativa (endógena y exógena), y formación de esporas móviles (zoosporas) e inmóviles (aplanosporas).

**Fragmentación:** en colonias y algunas especies filamentosas un individuo se rompe en dos o más piezas y cada una puede continuar creciendo.

**Acinetos:** son células con una pared gruesa capaces de resistir condiciones adversas para su crecimiento, se pueden presentar en varias especies de *Cladophora*.

**División segregativa:** puede ser endógena o exógena.

**Zoosporas:** son células reproductivas flageladas que pueden estar produciendo células vegetativas o especializadas.

**Aplanosporas:** son esporas no móviles.

## Reproducción sexual

La reproducción sexual se lleva a cabo por isogamia, anisogamia y oogamia. En estos casos, los gametos se forman en los gametocitos. En general el ciclo de vida es haplonte, es decir, cuando los organismos presentan en su ciclo de vida un solo talo, donde se localizan las estructuras vegetativas y reproductivas; con alternancia de fases nucleares y meiosis cigótica. En algunos casos son diplobiontes, es decir cuando los organismos presentan en su ciclo de vida dos talos de vida libre (esporofito y gametofito), isomórficos como en *Ulva* y diplobiontes heteromórficos como en *Derbesia*.

### Ciclo de vida de *Ulva*

A partir de talos gametófitos haploides de vida libre masculino (-) y femenino (+) (A y B) se desarrollan en algunos sitios del talo los anisogametos biflagelados (C). Estos se fusionan formando un cigoto (D). Del cigoto resultante se desarrolla un esporófito isomórfico de vida libre y diploide (E), éste produce mitosporas tetraflageladas (F) que generarán nuevos talos esporófitos (G). En la madurez, todas las células, excepto las situadas cerca de la base, son potencialmente capaces de producir meiosporas (zoosporas tetraflageladas) (H). Las zoosporas presentan un periodo de natación y después se fijan sobre un sustrato, pierden sus flagelos y al germinar se origina un filamento que posteriormente se transforma en un talo folioso, el cual formará los nuevos talos gametófitos (A y B). Los gametos que no se fusionan (I) pueden desarrollarse partenogenéticamente en un nuevo talo gametofito (J). Este tipo de ciclo de vida muestra una alternancia de generaciones isomórfica (Fig. 14).

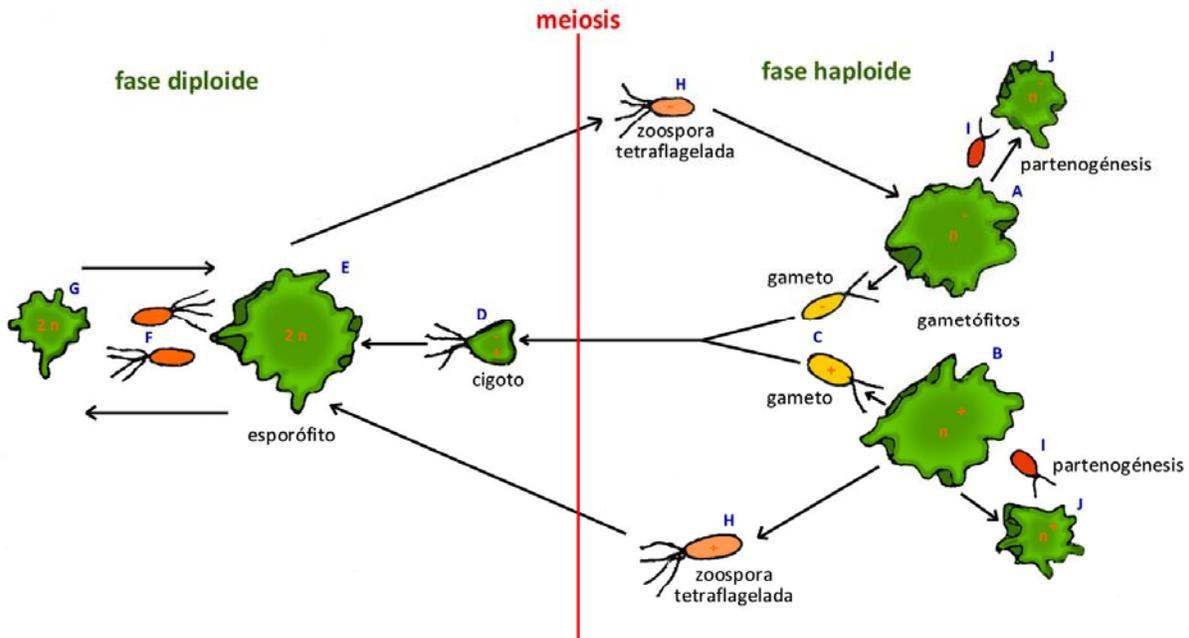


Figura 14. Ciclo de vida de *Ulva* (D<sub>i</sub>, h+d)

## Ciclo de vida de *Derbesia*

Este ciclo presenta alternancia de generaciones heteromórfico, representan organismos pequeños y poco conspicuos.

La fase gametofítica haploide (A y B) conocida con el nombre genérico de *Halicystis* consiste de vesículas ovoides, piriformes o ligeramente pedunculadas, con cloroplastos lenticulares, genera anisogametos biflagelados femeninos y masculinos (C y D). Estos se fusionan y forman un cigoto  $2n$  (E) y al germinar (F) originan la fase esporofítica (G), donde los filamentos erectos cenocíticos y ramificados de vida libre, conforman una masa densa de color verde brillante hasta 2.5 cm de alto, con cloroplastos en forma de huso o redondos y 1 a 3 pirenoides, el cual constituye el talo esporófito (H) que al madurar formará esporocistos que nacen lateralmente de los filamentos superiores (I), aquí se produce una espora estefanoconte (J y K) previa meiosis esporangial (Fig. 15).

En algunas costas de México, se han registrado estados de reproducción esporangial en los meses de febrero, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre (Mateo-Cid y Mendoza-González, 1993).

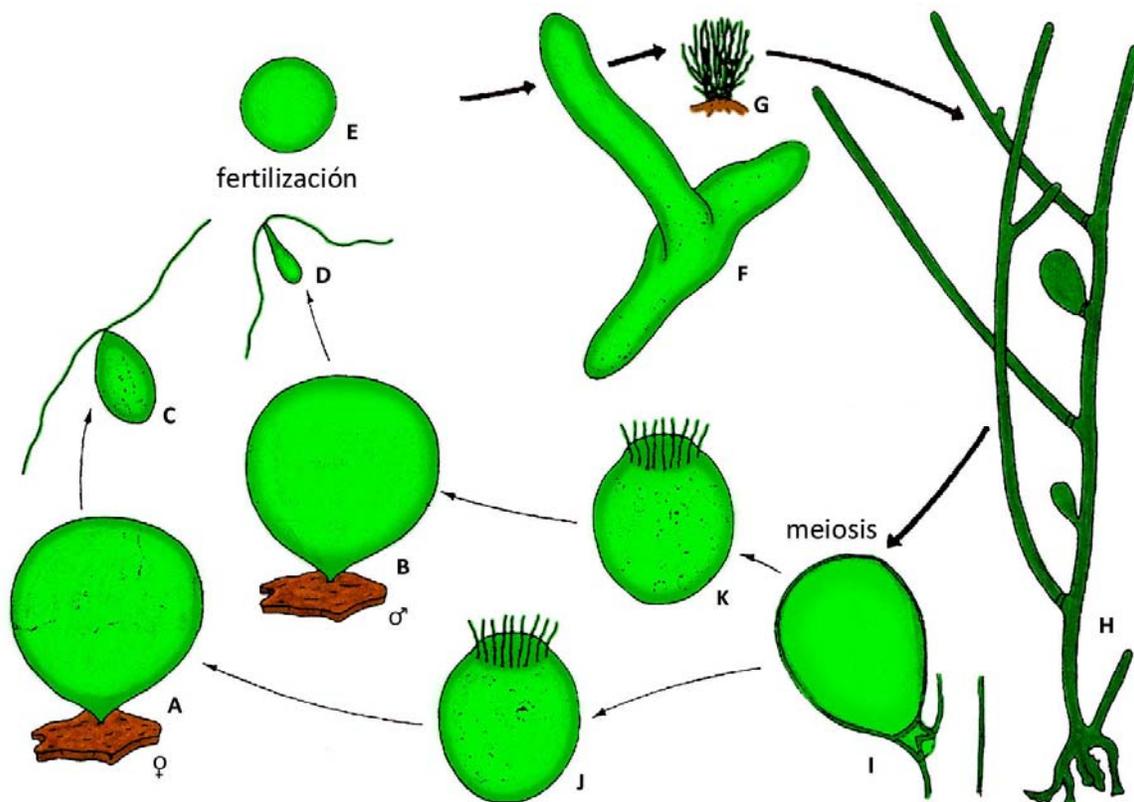


Figura 15. Ciclo de vida de *Derbesia* ( $D_h$ ,  $h+d$ ), Scagel *et al.*, 1987.

## Ciclo de vida de *Udotea*

La reproducción es holocárpica, es decir todo el talo se convierte en gametos. Los talos maduros son diploides y los gametos constituyen las únicas células haploides. A partir de los talos fértiles (A y B) se forman los gametos masculino y femenino, previa meiosis, (C y D). El cigoto, móvil puede rodearse de un mucílago y adherirse al sustrato, para mas tarde (E) originar una protósfera sin leucoplastos (F), luego dará lugar a un estado juvenil filamentoso cenocítico (G) y al crecer se diferenciará el rizoide (H) para formar, más tarde, el cladoma multiaxial organizado en filoide, estípite y rizoides (I) (Fig. 16)(Scagel *et al.*,1987).

Para las costas Mexicanas, no se tienen registros del ciclo de vida de las especies del género *Udotea*. Littler y Littler (1990) señalan para *Udotea caribaea* y *U. cyathiformis* que se producen en el margen exterior del filoide, sifones más largos y los gametangios se agrupan con una matriz gelatinosa y salen a través de un poro las estructuras ovoides no flageladas.

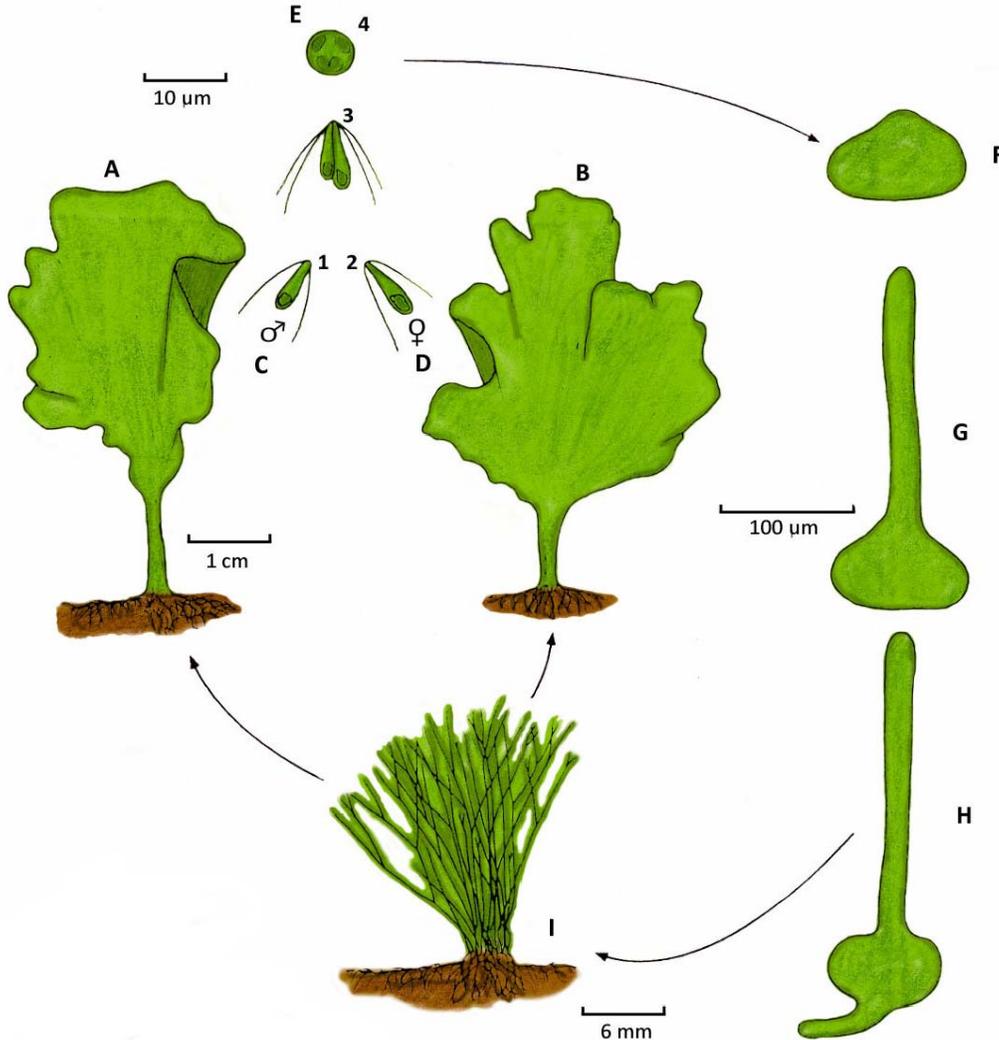


Figura 16. Ciclo de vida del Genero *Udotea* (South y Whittick, 1987).

