

CAPITULO 16

GENERALIDADES SOBRE LAS MACROALGAS

Andrés Mansilla y Krisler Alveal

1. Introducción	349
2. Características de las macroalgas marinas bentónicas	351
2.1. División Chlorophyta o algas verdes	351
2.1.1. Organización celular	351
2.1.2. Reproducción y ciclo de vida	351
2.1.3. Hábitat	351
2.1.4. Clasificación	352
2.2. División Phaeophyta o algas pardas	352
2.2.1. Organización celular	352
2.2.2. Reproducción y ciclo de vida	352
2.2.3. Hábitat	353
2.2.4.-Clasificación	353
2.3. División Rhodophyta o algas rojas	353
2.3.1. Organización celular	354
2.3.2. Reproducción y ciclo de vida	354
2.3.3. Hábitat	354
2.3.4. Clasificación	355
4. Aspectos ecológicos	355
4.1. Consideraciones generales	355
4.2. Distribución vertical	355
5. Principales macroalgas de la costa chilena	357
5.1. Algas verdes	357
5.2. Algas pardas	357
5.3. Algas rojas	358
5.3.1. Ciclo de vida del pelillo o <i>Gracilaria chilensis</i> y de las lugas	358
5.3.2. Ciclo de vida del luche o <i>Porphyra columbina</i>	359
6. Lecturas recomendadas	359

CAPITULO 16

GENERALIDADES SOBRE LAS MACROALGAS

Andrés Mansilla y Krisler Alveal

1. Introducción

El concepto "Algas" fue utilizado por primera vez por *Linneo* (cuadro 16.1.) para designar los organismos vegetales que incluyó en la clase de las criptógamas, y de los que solo persisten como integrantes de las algas actuales los géneros *Chara*, *Conferva*, *Ulva* y *Nitella*. Hoy en día este término esta también desprovisto de un significado taxonómico, pero se usa para designar a los organismos que poseen clorofila a¹, un talo no diferenciado en raíz, tallo y hojas, y que son de hábitos predominantemente acuático.

Son muchas las razones por las que nos interesan las algas ya que desempeñan un papel ecológico importante como productores primarios de los ecosistemas donde habitan, siendo probablemente responsables de más del 50% de la producción primaria de todo el planeta; y son los responsables de la fijación del CO₂, mediante la fotosíntesis, eliminando como residuo O₂.

¹ Ver capítulo 12 "Luz y fotosíntesis"

En relación con la morfología externa, las algas presentan una gran diversidad de formas y tamaños, que incluyen desde representantes unicelulares microscópicas, como diatomeas y dinoflagelados², hasta formas arborescentes con más de 60 metros de longitud, como las especies del género *Macrocystis*, conocidas en Chile como "Huiros". Respecto de la coloración y a pesar de que deberían ser predominantemente de color verde como consecuencia de la presencia de clorofila, estos organismos contienen además otros tipos de pigmentos lo que hace que muchas de ellas presenten también coloraciones rojizas, azuladas, pardas hasta ennegrecidas, debido al enmascaramiento del color verde de la clorofila por estos pigmentos accesorios.

La diversidad de algas no está solamente dada por su morfología externa sino que también por sus características bioquímicas y fisiológicas, así como por su variabilidad genética y fenotípica que se manifiesta claramente en la gran capacidad de colonizar ambientes muy diversos. Así existen tanto especies dulceacuícolas, marinas y de ambientes intermedios (como lagunas costeras), como otras que habitan en ambientes extremos (continente antártico), además de aquellas asociadas con otros organismos y que forman líquenes, mientras que en ambientes marinos las algas pueden estar fijadas al sustrato formando parte del bentos o flotando en el agua como parte del plancton.