## CLASIFICACIÓN

A través del tiempo se han publicado más de 10 clasificaciones donde incluyen a las algas verdes marinas (Cavalier-Smith 1998), Wynne (2005). Bustamante y Rocha (1853) señalan a estos organismos como Agamas con dos familias: las Confervas y las Algas.

La clasificación actual de las algas verdes se apoya en caracteres relacionados con: el tipo de mitosis, composición de la pared celular, aparato flagelar, procesos bioquímicos, secuencias de genes nucleares de mitocondrias y cloroplastos.

Las algas verdes han sido ubicadas en diferentes categorías taxonómicas, división y phylum. Estas clasificaciones fueron fundamentadas en un principio a partir de características morfológicas. En las últimas décadas del siglo pasado el avance del conocimiento ficológico, visto a través de modernas técnicas como microscopía electrónica, biología molecular y cultivo han generado cambios y reubicación de muchos taxa en los diferentes niveles taxonómicos.

Según Silva (1982), las 16 principales líneas filogenéticas de las algas generalmente son asignadas a la jerarquía de clase, debido a que se han mantenido mas o menos estables, considerando las características bioquímicas y citológicas, como la pigmentación, productos de reserva, composición de la pared celular, tipos de flagelos, estructuras de reproducción y organelos como el núcleo, cloroplasto, pirenoide y estigma. En cambio el intervalo de división ha presentado a lo largo del tiempo un tratamiento muy variable y actualmente Wynne (2005) las ubica en Phylum.

A partir del conocimiento de tipo de mitosis, arquitectura del aparato flagelar y resultados de estudios moleculares entre otros, las clasificaciones han incrementado notablemente el número de clases, por ejemplo Taylor (1960) señala una clase (Chlorophyceae), mientras Hoek *et al.*, (1995) definen 11 clases.

El orden Ctenocladales, fue reconocido por Silva (1982) con base en la ultraestructura. Chapell *et al.*, (1990) estudiando a *Phaeophila dendroides* en cultivo observaron las zoosporas tetraflageladas y un característico aparato flagelar.

Otro ejemplo, es la fusión del orden Siphonocladales dentro de las Cladophorales basado en la semejanza del plasto, ciclo de vida, tipo de mitosis, composición química de la pared celular y otros estudios de biología molecular (Hoek *et al.*, 1995., Kraft y Wynne, 1996) donde el orden Cladophorales en un análisis de secuencia de genes realizado por Leliaert *et al.*, (2003), localizan a el orden Siphonocladales como un grupo monofilético y a las Cladophorales como parafilético. Estas conclusiones difieren con lo expresado por Bakker *et al.* (1994) quienes indican que no son pruebas suficientes para mantener a las Cladophorales y Siphonocladales en distintos órdenes.

Por otro lado, el avance del conocimiento de algunos géneros ha llevado a establecer o reinstalar algunas familias como Gomontiaceae (Silva, 1982), Halimedaceae (Silva *et al.*, 1996), Phaeophilaceae (Chappell *et al.*, 1990). En el caso de la familia Ostreobiaceae, Vroom *et al.* (1998) presentan evidencias para sustentar la separación de *Ostreobium* en una sola familia, mientras que en la secuencia de bases de *rbcL* Woolcot *et al.*, (2000) concuerdan en que *Ostreobium* debe estar separada en una familia distinta de las Bryopsidaceae y de las Codiaceae.

La clasificación de las algas verdes que se utiliza en el presente trabajo está basada en Wynne (2005), por considerar que incluye los caracteres conocidos más actuales.

I. Taylor (1960), propone la clasificación de la Clase Chlorophyceae en 6 órdenes.

Chlorococcales

Tetrasporales

Ulotrichales

Cladophorales

Siphonocladales

Siphonales

II. Abbott y Hollenberg (1976), sitúan a las algas verdes como División Chlorophyta donde incluye las Clases Prasinophyceae y Chlorophyceae con 5 órdenes.

Ulotrichales

Prasiolales

Cladophorales

Siphonocladales

Codiales

III. Bold y Wynne (1978), ubican a las algas verdes como División Chlorophycota distribuidas en 15 órdenes, señalados con un (\*) lo que incluyen representantes marinos.

Volvocales

Tetrasporales

Chlorococcales

Chlorosarcinales

Chlorellales

Ulotrichales (\*)

Chaetophorales (\*)

Oedogoniales

Ulvales (\*)

Cladophorales (\*)

Acrosiphonales

Caulerpales (\*)

Siphonocladales (\*)

Dasycladales (\*)

Zygnematales

**IV.** Silva *et al.*, (1987) proponen la Clase Chlorophyceae y los órdenes

Ctenocladales

Ulvales

Cladophorales

Siphonocladales

Bryopsidales

Dasycladales

**V.** Schneider y Searles (1991) citan a las algas verdes como División Chlorophyta

Clase Ulvophyceae y los órdenes

Ulotrichales

Ulvales

Cladophorales

Caulerpales

**VI.** Hoek *et al.*, (1995) proponen la clasificación del Phylum Chlorophyta en 11 clases

Clase 1 Prasinophyceae

Clase 2 Chlorophyceae

Clase 3 Ulvophyceae

Clase 4 Cladophorophyceae

Clase 5 Bryopsidophyceae

Clase 6 Dasycladophyceae

Clase 7 Trentepohliophyceae

Clase 8 Pleurastrophyceae

Clase 9 Klebsormidiophyceae

Clase 10 Zygnematophyceae

Clase 11 Charophyceae

**VII.** Silva *et al.*, (1996) proponen la Clase Chlorophyceae con 7 órdenes

Ctenocladales

Ulotrichales

Phaeophilales

Ulvales

Cladophorales

Bryopsidales

Dasycladales

**VIII.** Wynne (1998), las ubica como División Chlorophyta

Clase Chlorophyceae

Orden Tetrasporales

Clase Ulvophyceae

Orden Chlorocystidales

Orden Ulotrichales

Orden Ulvales

Orden Phaeophilales

Orden Acrosiphoniales

Orden Cladophorales  
Orden Bryopsidales  
Orden Dasycladales  
Clase Charophyceae  
Orden Klebsormidiales

**IX.** Strasburger *et al.*, (2002) proponen la clasificación del Phylum Chlorophyta en 8 clases

Clase 1 Prasinophyceae  
Clase 2 Ulvophyceae  
Clase 3 Trebouxiophyceae  
Clase 4 Cladophorophyceae  
Clase 5 Bryopsidophyceae  
Clase 6 Dasycladophyceae  
Clase 7 Trentepohliophyceae  
Clase 8 Chlorophyceae

**X.** Wynne (2005) propone la clasificación de las algas verdes en el Phylum Chlorophyta, con 2 clases y 7 órdenes.

Clase Chlorophyceae  
Orden Tetrasporales  
Clase Trebouxiophyceae  
Orden Prasiolales  
Clase Ulvophyceae  
Orden Chlorocistidales  
Orden Ulotrichales  
Orden Ulvales  
Orden Phaeophilales  
Orden Acrosiphoniales  
Orden Cladophorales  
Orden Bryopsidales  
Orden Dasycladales  
Clase Charophyceae  
Orden Klebsormidiales

¿Sabías que...? **William Randolph Taylor** nació el 21 de diciembre de 1895 en Philadelphia, Pennsylvania y murió en 1990. Trabajó desde 1930 en la Universidad de Michigan, donde fue profesor de Botánica y curador de la colección de algas. Su obra magna fue publicada en (1960) "Algas marinas de las costas orientales tropicales y subtropicales". Mantuvo gran interés científico en el campo de la Ficología, él coloca a las algas verdes como Chlorophyceae (Wynne 1996).

**Elmer Yale Dawson** (1918-1966) en 1965 fue aceptado como curador de botánica cryptogámica en el Museo de Historia Natural, en 1942 recibió el grado de doctor en filosofía de la Universidad Berkeley California. Su tesis doctoral fue publicada en 1944 como "Algas Marinas del Golfo de California". Dawson fue investigador

asociado a la fundación Allan Hancock en la Universidad del Sur de California de 1945 a 1955. En 1956 fue nombrado profesor de Biología de esta misma Universidad. De 1958 a 1962 fue investigador de la fundación Beaudette para investigación Biológica, en 1964 fue director del Museo de Historia Natural de San Diego y de esta misma fecha hasta su muerte sirvió como secretario de la Fundación Charles Darwin de las Islas Galápagos, fue investigador especialista en las algas bénticas marinas principalmente Rhodophyta del Pacífico tropical y subtropical, él clasifica a las algas verdes como Chlorophyta. <http://siarchives.si.edu/findingaids/FARU7097.htm#FARU7097i>

**Michael J. Wynne** nació el 4 de febrero de 1940- en St. Louis Missouri, E.U.A. Es doctor de filosofía de la Universidad de California, Berkeley (1967) su principal afiliación institucional fue la Universidad de Texas en Austin; Universidad de Michigan, Ann Arbor, USA. Destacado Ficólogo ha publicado dos Checklists (listas de verificación) de algas marinas de las costas del Océano Atlántico. Entre otras actividades de investigación en las macroalgas marinas, él ubica a las algas verdes como Phylum Chlorophyta y engloba dos clases Chloropyceae y Ulvophyceae, que abarcan 7 familias, 18 órdenes y 51 géneros.

### IMPORTANCIA ECONÓMICA

Las investigaciones sobre el uso de las algas verdes marinas de las costas mexicanas se indican en la tabla 2 donde se registra que han sido utilizadas 31 taxa como complemento alimenticio animal y humano, como indicadores biológicos y como uso decorativo.

Piña *et al.*, (1983) determinaron un alto contenido de carbohidratos en *Ulva fasciata*, la cual era consumida por pobladores de origen asiático en el Puerto de Veracruz. Por su parte, Aguilar *et al.*, (2007) elaboraron pan de calabaza, zanahoria y manzana adicionados con *Ulva* y *Enteromorpha*.

En otras regiones del mundo como China y Japón conocida con el nombre de “aomori”, se cultiva comercialmente para consumo humano *Monostroma altísima*, *Enteromorpha prolifera* y *E. compressa*. En Filipinas y Okinawa, conocida como caviar verde o uva marina, se consume fresca *Caulerpa lentillifera* (Acleto y Zúñiga, 1998).

La clorofila a y sus derivados (feofitinas) contenidos en la fracción de los lípidos neutros son capaces de actuar con los radicales peróxidos. La feofitina a y la pirofeofitina a han sido identificados como responsables de la actividad antioxidante del alga verde *Enteromorpha* estos compuestos muestran un efecto sinérgico con la vitamina E (Freile-Pelegrín, 2001).

## Ornamental

Ortega *et al.*, (1997) señala el uso de *Halimeda*, en estado seco, para adornar árboles de Navidad por algunos pobladores de Quintana Roo.