La ficología³ es la rama de la biología que estudia las algas. Harvey⁴, en el año 1836, clasificó estos organismos basándose en la composición de sus pigmentos, sistema de ordenación que persiste hasta hoy; sin embargo, las relaciones evolutivas entre grupos de algas nunca fueron claras debido a la falta de registros fósiles en la mayoría de los grupos, a una morfología simple y a una gran plasticidad fenotípica o de formas, aún cuando en la actualidad se han obtenidos muchos avances mediante técnicas de microscopía electrónica, permitiendo un detallado estudio de la ultraestructura de las células. Recientemente, sin embargo y gracias a nuevas técnicas en biología molecular que se han utilizado para establecer nuevas hipótesis sobre las relaciones evolutivas entre las algas, se ha puesto en evidencia que el antiguo grupo denominado algas correspondía a un grupo artificial muy diferente de lo que hoy conocemos como tal.

Dentro de las principales divisiones de algas actualmente reconocidas se pueden citar: Chlorophyta, Rhodophyta, Glaucocystophyta, Euglenophyta, Chlorarachniophyta, Heterokontophyta (Raphidophyta, Chrysophyta, Bacillariophyta, Xanthophyta, Eustigmatophyta, y Phaeophyta), Haptophyta (= Prymnesiophyta), Cryptophyta y Dinophyta. Hasta hace algunos años se incluía también dentro de las algas a la cianofitas o algas azul-verdes, pero en la actualidad este grupo de organismos procariontes se considera más cercano a las bacterias por lo que constituyen una agrupación separada de las algas y denominada cianobacterias, sin embargo algunos autores aún las consideran como parte de las algas. Estas distintas divisiones agrupan tanto a organismos microscópicos como macroscópicos, pero al referirnos a macroalgas marinas solo se abordarán aquellos grupos de algas macroscópicos con representantes bentónicos, es decir, aquellas especies vegetales que viven adheridas a algún tipo de sustrato en la costa o en el fondo del mar.

Cuadro 16.1. El naturalista sueco Carlos Linneo, también conocido como Carolus Linnaeus o Carl von Linné (1707-1778) puso las bases de la clasificación científica moderna de los organismos vivos, en un libro que tituló «*Sistema naturae*». Esta clasificación dividía los seres vivos primero en dos «Reinos», el animal y el vegetal y luego agrupaba los organismos, dentro de cada reino, en función de sus características comunes. Para los animales definió los llamados «Phylum» como agrupaciones mayores, mientras que para los vegetales utilizó el término «División» para esta misma categoría. Posteriormente en 1753, en su libro «*Species c, y plantarum*», aplicó su nomenclatura binaria o binomial, que consistía en designar cada especie por un término doble: una que indicaba el género y otra que designaba la especie, con lo que el género servía como denominador común de todas las especies que formaban un grupo natural. Utilizando este sistema Linneo llegó a denominar más de 7.000 especies vegetales y más de 4.000 especies animales, y a establecer este sistema como el que actualmente se utiliza para la denominación de plantas y animales.

2 Este último grupo es ampliamente conocido como uno de los principales causantes de las mareas rojas. Ver cuadro 14.1.

3 Del griego "phykos" = planta de mar y "logos" = tratado, estudio.

4 Botánico irlandés (1811 – 1866). Fue profesor en Dublín (1856) y recorrió numerosos países en viajes científicos, su principal obra corresponde a "Phycologia britannica" publicada en Londres entre 1846 y 1851.

2. Características de las macroalgas marinas bentónicas

2.1. División Chlorophyta⁵ o algas verdes

Las algas verdes conforman un grupo morfológicamente muy diversificado que incluye representantes unicelulares, coloniales, como también formas filamentosas y parenquimatosas, las que pueden ir desde individuos microscópicas hasta algunos con longitudes de más de un metro de largo (Ej. *Enteromorpha*, *Ulva*).

2.1.1. Organización celular

La pared celular de las clorofitas, generalmente embebida en una matriz de hemicelulosa, está constituida por una estructura fibrilar de celulosa, aunque en algunos géneros pueden presentar polímeros de xilosa (Ej. *Bryopsis*) o de manosa (Ej. *Acetabularia*) y en otros puede presentarse impregnada de carbonato de calcio (Ej. *Halimeda*). Pueden además presentar desde uno a muchos cloroplastos -o plastidios- por célula, los que a su vez tienen una gran variedad de formas (elemento importante para la clasificación de este grupo), con plastidios semejantes a cinta, estrellas, láminas, discos, etc. Los pigmentos presentes en las algas verdes corresponden a clorofila a, b, beta-caroteno, luteína, violaxantina y zeaxantina, conformación pigmentaria muy semejantes a la encontrada en plantas vasculares y briofitos. Los pirenoídes, que corresponden a estructuras lipoproteicas relacionadas con la acumulación de sustancias de reserva y asociadas a los cloroplastos, se encuentran presentes en muchas algas verdes, en número variable y que va de uno o más por cloroplasto. La sustancia de reserva es el almidón, que es también semejante al encontrado en plantas vasculares y briofitas, aunque algunas clorofíceas también almacenan aceite. Las clorofíceas pueden presentar flagelos en su fase vegetativa, reproductiva o en ambas, siendo el número de éstos muy variable, generalmente de 2 ó 4 por célula y pueden ser simples o plumosos y localizados en la región anterior. La mayoría de las células flageladas presentan estigma (mancha ocular) localizada en el cloroplasto, en posición anterior, próxima a los flagelos. La mancha ocular consiste en una o más capas de lípidos localizados en el estroma entre la última capa de los tilacoides y es generalmente alargado y de color rojizo debido a la presencia de carotenoides. Muchos autores asocian esta estructura a la percepción de la luz.

2.1.2. Reproducción y ciclo de vida

Las clorofíceas presentan reproducción vegetativa, esporica y gamética. La reproducción vegetativa es por simple división celular y fragmentación. Las algas verdes también se pueden reproducir a través de la formación de esporas (zoosporas o aplanosporas). En cuanto a la morfología de los gametos, es posible verificar la existencia de isogamia, anisogamia y oogamia, y también pueden ser móviles (zoogametos) o inmóviles (aplanogametos). El ciclo de vida de las algas verdes es extremadamente variable pudiendo ser: a) Haploide diplonte. (*Codium spp*), b) Haplobionte haplonte (*Zygnema spp*, *Spirogyra spp*), c) Diplobionte isomórfico (*Ulva spp*) y d) Diplobionte heteromórfico (*Derbesia*⁶)

2.1.3. Hábitat

Este grupo presenta una distribución cosmopolita y habita en una gran diversidad de ambientes, aunque la mayoría de las especies (aproximadamente el 90%) se encuentra viviendo en ambientes de agua dulce y corresponden a organismos microscópicos de hábitos planctónicos. No obstante también existen algunas formas terrestres que crecen sobre troncos o barrancos húmedos (Ej: especies de *Trentepohlia*), mientras que otras crecen en hielo (Ej: especies de *Chlamydomonas*) y otras viven en asociación con hongos (líquenes). En el caso de las formas marinas bentónicas, la mayor parte se encuentran en aguas tropicales, por lo que en el litoral chileno no son demasiado abundante aún cuando existen varias especies de macroalgas de esta división, principalmente representantes de los géneros *Ulva*, *Enteromorpha*, *Monostroma*, *Bryopsis*, *Codium*, *Chaetomorpha*, *Cladophora*, *Rhizoclonium* entre otros.

⁵ Del griego "chloro" = verde y "phyton" = planta

⁶ Esta alga presenta dos fases, ambas diploides (2n), pero morfológicamente muy diferentes entre sí. En el pasado una de estas fases fue descrita como una especie de un género distinto denominado *Halicystis*.

2.1.4. Clasificación

Se han descrito cerca de 500 géneros y aproximadamente 8000 especies distribuidas en 4 clases⁷: Micromonadophyceae, Charophyceae, Ulvophyceae y Chlorophyceae.

2.2. División Phaeophyta⁸ o algas pardas

Este grupo no presenta formas coloniales ni unicelulares (excepto gametos y esporas). Las formas más simples son pluricelulares microscópicas y de hábitos epífitos y las más complejas son de hábitos bentónicos y pueden llegar hasta cerca de los 60 m de largo (*Macrocystis*). La organización del talo puede ser filamentosa, pseudoparenquimatosa o parenquimatosa.