**Cuadro 2. Importancia alimenticia y farmacéutica de algunas Chlorophyta**

Taxa	Usos	Referencias
<i>Acetabularia major</i>	Cálculos renales	8
<i>Acetabularia sp</i>	Fungicida, bactericida y antimicrobiano	8
<i>Avrainvillea longicaulis</i>	Antibiótica	7
<i>Caulerpa cupressoides</i>	Antibiótica, aglutinante, anticoagulante	4,11
<i>Caulerpa lamouroxii</i>	Toxica	8
<i>Caulerpa racemosa</i>	Hipotensión, antibiótica	6, 8
<i>Caulerpa sertularioides</i>	Antibiótica	6
<i>Caulerpa taxifolia</i>	Cura tuberculosis	8
<i>Chaetomorpha antennina</i>	Fungicida, tóxicas, anticoagulante, antibiótica, aglutinante	2, 3, 5, 7, 8,11,12
<i>Cladophora pinnulata</i>	Tóxica	8
<i>Cladophora sericea</i>	Antibiótica, aglutinante, anticoagulante	4, 7, 11
<i>Cladophoropsis robusta</i>	Anticoagulante, toxica	2, 5
<i>Codium elongatum</i>	Antivirales y antimicrobiana	8
<i>Codium fragile</i>	Contiene vitamina B <sub>12</sub>	8
<i>Codium girafa</i>	Antibiótica, anticoagulante, aglutinante	2, 3
<i>Codium isabellae</i>	Vitamina B <sub>12</sub> y carotenos	8
<i>Codium isthmocladum</i>	Aglutinante, anticoagulante	2, 3
<i>Codium mágnum</i>	Alimento para animales domésticos	1
<i>Codium simulans</i>	Alimento para animales domésticos, anticoagulante	1, 10
<i>Cymopolia barbata</i>	Antibiótica, aglutinante, anticoagulante	4, 7, 8, 11
<i>Dasycladus vermicularis</i>	Antibiótica	7
<i>Enteromorpha clathrata</i>	Alimento para animales domésticos	1
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	Antibiótica, aglutinante, anticoagulante, toxica	2, 3, 7,11,12,5
<i>Halimeda discoidea</i>	Anticoagulante, toxica	2, 5, 12
<i>Halimeda opuntia</i>	Antibiótica, anticoagulante	2, 3, 8
<i>Halimeda tuna</i>	Antibiótica, fungicida, anticoagulante	2, 8, 3
<i>Penicillus capitatus</i>	Aglutinante, anticoagulante	4, 11
<i>Udotea flabellum</i>	Antibiótica, aglutinante, anticoagulante	2,3,7,11
<i>Ulva fasciata</i>	Cicatrizada heridas y antimicrobiana, anticoagulante	3,8, 11
<i>Ulva lactuca</i>	Antibiótica, cura la gota, artritis, bioindicador, alimento para animales domésticos, abono líquido, anticoagulante, toxica	1, 2, 3, 5, 6, 8, 9
<i>Ulva linza</i>	Antimicrobiana	8
<i>Ulva pertusa</i>	Antihelmíntica	8
<p><b>Referencias:</b> 1 De la Lanza <i>et al.</i>, (1989); 2 De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández, (1994); 3 De Lara-Isassi y Álvarez Hernández, (1995); 4 De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1998); 5 De Lara-Isassi <i>et al.</i>,(1994a); 6 De Lara-Isassi, Ponce-Márquez, (1991); 7 De Lara-Isassi <i>et al.</i>, (1999); 8 Martínez-Lozano, (1991); 9 Aldón <i>et al.</i>,(2008), 10 Martínez-Antonio y Murillo-Álvarez (2008); 11 De Lara-Isassi y Álvarez-Hernández (1999); 12 De Lara-Isassi <i>et al.</i>,(1994b).</p>		

## IMPORTANCIA ECOLÓGICA

El papel que desempeñan las algas respecto a su contribución natural a la ecología marina es: como productores de materia orgánica, como alimentación directa (Piña *et al.*, 1983). La biomasa de *Ulva sp.* ha sido utilizada para elaborar composta en la bahía de Paracas Perú (Aguilar-Wosnitza y Guerrero-Barrantes, 2005).

Los géneros *Halimeda* y *Penicillus* tienen la capacidad de depositar carbonato de calcio en su talo. Por tanto tienen un rol en la formación de arena carbonatada o bien pueden dejar importantes registros fósiles (Graham y Wilcox, 2000).

**¿Sabías qué...?** *Caulerpa taxifolia* puede provocar la muerte de algunos organismos marinos como los peces, moluscos y cangrejos entre otros ya que les produce parálisis muscular. En el Mar Mediterráneo se ha convertido en un grave problema, esta alga produce una proteína llamada caulerpina, que no permite el establecimiento de otros organismos. Algunas especies de *Caulerpa* pueden producir neurotoxinas venenosas para el hombre (Graham y Wilcox, 2000).

Algunas especies de *Cladophora* al crecer pueden formar “pelotas” de más de 10 cm de diámetro, en Hokkaido, Japón son utilizadas en las ceremonias tradicionales.

**Bioindicadores.** En Callao, Perú, el crecimiento de grandes poblaciones de *Ulva lactuca* generó un grave problema ambiental, social y económico, ya que el desarrollo de las poblaciones de esta macroalga evita la pesca y las prácticas deportivas en el lugar. Aldón *et al.*, (2008) propusieron el destino útil y adecuado a estos grandes volúmenes de *Ulva lactuca* (380 toneladas) a través de la elaboración de un bioabono líquido formado de melaza de caña, bacterias lácticas y *Ulva lactuca*.

En México en la Barra de Sontecomapan, Veracruz González-Fierro *et al.*, (1994) aportan el primer estudio enfocado a la contaminación acuática por la presencia de metales pesados, en particular altas concentraciones de zinc, en *Cladophoropsis membranacea*.

## IMPORTANCIA EVOLUTIVA

Las algas verdes son importantes desde el punto de vista evolutivo, ya que algunos grupos de estas, que se desarrollaron en el medio terrestre, fueron los antepasados de las plantas superiores (briofitos y de plantas vasculares). Por ello han sido extensamente estudiadas en cuanto a su morfología, ultraestructura y filogenia molecular. Todas las algas verdes comparten con las plantas terrestres determinados caracteres: clorofila *a* y *b*, producción de almidón intraplástico, plasto rodeado de doble membrana, pared celular constituida por celulosa. Pero además las caráceas, comparten la organización del flagelo, el tipo de mitosis y el modo de formación de la pared celular (Fig. 17).

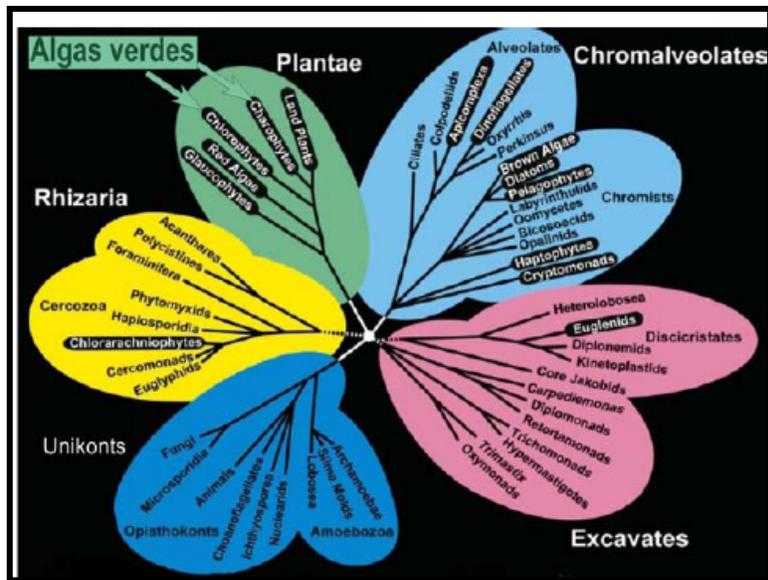


Figura 17. Árbol filogenético de los eucariontes donde se observa las relaciones de las algas verdes se sitúan al lado de las plantas vasculares, conformando el grupo Plantae ([www.aulados.net/Botanica/Curso\\_Botanica/Algas\\_verdes/9\\_Chlorophyta\\_texto.pdf](http://www.aulados.net/Botanica/Curso_Botanica/Algas_verdes/9_Chlorophyta_texto.pdf))

Actualmente se considera que las algas verdes evolucionaron en dos grandes linajes o clados. Uno de ellos el clado cloroficeo (=clado UTC; Ulvophyceae, Trebouxiophyceae y Chlorophyceae) incluye flagelados unicelulares (*Chlamydomonas*) y colonias (*Volvox*), filamentos ramificados y no ramificados, algas macroscópicas marinas (*Ulva* y *Codium*), algas del suelo (*Chlorella*), epifitos terrestres (*Trentepohlia*) y ficobiontes (*Trebouxia*). El otro clado, las caráceas (=clado C, caráceas) contiene un pequeño grupo de algas verdes que viven en agua dulce y suelos. Varían desde unicelulares (*Micrasterias*), filamentosas (*Spirogyra*) hasta talos complejos parenquimatosos (*Chara* y *Nitella*). Este clado, es el que presenta el mayor número de caracteres compartidos con las plantas superiores y derivan del mismo linaje ancestral que los briofitos y plantas vasculares. Y las Prasinoficeas, que son un grupo polifiletico basal de relaciones aún no bien conocidas (Graham y Wilcox, 2000 y Hoek *et al.*, 1995) (Fig. 18).

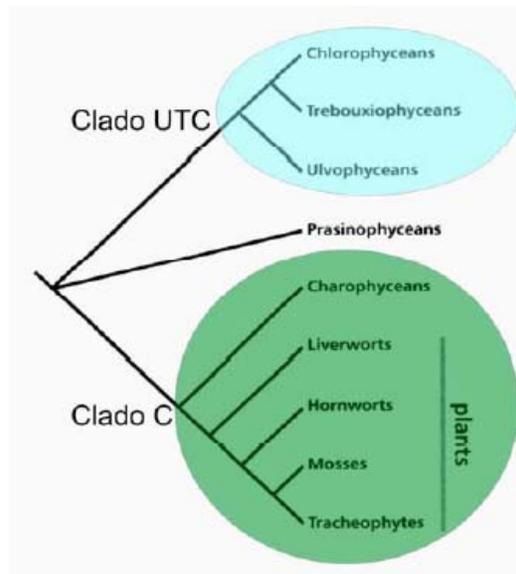


Figura 18. Esquema que muestra los dos clados (UTC y C) y las Prasinoficeas. El UTC, encierra las Chloroficeas, Trebouxioficeas y Ulvoficeas; por su parte el clado C, incluye las cáraças más los briobiontes (musgos y hepáticas) y las plantas vasculares ([www.aulados.net/Botanica/Curso\\_Botanica/Algas\\_verdes/9](http://www.aulados.net/Botanica/Curso_Botanica/Algas_verdes/9))

## BIODIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN EN LAS COSTAS DE MÉXICO

Los litorales de México son bien conocidos por sus diversas e interesantes ficofloras marinas. Las costas del Atlántico y Caribe comparten la flora tropical que se distribuye en ambos lados del ecuador, la representación algal en estas costas mexicanas registra alta diversidad específica, no hay ninguna endémica. En las playas de Tamaulipas la vegetación algal es pobre e incluso esta ausente en algunas áreas, y a medida que se avanza hacia el sur y sureste, la vegetación puede ser exuberante, particularmente en el Mar Caribe (Ortega *et al.*, 2001).

En contraste, la costa del Pacífico, comprende tres regiones florísticas: Baja California Occidental incluyendo las islas oceánicas, el Golfo de California y el Pacífico mexicano al sur de Mazatlán. Las dos primeras regiones resaltan por su alto grado de endemismo y la tercera es la de menor riqueza específica (Pedroche y Senties 2003).

En México, las costas que presentan mayor número de registros específicos corresponden a Quintana Roo con (173), enseguida Yucatán con (95), Veracruz con (93), y el Golfo de Baja California Sur con (81). En contraste, las entidades federativas con menos registros del país corresponden a Chiapas (16) y Tabasco (12).

Las costas mexicanas del Golfo, Mar Caribe y Océano Pacífico registran 63 géneros de algas verdes marinas: *Acetabularia*, *Acicularia*, *Anadyomene*, *Avrainvillea*, *Bathophora*, *Blastophysa*, *Blidingia*, *Boodlea*, *Boodleopsis*, *Bryopsis*, *Caulerpa*, *Caulerpella*, *Chaetomorpha*, *Chalmasia*, *Chamaedoris*, *Chlorodesmis*, *Cladocephalus*, *Cladophora*, *Cladophoropsis*, *Codium*, *Cymopolia*, *Dasycladus*, *Derbesia*, *Dictyosphaeria*, *Entocladia*, *Ernodesmis*, *Gayralia*, *Geppella*, *Gomontia*, *Halimeda*, *Kornmannia*, *Lola*, *Microdictyon*, *Neomeris*, *Ostreobium*, *Parvocaulis*, *Pedobesia*, *Penicillus*, *Percusaria*, *Petrosiphon*, *Phaeophila*, *Phyllodictyon*, *Pilinella*, *Pilinia*, *Pringsheimiella*, *Pseudendoconium*, *Pseudobryopsis*, *Rhipiliopsis*, *Rhipidosiphon*, *Rhipilia*, *Rhipocephalus*, *Rhizoclonium*, *Siphonocladus*, *Struveopsis*, *Trichosolen*, *Udotea*, *Ulothrix*, *Ulva*, *Ulvella*, *Urospora*, *Valonia*, *Valoniopsis* y *Ventricaria*.