2.2.1. Organización celular

La pared celular está formada por una capa interna de celulosa y otra externa compuesta principalmente por ácido algínico y fucoidina, ambos polisacáridos. El ácido algínico puede ser encontrado combinado con iones de calcio, magnesio y hierro, formando alginatos y al igual que en las clorofitas, algunas algas pardas pueden presentar calcificación, como las especies del género *Padina*.

Poseen desde uno a varios cloroplastos por célula los que además pueden presentar variadas formas (estrellados, cilíndricos o denticulados). El número de ellos que se encuentran al interior de las células, es utilizado como criterio de clasificación dentro del grupo. Además de poseer clorofila a, presentan también clorofila c₂ y entre los pigmentos accesorios el más común es el beta - caroteno, en tanto que entre las Xantofilas la más frecuente es la fucoxantina⁹. Los pirenoides se encuentran presentes en los órdenes que se consideran como los más primitivos y están totalmente ausentes en Dyctiotaales, Sphacelariales, Laminariales y Fucales. Como productos de reserva estas algas acumulan polisacáridos del tipo laminarina y manitol, que se acumula en el citoplasma, y también pueden presentar compuestos fenólicos agregados formando vesículas de fucosano.

Entre las algas pardas no se han encontrados células vegetativas móviles, pero todas producen células germinativas móviles, semejantes a los gametos y/o zoosporas. Estas estructuras móviles usualmente presentan dos flagelos, insertos en forma lateral o subapical, uno largo plumoso, y otro corto simple; mientras en las proximidades del punto de inserción se encuentra una mancha ocular roja constituida por estructuras lipídicas fotosensibles.

2.2.2.. Reproducción y ciclo de vida

Presentan reproducción sexual (gamética) y asexual (vegetativa y esporica) y en relación a la morfología de los gametos, es posible distinguir isogamia, anisogamia y oogamia. Las estructuras reproductivas presentan, este grupo de algas, un grado propio de diversificación morfológica, por lo que para el estudio de ellas se establece una nomenclatura especial:

- a) Órganos Pluriloculares: las células producidas en estas estructuras son móviles y originadas a partir de mitosis. Los órganos pluriloculares pueden originarse tanto en gametofitos, como en esporofitos. Cuando se presentan en gametofitos (n), funcionan como un gametangio, produciendo células sexuales haploides (gametos), pero puede existir un desarrollo partenogénico de esos gametos no fusionados. Cuando se encuentra en un esporofito (2n), funciona como un esporangio produciendo células diploides asexuadas (esporas).
- b) Organos uniloculares: se presentan en esporofitos. Están formados por una célula, generalmente grande y esférica, y en este órgano es donde se realiza la meiosis. Posterior a la meiosis, se forman 4 o más esporas haploides (siempre múltiplos de 4).

⁷ De acuerdo con lo indicado por Lee (1989), ver lecturas recomendadas.

⁸ Del griego "Phaios" = pardo y "phyton" = planta

⁹ Este es un pigmento café parcialmente responsable por el color pardo de estas algas.

Cuadro 16. 2. Formas de crecimiento de las microalgas.

Crecimiento intercalar o difuso: ocurre cuando la mayoría de las células del talo son capaces de dividirse.

Crecimiento tricotático: las divisiones celulares están localizadas en la base de uno o varios filamentos apicales.

Crecimiento apical: ocurre a través de una célula apical, un grupo de células apicales del meristema apical, o un margen de células apicales.

Meristema intercalar: el crecimiento ocurre a través de divisiones celulares de una zona meristemática (tejido) localizada en la base de la lámina.

Meristoderma: es una capa superficial del meristema, que se dividen y adicionan células de una forma centrípeta. Estas células presentan divisiones periclinales que aumentan las capas del cortex, y divisiones anticlinales que permiten el aumento en superficie.

Respecto del ciclo de vida, este es monofásico (haplobionte diplonte) y difásico (diplonte), presentando especies con alternancia de generación isomorfa o heteromorfa. En el caso particular de las Durvilleales existen gametofitos macroscópicas de 5–7 metros, los que en el estado adultos presentan gametangios en conceptáculos distribuidos en toda la fronda. Las células sobre las cuales se desarrollan los conceptáculos nacen en la parte interna de la corteza mientras que los gametos masculinos se generan en gametangios sacciformes y los femeninos en oogonios y en número de cuatro.