Pedroche *et al.*, (2005) señalan en el catálogo de las algas marinas bentónicas del Pacífico de México 178 especies y categorías infraespecíficas de algas verdes. Por su parte Ortega *et al.*, (2001) indican que para el Golfo de México y Mar Caribe son 164 especies. De ellas se comparten 72 taxa específicos para las costas mexicanas señaladas a continuación: *Acetabularia calyculus*, *A. crenulata*, *A. farlowii*, *A. parvula*, *A. pusilla*, *Bathophora oerstedii*, *Blidingia marginata*, *B. mínima*, *Boodlea composita*, *B. hypnoides*, *B. pennata* variedad *pennata*, *B. plumosa*, *Caulerpa ambigua* variedad *ambigua*, *C. cupressoides* variedad *cupressoides*, *C. fastigiata*, *C. imbricata*, *C. mexicana*, *C. peltata*, *C. racemosa* var. *racemosa*, *C. sertularioides*, *C. verticillata*, *Chaetomorpha aérea*, *C. antennina*, *C. brachygonia*, *C. clavata*, *C. crassa*, *C. gracilis*, *C. linum*, *C. mínima*, *Cladophora albida*, *C. brasiliana*, *C. coelotrix*, *C. crystallina*, *C. flexuosa*, *C. glomerata* var.

*crassior*, *C. laetevirens*, *C. lehmanniana*, *C. liebetruthii*, *C. montagneana*, *C. prolifera*, *C. sericea*, *C. vagabunda*, *Cladophoropsis macromeres*, *C. membranacea*, *Codium decorticatum*, *Derbesia marina*, *Dictyosphaeria cavernosa*, *D. versluysii*, *E. viridis*, *Ernodesmis verticillata*, *Halimeda discoidea*, *H. opuntia*, *H. scabra*, *H. tuna*, *Neomeris annulata*, *Ostreobium quekettii*, *Phaeophila dendroides*, *Phyllocladon anastomosans*, *P. pulcherrimum*, *Pringsheimiella scutata*, *Pseudendoclonium marinum*, *Rhizoclonium tortuosum*, *R. africanum*, *R. riparium* variedad *riparium*, *Siphonocladus tropicus*, *Ulothrix flacca*, *Ulva compressa*, *U. flexuosa*, *U. lactuca*, *U. rigida*, *Valonia macrophysa* y *Valoniopsis pachynema*.

Los géneros, en ambas costas mexicanas, con mayor riqueza específica son: *Cladophora* (44), *Codium* (23), *Caulerpa* (19), *Ulva* (19), *Chaetomorpha* (18) y *Halimeda* (14).

El género *Cladophora* registra 44 especies para las costas mexicanas, la mayor parte se localiza en la costa del Pacífico con 29 especies, lo que corresponde al 65%. Esta información puede explicarse a la presencia de 32 lagunas costeras ubicadas desde Mazatlán a Chiapas donde estos ambientes registran cambios de salinidad y permiten el desarrollo de este taxa eurihalino. Por su parte, en el Atlántico este taxa registra una distribución disjunta; Oliveira (1999) reconoce a *Cladophora conferta* en las costas de Brasil y Uruguay, mientras que en las costas mexicanas se cita en Quintana Roo (Collado-Vides *et al.*, 1995). Por su parte, las que crecen en ambos lados de las costas mexicanas son las siguientes trece especies: *Cladophora albida*, *C. brasiliana*, *C. coelotrix*, *C. flexuosa*, *C. glomerata* var. *crassior*, *C. laetevirens*, *C. lehmanniana*, *C. liebetruthii*, *C. montagneana*, *C. prolifera*, *C. sericea*, *C. vagabunda* y *C. crystallina*.

El género *Codium* registra 23 especies la mayor cantidad de ellas se encuentra del lado del Pacífico mexicano con un total de 15 especies y comparte sólo una especie *Codium decorticatum* con el Atlántico. Pedroche y Silva (1996) indican como especie endémica a *Codium picturatum*, colectada en Colima.

Para *Caulerpa* con 19 especies se localizan en ambas costas; 17 especies en el Mar Caribe y Golfo de México, 11 en el Pacífico. De ellas nueve especies crecen en ambos lados de las costas mexicanas: *Caulerpa ambigua*, *C. cupressoides*, *C. fastigiata*, *C. imbricata*, *C. mexicana*, *C. peltata*, *C. racemosa*, *C. sertularioides* y *C. verticillata*.

En el caso del género *Ulva* está representado por 19 especies en las costas mexicanas de las cuales están presentes 18 especies del lado del Pacífico y 5 especies del lado del Atlántico y Mar Caribe mexicanos. Compartiendo cuatro especies en ambos lados de las costas de México (*Ulva lactuca*, *U. rigida*, *U. flexuosa* y *U. compressa*).

Para el caso del género *Chaetomorpha* se comparten 8 especies, presentándose la mayor parte del lado del Pacífico con un total de 17 especies y 9 se localizan en las costas del Atlántico y Mar Caribe, las especies compartidas son las siguientes:

*Chaetomorpha aerea*, *C. anteninna*, *C. brachygona*, *C. clavata*, *C. crassa*, *C. gracilis*, *C. linum* y *C. mínima*.

De las 14 especies del género *Halimeda*, se encuentra la mayor cantidad de especies del lado del Atlántico y Mar Caribe con un total de 12 especies y compartiendo solo las siguientes especies con el océano Pacífico: *Halimeda discoidea*, *H. opuntia*, *H. scabra* y *H. tuna*.

Existen once géneros que crecen solo en las costas del Pacífico mexicano los cuales son: *Chlorodesmis*, *Gayralia*, *Gepella*, *Kornmania*, *Lola*, *Percusaria*, *Pilinella*, *Pilinia*, *Pseudobryopsis*, *Struveopsis* y *Urospora*.

Las investigaciones taxonómicas realizadas hasta ahora en estas costas reúnen principalmente información del piso intermareal donde se desarrollan la mayoría de las especies. Sin embargo pocas publicaciones abordan el estudio de las profundidades entre 4 y 30 m del infralitoral.

Algunas especies poco comunes para la costa Atlántica de México se desarrollan en el piso infralitoral son las siguientes: *Caulerpa webbiana*, *Chalmasia antillana*, *Halimeda lacrimosa*, *Microdyction boergesenii*, *Valoniopsis pachynema*, entre otras (Ortega *et al.*, 2001).

## CATÁLOGOS, CLAVES Y BASE DE DATOS

En la obra de Ortega *et al.*, (2001) se cita la información publicada de las algas verdes de la costa este de México, publicados entre el periodo de 1847 al 2000; donde registran 47 géneros con 164 especies de macroalgas verdes (Fig. 19).

Pedroche *et al.*, (2005) elaboraron el Catálogo de las algas marinas bentónicas del Pacífico de México donde reúnen los registros del periodo 1847 a 2002, donde se citan 41 géneros con 178 especies (Fig. 19).



Figura 19. Portada de los Catálogos de las algas Chlorophyta, izquierda Golfo de México y Mar Caribe y derecha, Bentónicas del Pacífico de México I. Chlorophycota.

Los autores elaboraron el listado ficoflorístico de ambas costas del país, a través de una base de datos en Excel con 347 registros, donde se incluyen los taxa citados en los catálogos y se adiciona la información de las publicaciones del 2000 al 2007 (Mendoza-González *et al.*, 2000, Mateo-Cid *et al.*, 2002, Callejas-Jiménez 2005, Aguilar *et al.*, 2006, Drekman *et al.*, 2006 y Mateo-Cid y Mendoza-González, 2007).

## CLAVES

En México contamos con publicaciones que incluyen claves de identificación de las algas verdes marinas. Garduño *et al.*, (2002) elaboraron una guía de campo

ilustrada para facilitar la identificación de 37 géneros registrados a lo largo de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe (Fig. 21). También, Flores-Davis (1993) elaboró una clave de Clorofíceas del litoral rocoso de La Mancha, Veracruz (fig. 21b).

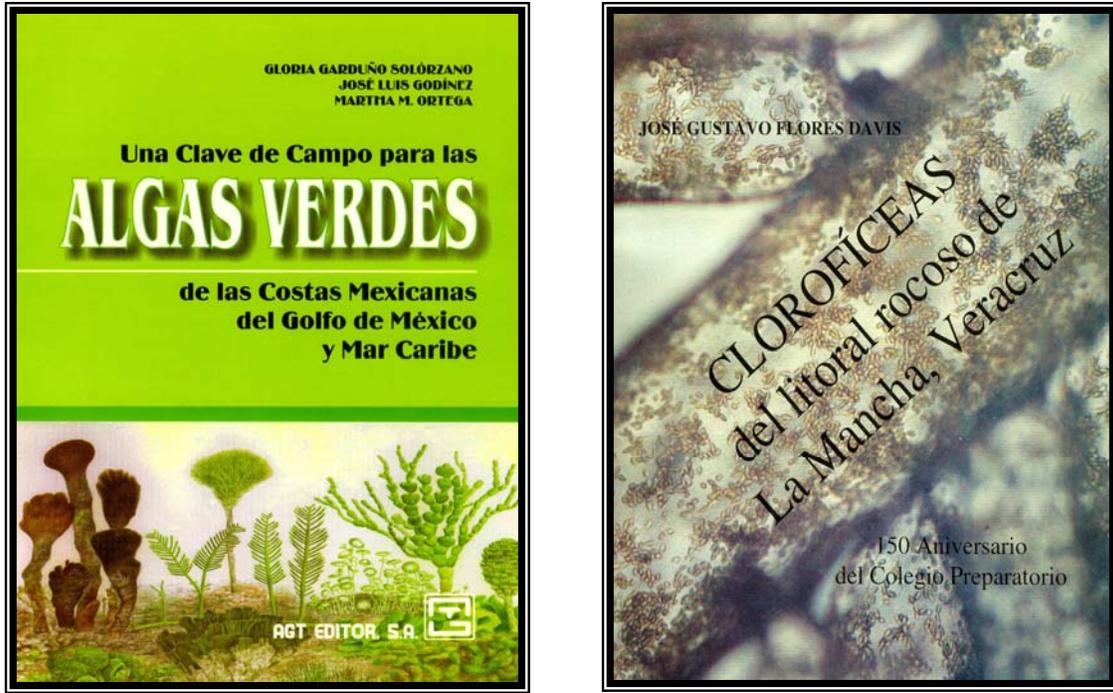


Figura 20. Portadas de la claves, a la izquierda una clave de campo para algas verdes marinas de las costas del Golfo de México y Mar Caribe y la derecha Clorofíceas del litoral rocoso de la Mancha.

León Álvarez *et al.*, (2007) proporcionan las descripciones de los géneros de las algas verdes tropicales acompañadas de fotografías. Consta de un impreso, un disco compacto y un sitio web [http://macroalgas\\_verdes.fciencias.unam.mx](http://macroalgas_verdes.fciencias.unam.mx) (Fig. 21).

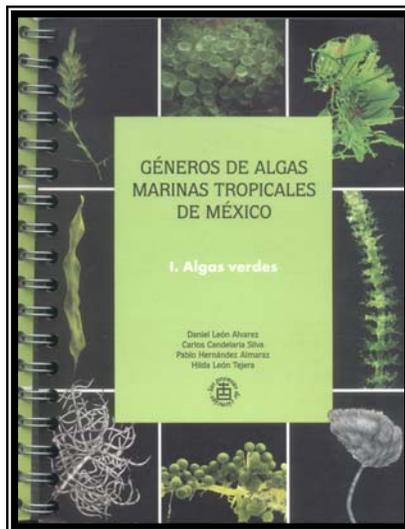


Figura 21. Portada de la clave de géneros de algas verdes marinas tropicales de México.

Avilés (1990) elaboró una clave dicotómica para la determinación taxonómica de trece especies registradas en las costas de México del género *Caulerpa* (Fig. 22). Valdés (2003) desarrollo una clave para las especies citadas de la costa Atlántica de México para las especies del género *Halimeda* (Fig. 22).

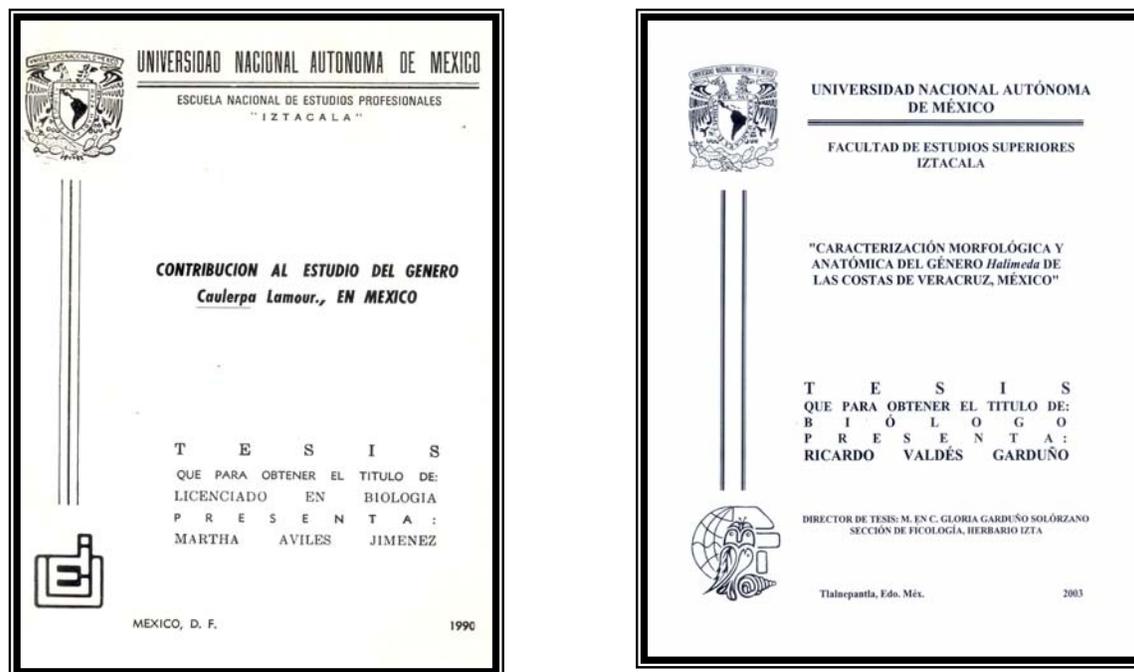


Figura 22. Portadas de tesis que contribuyó al estudio del género *Caulerpa* (izquierda) y *Halimeda* (derecha).

## HERBARIOS, COLECTORES Y TIPOS

En México la exploración de las macroalgas ha sido realizada en dos periodos. El primero con antecedentes e iniciación ficológica (1787-1954), que comprende las expediciones provenientes al principio de Europa y posteriormente también de los Estados Unidos, con el fin de conocer los recursos de flora y fauna del nuevo mundo; así en esta época sobresalen Setchell y Gardner (1924), quienes determinan y publican el material obtenido por varios colectores americanos. También Taylor, invitado a participar en las expediciones del capitán Allan Hancock en 1939. La primera mitad del siglo XX es llamada "época Dawsoniana", en la que se destaca el trabajo de Dawson, ficólogo y colector estadounidense, cuya colección abarca material del Pacífico mexicano. Con este investigador termina la primera época y se inicia el segundo periodo de la ficología formal, el cual comienza con las exploraciones regionales de la ficóloga mexicana Laura Huerta Múzquiz, de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, cuyas primeras colectas fueron en mayo de 1955 en la Sonda de Campeche, de las Islas Pérez, Cozumel y Mujeres (Ortega *et al.*, 2001). Es en este momento cuando se abre una nueva época de la ficología nacional, que conlleva la recolección de algas por los colectores principalmente mexicanos y

la creación de importantes herbarios en México (Ortega y Godínez, 1994; Godínez, 2008). También es importante mencionar las publicaciones que apuntaron el aprovechamiento de las algas marinas mexicanas realizadas por Huerta (1960).

### Localidades tipo

En la tabla 3 se aprecian las costas mexicanas del Pacífico, donde se han registrado 24 especies de algas verdes marinas en las siguientes localidades tipo (Pedroche *et al.*, 2005).

**Tabla 3. ESPECIES TIPO Y SUS LOCALIDADES**

Especie	Localidad tipo
<i>Entocladia condensata</i>	San Francisquito
<i>Entocladia marchantiae</i>	La Paz
<i>Entocladia mexicana</i>	La Paz
<i>Entocladia polysiphoniae</i>	Guaymas, Sonora
<i>Microdictyon palmeri</i>	Isla Guadalupe
<i>Chaetomorpha bangiodes</i>	Isla Pato, Sonora
<i>Cladophora hesperia</i>	Cabo San Lucas
<i>Cladophoropsis gracillima</i>	Punta Palmilla
<i>Siphonocladus pusilloides</i>	Isla Guadalupe
<i>Struveopsis robusta</i>	Isla Tortuga
<i>Valoniopsis hancockii</i>	Pto. Refugio
<i>Bryopsis pennata var. minor</i>	San Agustín, Oaxaca
<i>Caulerpa vanbosseae</i>	Cerca de la Paz
<i>Codium amplivesciculatum</i>	Bahía de San Quintín
<i>Codium brandegeei</i>	La Paz
<i>Codium dawsonii</i>	Isla Guadalupe
<i>Codium jirafa</i>	Papanao, Guerrero
<i>Codium hubbsii</i>	Islas San Benito
<i>Codium latum subs. Palmeri</i>	Isla Guadalupe
<i>Codium picturatum</i>	Playa La Audiencia, Colima
<i>Codium schmederi</i>	Isla Guadalupe y Rocas Alijos
<i>Codium simulans</i>	Isla San Marcos
<i>Gepella decusata</i>	Isla San Francisco
<i>Pilinia maritima f. pacifica</i>	Isla Clarión e Isla Revillagigedo

## GLOSARIO

Los conceptos que se abordan fueron tomados de: Acleto (1998); Carmona *et al.* (2004); De la Lanza (1991); De la Lanza (1999); Dieguez (1990); Dobzhansky *et al.*, (1988); Douglas (1986); Font Quer (1975); Garduño *et al.*, (2002); León-Álvarez (2007); Ulloa (1991) y <http://www.drpez.com/diccionario/term/afad5ca55eacabae5a,,xhtml>.

**Acinetos.** Espora inmóvil, desprovista de flagelos, que atraviesa un periodo de tiempo antes de germinar.

**Afelpado.** Tomentoso. De consistencia de fieltro.

**Algodonoso.** Flexible y deformable, como el algodón. Aplicase a las plantas o a los órganos que tienen pelos largos y blancos como el algodón.

**Almidón.** Sustancia de reserva formada por carbohidratos.

**Apical.** Relativo al ápice, distal o terminal

**Ápice.** Punta o extremo de la parte superior de un eje o ramificación.

**Aplanósporas.** Espora asexual inmóvil, producida individualmente o en número variable en el interior de un esporangio.

**Articulado.** Que tiene articulación o está unido a través de articulaciones; provisto de artejos que permiten movimiento relativo.

**Arbusto.** Talo muy ramificado generalmente desde la base.

**Biestratificada.** Poseedor de dos capas.

**Blando.** Que se deforma fácilmente, en principio no recupera su forma, como en el caso de la plastilina.

**Carnoso.** Que tiene carne o la consistencia de la misma.

**Cartilaginoso.** De consistencia firme, no duro, no deformable si es comprimido entre los dedos, como cartílago.

**Ceibadal.** Praderas submarinas compuestas por plantas fanerógamas. Se encuentran en superficies arenosas en un radio entre la cercanía de la orilla y 10 m de profundidad e incluso en algunos casos hasta los 30 m.

**Cenocítico.** Talo de forma variada constituido de una o varias células multinucleadas con pared rígida.

**Cespitoso.** Que aparenta un césped.

**Ciatiforme.** Estructura en forma de copa.

**Cladomas.** Sistema de filamentos de crecimiento terminal o subterminal; su crecimiento puede ser limitado constituyendo los ejes (primarios, secundarios, etc.) éstos a su vez, dan lugar a ramas laterales de crecimiento limitado. Este tipo cladomiano puede ser uniaxial o multiaxial.

**Clavado.** De forma de porra o clava, ensanchándose hacia el ápice.

**Claviforme.** Semejante a clava o mazo.

**Consistencia.** Nos referimos a la cohesión o resistencia del talo a ser deformado o desmoronado.

**Constricciones.** Son ceñiduras o disminuciones abruptas en el diámetro de las ramificaciones.

**Coriáceo.** De consistencia recia, aunque con cierta flexibilidad, como el cuero.

**Corteza.** Conjunto de células más externas del talo, generalmente mas pigmentadas que la medula.

**Corticación.** Relativo a la corteza, región externa.

**Craso.** Relativo a grueso y gordo.

**Crenado.** Con el borde festonado o con hendiduras.

**Decumbente.** No erguido, con tendencia a crecer sobre el sustrato.

**Dicotómica.** Son ramificaciones de la cual se dividen dos ramas o ejes equivalentes.

**Digitiforme.** Con forma de dedos.

**Disco.** Estructura de forma casi circular (constituido de rayos en Dasycladales).

**Dística.** Presencia de dos hileras opuestas al eje principal.

**División segregativa.** Proceso que involucra la división del protoplasto en porciones esféricas de forma endógena o exógena.

**Endofítico.** Organismos que viven dentro de otra planta.

**Espatulado.** En forma de espátula.

**Esponjoso.** Al ser comprimido entre los dedos es flexible pero recupera su forma, como esponja.

**Esporas.** Células que tienen la capacidad de desarrollarse hasta formar talos adultos.

**Esporocito.** Célula de cuya división resultan esporas.

**Estefanocontes.** Que tiene flagelos numerosos y dispuestos en forma de corona como las zoosporas de las Oedogoniales.

**Estípite.** Estructura engrosada como tallo que lleva otras estructuras, como el filoide. En las macroalgas también recibe el nombre de pie o pedicelo y presenta diferenciación histológica del resto del talo.

**Estolones.** Región del talo que se desarrolla sobre el sustrato.

**Estuario.** Cuerpo de agua en donde la desembocadura de un río presenta forma de un embudo, con la parte más ancha hacia el mar.

**Fasiculado.** Conjunto de filamentos originados en el mismo punto.

**Fibroso.** Que tiene fibras o que es delgado como una fibra.

**Ficoplasto.** Reunión de microtúbulos en el ecuador del huso durante la telofase, los microtúbulos reencuentran en posición horizontal.

**Filamento.** Estructura constituida por hilera de células formando hilos o hebras.

**Filoide.** Parte del talo de una macroalga, donde se lleva a cabo principalmente la fotosíntesis puede presentar diferentes formas, también reciben el nombre de capitulum o fronda.

**Fimbriado.** Provisto de fleco.

**Flabelado.** En forma de abanico.

**Fragmoplasto.** Reunión de microtúbulos en el ecuador del huso durante la telofase, los microtúbulos reencuentran en posición vertical.

**Forma de crecimiento.** Se refiere al aspecto o apariencia que dan los colectivos de individuos o poblaciones al crecer conjuntamente.

**Gametos.** Células que se fusionan intercambiando su información genética.

**Guijarros.** Fragmento de un mineral o de una roca de 4 a 64 mm.

**Haplonte.** Organismo cuya existencia transcurre toda o en su mayor parte en su fase haploide o haplofase.

**Heteroplástico.** Correspondientes a organismos de protoplastos heterogéneos o a especies vegetales de distintas especies

**Heterótricos.** Talo filamentoso donde no todas las células son iguales, sino que existe una porción erecta y otra postrada.

**Holocárpico.** Organismo cuyo talo completo se convierte en uno o mas órganos de reproducción, de manera que no coexisten las fases somática y reproductiva.

**Homoplástico.** Que corresponden a individuos de protoplastos homogéneos.

**Imbricado.** Sobre puesto como en un tejado o las escamas de los peces.

**Insular.** Perteneciente a islas.

**Iridiscente.** Que muestra los colores del arco iris, que tiene la propiedad de reflejar diversas tonalidades cromáticas de la luz.

**Laguna costera.** Masas de agua contiguas a los mares y ríos y a donde drenan las aguas continentales, por lo que presentan concentraciones de sal desde cercanas al agua dulce como al agua de mar. Las lagunas costeras tienen como característica principal la existencia de una o más bocas permanentes, estacionales o efímeras que comunican a la laguna con el mar.

**Lenticelas.** Sitio con aspecto de verruga, de color más oscuro, en donde crece una ramificación y se genera la división segregativa.

**Limo.** Partículas entre 0.004 y 0.06 mm de diámetro.

**Lobado.** Dividido en gajos o lóbulos, es decir en porciones no más profundas o más menos redondeadas.

**Marañas.** Filamentos o hebras que crecen entrelazados espaciadamente entre sí.

**Mastigonema.** Pelos largos ubicados alrededor del flagelo.

**Matorrales.** Crecimiento que aparentan algas de talos ramificados y de poca estatura (parecidas a arbustos).

**Mechones.** Que parecen manojos de filamentos o borlas o cabelleras sueltas.

**Médula.** Parte interna del talo constituido por filamentos o células con pocos cloroplastos.

**Meiosis cigótica.** Esquema de alternancia de generaciones en el cual la meiosis se verifica de modo directo en el cigoto, con lo que se restaura el estado haploide; la única fase diploide es el cigoto.

**Meiosis.** (Del gr. Meiosis, disminución, aludiendo al número de cromosomas). Serie de dos divisiones nucleares que pueden ser consecutivas o no, pero siempre es sucesivas, en la que el número de cromosomas se reduce a la mitad.

**Moniliforme.** Con forma cilíndrica pero con constricciones regularmente espaciadas, dando la apariencia de un collar.

**Monofilético.** Taxones cuyos miembros proceden de un antepasado común.

**Mucronado.** Que termina en una proyección corta y puntiaguda.

**Multiaxial.** Talo que contiene más de un filamento axial, conformando una masa más o menos compacta.

**Palmatiforme.** Aludiendo a la palma de la mano.

**Parafilético.** Taxones que no incluyen todos los descendientes de un ancestro común.

**Parénquima.** Conjunto de células firmemente unidas entre si originadas por la división en todos los planos.

**Parietal.** Que se ubica junto a la pared celular.

**Pectinado.** Ramas perpendicularmente equidistantes a partir del eje principal, se observan como un peine.

**Pedicelo.** Dícese del pie o soporte del filoide.

**Peltado.** Filoide en forma redondea y con un pedicelo inserto en el centro.

**Pétreo.** Muy duro, parecido a la piedra por su consistencia.

**Pirenoides.** Cuerpo proteico altamente presente en los cloroplastos de los organismos primitivos, como las algas su función es como el centro de la síntesis o formación del almidón.

**Poligonales.** En forma de polígonos, con varias caras en distintos ángulos.

**Protósfera.** Un estadio esférico en los ciclos de vida de ciertas algas verdes Siphonales, conteniendo un núcleo cigótico gigante.

**Psamofilo.** Que crece sobre la arena.

**Rayo.** Cada uno de los filamentos verticilados en Polyphysaceae.

**Reniforme.** En forma de riñón.

**Reticulado.** Red de filamentos.

**Rizoide.** En las algas es una estructura de fijación única, multicelular filamentosa, generalmente incolora más pequeña que un órgano de fijación.

**Seudoparénquima.** Falso tejido, aproximación de células adyacentes, dando la apariencia de parénquimas.

**Sifón.** Son cenocitos con forma de filamentos tubulares, sin septos.

**Simpodial.** Crecimiento que se genera cuando no predomina un eje, sino que hay varios ejes y cada uno de los cuales origina nuevas ramificaciones.

**Talo.** Estructura vegetativa y reproductiva de las macroalgas.

**Tenáculos.** Células ligeramente alargadas, dispersas a lo largo de la superficie lateral de las vesículas, que permiten unirse entre ellas, por ejemplo en *Valonia*.

**Tilacoide.** Ultraestructura laminar localizada en los cloroplastos, sobre la cual se agrupan los pigmentos fotosintéticos.

**Tomentoso.** Dícese de la planta o del órgano que están cubiertos de pelos generalmente ramificados, cortos y dispuestos muy densamente, como el fieltro.

**Tortuoso.** Que se tuercen a lo largo.

**Trabéculas.** Extensiones filamentosas de la pared que forma una malla en el interior del sifón.

**Uniaxial.** Con un solo eje central, alrededor del cual se disponen sus ramificaciones.

**Uniestratificada.** Poseedor de una capa.

**Utrículo.** Parte terminal de un filamento, ensanchado o inflado por ejemplo en la corteza de *Codium*.

**Venación.** Filamento central y ramificaciones adyacentes que sobresalen a lo largo del talo en *Anadyomene*.

**Verticilo.** Ramificaciones numerosas en la que las ramas se insertan en torno a un eje, a la misma altura.

**Zonado.** Formación de bandas de distinta apariencia, debido a diferencias de color textura.

## DISCUSIÓN

Este trabajo elabora el contenido que será la base para construir el guión multimedia de la serie de CD multimedia interactivos que se están produciendo desde el año 2006 a la fecha y que forman parte proyecto PAPIME EN211304. El siguiente paso es reunir simultáneamente el contenido informativo con más de 1, 200 imágenes, animaciones, videos, presentaciones electrónicas, base de datos, artículos en pdf, galería de imágenes y una autoevaluación que permitirá elaborar como producto el CD multimedia del tema. Con ello se espera que el usuario pueda navegar por la información de modo intuitivo e interactivo.

El contenido se apoya en la consulta de 100 fuentes bibliográficas que comprenden el periodo de 1956 al 2008. Dicha información ha sido ordenada de manera sencilla y lúdica para ser consultada por los alumnos de la carrera de Biología y personas interesadas del tema con la finalidad de ofrecer una herramienta didáctica e introducirlos en la biología de las algas verdes marinas y con ello cumplir con los objetivos planteados, bajo una filosofía del constructivismo y el aprendizaje en Línea (Seitzinger, 2006).

Para ilustrar los conceptos anteriores se utilizaron 1, 200 imágenes en formato jpg, agrupadas en 50 carpetas para representar las estructuras comentadas de las algas verdes marinas citadas en las costas mexicanas. Así mismo fueron escaneados 12 esquemas modificados por el autor para reforzar y exponer de forma clara los diferentes aspectos documentados en este trabajo.

**Organización celular.** La información recopilada en la organización celular, incluyen: pared celular, núcleo, cloroplasto, pigmentos, pirenoide, sustancia de reserva, flagelo, estigma y tipo de mitosis, los cuales fueron documentados en libros especializados y publicaciones periódicas del tema. En particular se explica de forma amplia la arquitectura del flagelo, los tipos de mitosis y citoquinesis, ya que de ello depende comprender las diferentes líneas evolutivas que se explican en la filogenia de las algas verdes, tal y como lo señalan Hoek *et al.*, (1995) y Graham y Wilcox, (2002).

### **Biodiversidad y distribución en las costas de México**

Riqueza taxonómica. A lo largo de las costas mexicanas se registraron 285 especies distribuidos en 64 géneros. Los géneros con mayor riqueza específica corresponden a *Codium*, *Caulerpa*, *Chaetomorpha*, *Halimeda*, *Ulva* y *Cladophora*. La mayor cantidad de especies del género *Codium* se encuentran registradas para la costa del Pacífico estos datos coinciden con los de Pedroche *et al.*, (2002). *Caulerpa*, *Chaetomorpha* y *Halimeda* son géneros que prefieren desarrollarse en regiones tropicales (Hillis, 1959). Mientras que *Ulva* es de amplia distribución en aguas salobres y marinas (Guerrero y Mendoza-González, 2001). Por su parte, el género *Cladophora* es un taxa eurihalino y de amplia distribución en los ambientes costeros del país (Garduño *et al.*, 2005).

La biodiversidad y distribución de las algas verdes marinas en las costas de México (Pacífico y Atlántico) fueron fundamentadas a través de las obras de Ortega *et al.*, (2001) quienes reportan que para el Golfo de México y Mar Caribe son 164 especies y Pedroche *et al.*, (2005) quienes señalan en el catálogo de las algas marinas bentónicas del Pacífico de México 178 especies de algas verdes marinas. También se anexan las últimas publicaciones de la década incluyendo una base de datos en Excel de 352 registros elaborada por el autor, donde el usuario podrá consultar de manera electrónica los registros de las diferentes especies señaladas en las distintas entidades federativas del país. Se añade la información de 8 publicaciones, con las cuales se incrementan 28 nuevos registros para el país.

En la parte del Golfo de México y Mar Caribe los estados que presentaron mayor diversidad fueron: Quintana Roo (Isla Cozumel) con 173 especies seguido por los estados de Yucatán con (95), Veracruz (93), Campeche (55) y Tamaulipas (36), cabe señalar que la zona registrada con menor riqueza específica fue la costa del estado de Tabasco con un total de 12 especies. Esta información coincide con lo señalado por Pedroche y Senties (2003) y se aceptan estos datos, al considerarse que para las áreas con influencia del Caribe son donde se presenta la mayor riqueza específica y por su parte la zona donde hay el mayor aporte de agua dulce por la precipitación fluvial, sumado a la falta de sustratos naturales donde puedan crecer las macroalgas se registra como una zona desértica como ya lo había señalado Taylor (1960).

A lo largo del Pacífico Mexicano existen tres grandes áreas ecológicamente diferentes encontrando como las más diversas al Golfo de California con un total de 117 especies, seguido por Baja California Occidental con (114), Oaxaca (57), Sonora (53), Nayarit (49), Jalisco (40), Sinaloa (35), Michoacán (32), Guerrero (31) Colima (27) y Chiapas (16). La información que se presenta en este trabajo en cuanto a la diversidad ficoflorística a lo largo de las costas del Pacífico Mexicano coincide con la de Pedroche *et al.*, (2005). Y se registra nuevamente que el área costera donde se recibe una parte de las descargas de aguas pluviales de México, es la zona de menor riqueza específica (De la Lanza, 1991).

Al comparar la riqueza específica de las costas mexicanas con otras regiones pantropicales del Océano Pacífico y Atlántico el número de especies mexicanas fue mayor que las registradas para Taiwán, Malasia y Belice, y relativamente menor a Filipinas y Australia. En relación con la flora tropical y subtropical de la costa Atlántica Occidental que comprende desde Carolina del Norte hasta el sur de Brasil, las costas mexicanas contienen el 54% de la flora total de esa área (Wynne, 1998). Con base en lo anterior México puede ser considerado como un territorio de alta diversidad específica, véase tabla 4.

**Tabla 4.** Riqueza ficoflorística comparativa del número de familias, géneros y especies de algas verdes bénticas marinas de ocho regiones geográficas.

Región	Géneros	Especies	Referencias
Costa tropical y subtropical del Atlántico Occidental	75	300	Wynne (1998)
Australia	51	223	Lewis (1990)
Filipinas	36	213	Silva <i>et al.</i> (1987)
Costas Mexicanas del Golfo y Mar Caribe	47	164	Ortega <i>et al.</i> , (2001)
Costas del Pacífico Mexicano	41	178	Pedroche <i>et al.</i> , (2005)
Taiwán	25	90	Lewis (1990)
Malasia	21	58	Lewis (1990)
Belice	22	48	Norris y Bucher (1982)
Cuba	43	116	Suárez (1973)

### IMPORTANCIA

Los registros de las macroalgas verdes bénticas en ambas costas de México señalan 285 especies, de ellas 31 taxa, lo que corresponde al 12%, presentan algún tipo de uso en México. Entre los cuales se hallaron los siguientes usos: 27 medicinales, 4 comestible para el hombre, 4 importancia ecológica, 2 presentan sustancias tóxicas (tanto para animales como para el hombre), 2 ornamentales y solo una especie es utilizada para alimentar al ganado bovino. Esta relación indica que es un recurso pobremente utilizado y que en México no se han aprovechado. Además de que aún falta informar de las propiedades terapéuticas y nutrimentales entre la gente de las distintas regiones costeras (De Lara-Issasi y Álvarez-Hernández, 1995 y 1999; Martínez-Lozano, 1991; Ortega *et al.*, 1997).

Por otra parte Piña *et al.* (1983) determinaron un alto contenido de carbohidratos en *Ulva fascista*, la cual era consumida por pobladores de origen Asiático en el Puerto de Veracruz. González-Fierro *et al.*, (1994) señalan a *Cladophoropsis membranaceae* como un buen bioindicador de metales pesados, en particular para detectar altas concentraciones de zinc. Ortega (1992) registra el uso de *Halimeda*, en estado seco, para adornar los árboles de navidad por algunos pobladores de Quintana Roo.

**Catálogos, bases de datos y claves.** Las obras de Ortega *et al.* (2001), Pedroche *et al.* (2005) son sin duda una valiosa herramienta que se cuenta para conocer las algas verdes marinas citadas en los últimos 250 años en las costas del país. Esta información se requiere actualizar, y por ello se construyó una base de datos en Excel donde se suma la información de 5 publicaciones que abarcan del periodo de 1998 al 2007 (Collado *et al.*, 1998; Mateo-Cid *et al.*, 2002; Callejas *et al.*, 2005; Aguilar *et al.*, 2006; y Mateo-Cid y Mendoza-González, 2007).

Con los datos anteriores se apuntan los géneros que presentan la mayor riqueza específica y se registra que los trabajos monográficos han sido sólo abordados para *Codium* por Pedroche *et al.*, (2002) e incluso dan a conocer nuevas especies (Pedroche y Silva, 1996). Por su parte, para *Caulerpa* y *Halimeda* fueron estudiadas en trabajos de tesis de licenciatura, pero aún se requiere que sean publicadas sus observaciones. *Chaetomorpha*, *Ulva* y *Cladophora* no han sido investigadas con mayor profundidad, por lo que este trabajo remarca la necesidad de encaminar futuras líneas de investigación que aborden el estudio de estos géneros en México.

Contar con la base de datos, a través de un sistema electrónico sencillo permitirá al usuario, consultar la información según sus necesidades y obtener resultados rápidos y confiables.

Sumando los anteriores aspectos: catálogos y base de datos, es posible apreciar los sitios con alta riqueza específica, o bien los lugares con poca exploración ficológica (Ortega *et al.*, 2001).

Las claves genéricas o específicas son pocas (Garduño *et al.*, 2002; León *et al.*, 2007) por lo que aún se deberá de trabajar en estos aspectos que aborden la determinación específica de los géneros más comunes de las costas de México.

**Clasificación.** En cuanto a la clasificación es un aspecto con cambios frecuentes en las categorías taxonómicas supragenéricas basadas desde Taylor (1960) hasta Wynne (2005). Esto puede explicarse al avance generado en los últimos cuarenta años en el conocimiento de RNA 18S, la ultraestructura de los flagelos y el tipo de mitosis y citoquinesis que se presentan en las algas verdes marinas. Es decir, cabe señalar lo que ha generado diferentes puntos de partida con lo que a su vez se han estructurado nuevos sistemas de clasificación.

**Glosario.** Esta sección incluye 107 conceptos apoyado en once referencias especializadas, con lo que se espera ayudar al usuario a una mejor comprensión de los diferentes aspectos que se abordan en este trabajo.

Las presentaciones electrónicas en power point y multimedia sintetizan las diferentes características diacríticas de los géneros de la costa Atlántica de México. Y se incluye un herbario virtual, para guiar al usuario al reconocimiento de los diferentes géneros que crecen en nuestras costas.

Los artículos en versión pdf representan diferentes ámbitos como son: taxonómico, ecológico y celular.

## CONCLUSIONES

El análisis de la literatura consultada permitió señalar las distintas características vegetativas, reproductivas, distribución y usos de las algas verdes marinas bentónicas, que están citadas a lo largo de las costas mexicanas. Así como conocer las áreas geográficas del país con mayor riqueza específica. Por otra parte, reveló que es necesario realizar investigaciones que aborden los aspectos de cultivo, estudios moleculares, secuenciación y monografías de estos recursos que permitan incrementar el conocimiento y la utilidad de estos organismos que crecen de forma natural a lo largo de las costas mexicanas.

El texto (contenidos) aborda los requerimientos de las cartas descriptivas del módulo de Diversidad Vegetal I, ajustándose al programa de licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, de la carrera de Biología. Esta información está organizada a través de diferentes programas de computo y se apoya con diferentes presentaciones electrónicas en formato flash, videos, mapas de distribución, esquemas y una galería de más de 1,200 imágenes complementarias.

Este trabajo representa la base para elaborar un guión multimedia y se reúna simultáneamente las herramientas de animaciones, videos, imágenes entre otras y con ello se elaboró un CD multimedia del tema. Este producto será de fácil consulta para conocer la biología de las algas verdes marinas y la importancia que tienen. Su principal aporte, es una revisión sintética y actualizada de los aspectos morfológicos, taxonómicos y ecológicos que incluye información concisa de los fundamentos de la biología de las algas verdes marinas bentónicas, registradas en las costas mexicanas. Además incluye, una guía bibliográfica y un glosario de los conceptos utilizados.

## BIBLIOGRAFIA

- Abbott, I.A. & G.J. Hollenberg, 1976. Marine algae of the California. Stanford University Press, Stanford, California (EUA), 827 pp.
- Acleto, O. C. y A. R. Zúñiga, 1998. *Introducción a las algas*. Impreso en los talleres Gráficos de Editorial Escuela Nueva, S.A. (editado por el autor) Lima, Perú, 383 pp.
- Águila-Ramírez, R.N., C. Hernández-Guerrero, A. Marín-Álvarez, M. Beltrán-López y M. Casas Valdez, 2007. Uso de las algas Marinas en la Alimentación Humana. Elaboran investigadores politécnicos pan a base de algas marinas. Coordinación general de comunicación social y divulgación. Comunicado de prensa, IPN.
- Aguilar-Rosas, L.E., M.J. Ochoa-Izaguirre y R. Aguilar-Rosas, 2006. Nuevos registros de *Acetabularia schenckii* and *Acetabularia farlowii* (Chlorophyta) para las costas del Pacífico de México. *Hidrobiológica* 16 (3): 267-270.
- Aguilar-Wosnitza, T.M. & J. Guerrero-Barrantes, 2005. Utilization of seaweed *Ulva* sp. in Paracas Bay (Peru): experimenting with compost. *Journal of Applied Phycology* 18:17-31.
- Aldón, D., J. Juscamaita y P. Gil-Kodaka, 2008. Empleo de la macroalga *Ulva lactuca* (Chlorophyta) en la elaboración de bioabono líquido. En: resúmenes del VIII Congreso de Ficología de América latina y el Caribe, VI reunión iberoamericana de ficología, del 25 al 29 de agosto del 2008, Lima, Perú.
- Avilés, M.J. 1990. Contribución al estudio del genero *Caulerpa* Lamour., en México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. 136pp.
- Bakker, F.T., J.L. Olsen, W.T. Stam & C. van den Hoek, 1994. The *Cladophora* complex (Chlorophyta): new views based on 18S rRNA gene sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 3: 365-382.
- Berger, S. y J.M. Kaefer, 1992. Dasycladales An Illustrated Monograph of a Fascinating algal Order. Georg Thiem Verlag Stuttgart (Alemania), VIII + 247 pp.
- Bold, C. H. & J. M. Wynne, 1978. *Introduction to the algae structure and reproduction*. Pentice-Hall, Inc. USA. 706 pp.
- Bustamante y Rocha, P., 1853. *Nuevas lecciones de botánica*. Imprenta Manuel F. Redondes, México, 168 pp.
- Callejas-Jiménez M. E., A. S. Granados y K. M. Dreckmann, 2005. Macroalgas bentónicas de Puerto Real, Faro Santa Rosalía y Playa Preciosa, Campeche, México, con algunas consideraciones florísticas y ecológicas para el estado. *Hidrobiológica* 15 (1): 89-96.
- Collado-Vides, L., J. González-González & M. Gold-Morgan, 1994. A descriptive approach to the floating masses of algae of a Mexican Caribbean coastal lagoon. *Botánica Marina* 37:391-396.
- Collado-Vides, L., J. González-González y E. Ezcurra, 1995. Patrones de distribución ficoflorística en el Sistema Lagunar de Nichupté, Quintana Roo, México. *Acta Botánica Mexicana*. 31:19-32.
- Collado-Vides, L., I. Ortegón-Aznar, L. Combada-Herrera, A. S. Granados & J. González-González, 1998. Macroalgae of puerto Morelos Reef System, Mexican Caribbean. *Hidrobiológica* 8 (2): 133-143.
- Cavalier-Smith, T., 1998. A revised six-kindom system of life. *Biological. Revista*. 73:203-266.
- Carmona, J. J., M. M. A. Hernández y V. M. Ramírez, 2004. Algas: Glosario ilustrado. Facultad de Ciencias de la UNAM. México. 82 pp.
- Chappell, D.F., C.J.O'Kelly, L.K. Wilcox & G.L. Floyd, 1990. Zoospore flagellar apparatus architecture and the taxonomic position of *Phaeophila dendroides* (Ulvophyceae Chlorophyta). *Phycologia* 29 (4):515-523.

- Dawson, E.Y., 1966. *Marine Botany: An Introduction*. Holt, Rinehart and Winston, Inc. USA. 371 pp.
- Dobzhansky, T., J.F. Ayala, G.S. Ledyard y W. J. Valentine, 1988. *Evolución*. 2da Ed. Omega, Barcelona. 558 pp.
- Douglas, J. F., 1986. *Evolutionary Biology*. 2da ed. Sinaver Associates, Inc. Publishers. USA. 600 pp.
- Dieguez, C.A., 1990. *Glosario de términos ficológicos*. Universidad Autónoma de Baja California. México. 128 pp.
- De la Lanza, E.G., M.M. Ortega, J.L. Laparra, R.M. Carrillo, J.L. Godínez, 1989. Análisis químicos de metales pesados (Hg, Pb, Cd, As, Cr y Sr) en algas marinas de Baja California. Universidad Nacional Autónoma de México. *Anales Instituto de Biología, Serie Botánica* 59 (1): 89-102.
- De la Lanza, E.G., 1991. *Oceanografía de los Mares Mexicanos*. AGT editor, S.A. México. 569 pp.
- De la Lanza, E.G. y C.C. Martínez, 1999. *Diccionario de hidrología y ciencias afines*. Plaza y Valdés Editores. México. 286 pp.
- De Lara-Isassi, G. y M. E. Ponce-Márquez, 1991. Detección de la actividad antibacteriana de algunas algas de la Playa Paraíso, Veracruz, México. *Biotam* 3(1):20-26.
- De Lara-Isassi, G. y S. Álvarez-Hernández, 1994. Actividad biológica de las Macroalgas Marinas Mexicanas. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 45:51-60.
- De Lara-Isassi, G. y S. Álvarez-Hernández, 1995. Propiedades anticoagulantes de extractos de algas marinas Mexicanas: *Halimeda discoidea* (Chlorophyta) con actividad semejante a la Heparina. *Cryptogamie Algol.* 16:199-205.
- De Lara-Isassi, G. y S. Álvarez-Hernández, 1998. Evaluación de la actividad aglutinante de extractos de macroalgas presentes en las costas del Atlántico Mexicano. *Hidrobiológica* 8 (1):67-72.
- De Lara-Isassi, G. y S. Álvarez-Hernández, 1999. Evaluación de la actividad anticoagulante de las algas marinas presentes en las costas de México y Caribe Mexicano. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 49:75-82.
- De Lara-Isassi, G., N. Hernández y A. Anzures, 1994a. Estudio de la toxicidad de algunas macroalgas de las costas de Oaxaca, México. Serie grandes temas de la Hidrobiología: Los litorales. UAMI-UNAM. 2:39-46.
- De Lara-Isassi, G., M. E. Ponce-Márquez, R. M. S. Ortega y S. Álvarez., 1994b. Actividad anticoagulante de algunas especies de algas marinas de la costa del estado de Oaxaca. Serie grandes temas de Hidrobiología: Los sistemas litorales. UAMI, UNAM 2: 47-49.
- De Lara-Isassi, G., S. Álvarez-Hernández, C. Lozano-Ramírez y N. Hernández-Soto, 1999. Nuevas adiciones al conocimiento de la actividad antibiótica de macroalgas marinas mexicanas. *Hidrobiología* 9 (2):159-169.
- Dreckman, K.M., F.F. Pedroche y C.J. Mariana. 2006. Diagnostico florístico de la ficología marina bentónica en Chiapas. *Hidrobiológica* 16 (2): 147-158.
- Font Quer, P., 1975. *Diccionario de Botánica*. 5ª edición. Editorial Labor, S.A., Barcelona. 1244 pp.
- Flores-Davis, J.G., 1993. Clorofíceas del litoral rocoso de La Mancha, Veracruz. Secretaría de Educación y cultura, Dirección general de Educación Media Superior y Superior (Xalapa, Veracruz, México) 94 pp.
- Freile, P. Y., 2001. Algas en la "botica". *Avance y perspectiva* 20:283-292.
- García G. M.A., Ma. G. Oliva., G. Garduño, A. Pliego Avendaño y M.M. Ortega, 2007. Algas Pardo-doradas CD multimedia interactivo. Coordinación editorial FES Iztacala

- Garduño, G., J. Godínez y M. Ortega, 2002. Una clave de campo para las algas verdes de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe. AGT Editor, S. A. México. 72 pp.
- Garduño, S.G., J.L. Godínez y M. M. Ortega, 2005. Distribución Geográfica y afinidad por el sustrato de las algas verdes (Chlorophyceae) bénticas de las costas Mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 76: 61-78.
- Garduño, S.G., Ma. G. Oliva., Ma. A. García Gómez, A. Pliego Avendaño y M.M. Ortega, 2006. Algas pardas. CD multimedia interactivo. Coordinación editorial FES Iztacala.
- Garduño, S.G., Ma. G. Oliva., V. Conforti, Ma. A. García Gómez, A. Pliego Avendaño y M.M. Ortega, 2007. Euglenoideos CD multimedia interactivo. Coordinación editorial FES Iztacala.
- Garduño, S.G., S. Licea, Ma. G. Oliva., Ma. A. García Gómez y A. Pliego Avendaño, 2009. Dinoflagelados CD multimedia interactivo. Coordinación editorial FES Iztacala
- Godínez, J.L., 2008. Colectores de Algas de México (1787-1954). *Acta Botánica Mexicana* 85: 75-97.
- González-Fierro, A., A. Vázquez-Botello, S. Villanueva-Fragoso y G. Ponce-Vélez, 1994. Presencia de metales en sedimentos recientes y organismos de la laguna Sontecomapan, Veracruz, México. *Hidrobiológica* 4 (1-2): 35-43.
- Guerrero, A. & A.C. Mendoza-González, 2001. Ulvales of Monterrey Península, California, USA. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, México, 47 (1):27-51.
- Graham, L.E. & L.W. Wilcox. 2000. *Algae*. Prentice-Hall. USA. 397-451 pp.
- Huerta, M. L., 1960. Aprovechamiento de las algas marinas. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 25: 62-71.
- Hoek, C. Van den., D.G. Mann & H.M. Janhs, 1995. *Algae, an introduction to Phycology*. Cambridge University Press. Cambridge. 623 pp.
- Hillis, L.W., 1959. A revision of the genus *Halimeda* (order Siphonales). *Publ. Inst. Mar. Sci.* 6:321-403.
- Kraft, G.T. & M.J. Wynne, 1996. Delineation of the genera *Struvea* Sonder and *Phyllocladion* J.E. Gray (Cladophorales, Chlorophyta). *Phycological Research* 44: 129-142.
- Lehman, R.L. & J.W. Tunell, Jr., 1992. Species composition and ecology of the macroalgae of Enmedio Reef, Veracruz, Mexico. *Texas Journal of Science* 44: 445-457.
- León, A.D., S.C. Candelaria, A.P. Hernández y T.H. León, 2007. Géneros de algas marinas tropicales de México. I Algas Verdes. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. 173 pp.
- Lewis, J.E., 1990. Evaluating taxonomic database for biogeographic use. *Bulletin Marine of Science* 47 (1): 115-123.
- Leliaert, F., F. Rousseau, B. de reviers & E. Coppejans. 2003. Phylogeny of the Cladophorophyceae (Chlorophyta) inferred from partial LSU rRNA gene sequences: is the recognition of the separate order Siphonocladales justified? *European Journal of Phycology* 38: 233-246.
- Littler, D.S. & M.M. Littler, 1990. Systematics of *Udotea* species (Bryopsidales, Chlorophyta) in the tropical western Atlantic. *Phycologia*. 29:206-252.
- Littler, D.S. & M.M. Littler, 2000. Caribbean reef plants. An identification guide to the reef plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Golf of Mexico. Offshore Graphics, Inc., Washington, D.C. 1263 pp.
- Lobban, C. S. & M. J. Wynne, 1981. *The Biology Of Seaweeds*. Blackwell Scientific Publications. 786 pp.

- Lüning, K., 1990. *Seaweeds. Their Environment. Biogeography and Ecophysiology*. John Wiley & Sons, Inc. USA. 527 pp.
- Lot-Helgueras, A., 1971. Estudios sobre fanerógamas marinas en las cercanías de Veracruz, Ver. Universidad Nacional Autónoma de México. *Anales Instituto de Biología, Serie Botánica*. 42 (1):1-48.
- Mateo-Cid, L.E. y A.C. Mendoza-González, 1993. Algas marinas poco conocidas de la flora mexicana X. *Derbesia marina* (Lyngbye) Solier y *D. prolifica* W. Taylor (Chlorophyta-Bryopsidaceae). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, México, 38: 9-16.
- Mateo-Cid, L.E., A.C. Mendoza-González & R. B. Searles, 2002. New Mexican Records of Marine Algae Including *Crouania mayae* sp. nov. (Ceramiaceae, Rhodophyta). *Caribbean Journal of Science*, 38 (3-4):205-221.
- Mateo-Cid, L.E. y A.C. Mendoza-González, 2007. Flora Ficologica: Diversidad, Importancia Económica y Conservación. Cap. 6: 81–113, En: L.M. Mejía-Ortiz, (Editor). Biodiversidad Acuática de la Isla de Cozumel, 422 pp. Universidad de Quintana Roo, Plaza y Valdez, Mexico D.F.
- Martínez-Lozano, S. 1991. Algas marinas de aplicación farmacéutica I. Publicaciones Biológicas. F.C.B. /U.A.N.L., México, 5 (2):81-88.
- Martínez-Antonio, E. y J. Murillo-Álvarez, 2008. Empleo de la macroalga *Ulva lactuca* (CHLOROPHYTA) en la elaboración de bioabono líquido. En: resúmenes del VIII congreso de ficología de América latina y el caribe, VI reunión iberoamericana de ficología, del 25 al 29 de agosto del 2008, Lima, Perú.
- Mendoza-González, A.C., L.E. Mateo-Cid & R.B. Searles, 2000. New records of benthic marine algae from Islas Cozumel, Mexico: Phaeophyta and Chlorophyta. *Bulletin of Marine Science* 66:119-130.
- Mogi, Y., Y. Kagami, S. Miyamura, T. Nagumo, & S. Kawano, 2008. Asymmetry of Eyespot and mating structure positions in *Ulva compressa* (Ulvales, Chlorophyta) revealed by a new field emission scanning electron microscopy method. *Journal of Phycology*, 44:1290-1299.
- Oliva, M. Ma. G., G.S. Garduño, G. Vilaclara Fatjo, M.M. Ortega, Ma. A. García Gómez y A. Pliego Avendaño, 2007. Diatomeas Bacillariophyceae. FES Iztacala, UNAM. CD interactivo multimedia.
- Oliveira, E.C., 1999. The benthic Marine Algae of Uruguay. *Botánica Marina* 42 (2):129-135.
- Ortega, M.M. y J.L. Godínez. 1994. Perspectivas de la ficología en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 55:115-122.
- Ortega, M.M., J.L. Godínez, G. Garduño, M.G. Oliva, G. Vilaclara, 1997. Uso tradicional de las algas marinas de México. *Serie ciencias forestales y del ambiente*. Universidad Autónoma Chapingo. 3 (2):161-163.
- Ortega, M.M., J.L. Godínez y S.G. Garduño, 2001. *Catálogo de algas bénticas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 594 pp.
- Piña, P.C., M.M. Ortega y D. Landeros, 1983. Contribución al estudio de la composición química del alga Mexicana *Ulva fasciata* Delile. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ser. Botánica* 54: 243-246.
- Pedroche, F.F. y A. Senties, 2003. Ficología Marina Mexicana. Diversidad y problemática actual *Hidrobiológica* (1): 23-32.
- Pedroche, F.F., y C.P. Silva, 1996. *Codium picturatum* sp. Nov. (Chlorophyta), Una especie extraordinaria del Pacífico tropical mexicano. *Acta Botánica Mexicana* 35:1-8.

- Pedroche, F.F., C.P. Silva y M. Chacana, 2002. El género *Codium* (Codiaceae, Chlorophyta) en el Pacífico de México. En: Monografías Ficológicas. A. G. Senties y K. M. Dreckman (Ed). Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México. pp 11-73.
- Pedroche, F.F., C.P. Silva, L.E. Aguilar, K.M. Dreckmann y R.R. Aguilar, 2005. *Catálogo de Algas Marinas Bentónicas del Pacífico de México I*. Chlorophycota. Universidad Autónoma de Baja California. México. 135 pp.
- Sánchez-Rodríguez, M.E., 1991. Comunidades características de Macroalgas en Lagunas costeras. En: Figueroa, T.G., C. Álvarez, A. Esquivel y M.E. Ponce M. (Eds.) *Serie grandes temas de la hidrobiología: Los sistemas litorales, UAMI-UNAM* 1: 51-56.
- Santelices, B., 1977. *Ecología de algas Marinas Bentónicas efectos de factores ambientales*. Universidad Católica de Chile, Santiago. 383 pp.
- Scagel, R.F., R.J. Bandoni, J.R. Maze, G.E. Rouse, W.B. Schofield y J.R. Stein, 1987. *El reino vegetal*. Omega, S.A. Barcelona. 778 pp.
- Schneider, C.W. & R.B. Searles, 1991. Seaweeds of the southeastern United States: Cape Hatteras to Cape Canaveral. Duke University Press, Durham (EUA), 553 pp.
- Seitzinger, J. 2006. Be constructive blogs podcas and wikes as constructivist learning. The learning guilds learning solutions. Practical applications of technology for learning e magazine <http://www.elaerning.guild.com/pdf>
- Serviere-Zaragoza, E., L. Collado-Vides y J. González-González, 1992. Caracterización ficológica de la laguna de Bójorquez, Quintana Roo, México, *Caribbean Journal of Science* 28:126-123.
- Setchel, W.A. & N.L. Gardner. 1924. Expedition of the California Academy of Sciences to the Golfo of California in 1921. The marine algae. *Proc. Calif. Acad. Sci. Ser. 4* (12): 695-649.
- Sheppard, C.R.C., 1995. Biological communities of tropical oceans. En: Nieremberg W.A. Ed. *Enciclopedia of Environmental Biology* Vol. I. Academic Press, San Diego. pp 277-289.
- Silva, P.C., 1982. *Chlorophycota*. En: S.P. Parker (Ed.). Synopsis and classification of living organisms. McGraw Hill Book Company, New York (EUA), vol. 1, 133-161 pp.
- Silva, P.C., E.G. Meñez & R.L. Moe, 1987. Catalog of the Benthic Marine Algae of the Philippines. *Smithsonian Contr. Mar. Sci.* 1-179.
- Silva, P.C., P.W. Basson & R.L. Moe, 1996. Catalogue of the marine algae of the Indian Ocean. University of California Press, Berkeley (EUA), 1259 pp.
- South, R.G. & A. Whittick, 1987. *Intoduction of Phycology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 341 pp.
- Strasburger, E., F. Nall, H. Schenck y A.F.W. Schimper, 2002. Tratado de Botánica. Omega. Barcelona. 1134 pp.
- Tamayo, L.J., 1962. *Geografía General de México Geografía Física*. Instituto de Investigaciones Económicas. Tomo I. 2da edición. México. 705 pp.
- Taylor, W., 1960. *Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts of the Americas*. The University of the Michigan, Ann Arbor. USA. 870 pp.
- Ulloa, M., 1991. *Diccionario ilustrado de Micología*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 310 pp.
- Valdés, R.G. 2003. Caracterización morfológica y anatómica del género *Halimeda* de las costas de Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. 39pp.
- Varona Graniel, D.E., M.P. Ibarra González, R. Montoya Ayala, J. R. Padilla, S. G. Stanford, 2007. *Invertebrados no artrópodos*. CD multimedia. FES-Iztacala.
- Vroom, P., C.M. Smith & S.C. Keeley. 1998. Cladistic of the Bryopsidales: a preliminary analysis. *Journal of Phycology* 34:351-360.

- Woolcot, G.W., K. Knoller & R.J. King, 2000. Phycologic of the Bryopsidaceae (Bryopsidales, Chlorophyta): cladistic analyses of morphological and molecular data. *Phycologia* 39:471-481.
- Wynne, M.J. 1996. William Randolph Taylor (1985-1990) In *Prominent Phycologists of the 20<sup>th</sup> Century*. D.J. Garbary and M.J. Wynne (Eds). Lancelot Press, Hantsport Nova scotia, pp. 175-184.
- Wynne, M.J., 1998. A checklist of the benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: first revision. *Beih. Nova Hedwigia*. 155 p.
- Wynne, M.J., 2005. *A Checklist of benthic Marine Algae of the tropical and subtropical western Atlantic*: second revision. J. Cramer. Michigan. 152 pp.

### **Direcciones electrónicas**

<http://www.algaebase.org>

<http://siarchives.si.edu/findingaids/FARU7097.htm#FARU7097i>

<http://www.drpez.com/diccionario/term/afad5ca55eacabae5a,xhtml>

[http://www.aulados.net/Botanica/Curso\\_Botanica/Algas\\_verdes/9\\_Chlorophyta\\_texto.pdf](http://www.aulados.net/Botanica/Curso_Botanica/Algas_verdes/9_Chlorophyta_texto.pdf)