2.2.3. Hábitat

Se han descrito aproximadamente 250 géneros que se encuentran principalmente en aguas frías, de los cuales solo 4- 5 géneros corresponde a organismos de agua dulce mientras que los restantes son exclusivamente marinos. En Chile se destaca la presencia de *Durvillaea antactica*, mejor conocida como "cochayuyo", y las especies del género *Macrocystis* que presentan una amplia distribución a lo largo de toda la costa, aún cuando las poblaciones más importantes se encuentran en el Estrecho de Magallanes y Canal Beagle. En aguas claras las especies de este grupo pueden vivir a grandes profundidades.

2.2.4. Clasificación

Las antiguas propuestas de clasificación consideraban a la división Phaeophyta como conformada por una sola clase, Phaeophyceae, y compuesta por las series Phaeosporae y Cyclosporeae. Posteriormente esta única clase fue separada en tres, en consideración a ciertas características del ciclo de vida, definiendo de esta manera las clases:

Isogeneratae que incluía las especies con alternancia de generaciones morfológicamente iguales (con los ordenes Ectocarpales, Sphacelariales, Tilopteridales, Cutleriales y Dictyotales),

Heterogeneratae para agrupar las especies con generaciones morfológicamente desiguales (con los ordenes Chordariales, Sporochnales, Desmarestiales, Dictyosiphonales, Punctariales, Laminariales) y Cyclosporeae, para aquellas que no presentan alternancia de generaciones (con los ordenes Fucales y Durvilleales).

La clasificación taxonómica actual de este grupo incluye a las algas pardas como conformadas por una sola clase, Phaeophyceae, la que a su vez forma parte de la división Heterokontophyta¹⁰. Si bien este esquema de ordenación cambia al grupo de las feoficeas desde el nivel tradicional de una división de algas a la categoría de clase, esta forma de clasificación es la aceptado para este grupo hoy en día. En la actualidad se han descrito cerca de 250 géneros y 1500-2000 especies de algas pardas.

2.3. División Rhodophyta¹¹ o algas rojas

La mayoría es multicelular, existiendo pocos géneros unicelulares. Entre las multicelulares predominan las formas filamentosas, pero también formas parenquimatosas de aspecto foliáceo. Es común la organización filamentosas de aspecto cilíndrico que muchas veces simula un tipo de organización parenquimatosa (talo pseudoparenquimatoso, tejido no verdadero). El crecimiento de la gran mayoría de las algas rojas filamentosas ocurre a través de una o más células apicales, mientras que en las formas parenquimatosas, el crecimiento es difuso.

¹⁰Esta propuesta fue presentada en 1978 por Van den Hoek (ver "Lecturas recomendadas").

¹¹Del griego "Rhodon" = rosa y "phyton" = planta.

Las algas filamentosas con crecimiento a través de una célula apical muchas veces presentan morfologías cilíndricas y bien desarrolladas. La célula apical es conspicua, con divisiones en los segmentos distales, conformándose sistemas de crecimiento uniaxial.

Cuando el crecimiento ocurre a través de varias células apicales, el talo está constituido por varios filamentos, cada uno de los cuales presenta una célula inicial apical, constituyéndose un sistema de crecimiento multiaxial. En estos dos tipos de crecimiento, las células del talo se presentan tan yuxtapuestas de modo que en un corte trasversal pueden ser confundidas con células de un parénquima, y en ellas es también posible visualizar una diferenciación entre células corticales y medulares. Las células corticales son pequeñas y pigmentadas, mientras que las células medulares son mayores y pocas pigmentadas o incoloras.

2.3.1. Organización celular

En este grupo de algas la pared celular está constituida básicamente por dos partes, una interna y rígida, formada por microfibrillas de celulosa (en la mayoría de las algas rojas), y otra más externa, mucilaginoso, formada por polisacáridos de galactanos, como el agar o carragenano; aún cuando también es posible encontrar algunas algas rojas que presentan depósitos de carbonato de calcio en la pared, proporcionando un aspecto rígido a estos organismos. Estos depósitos pueden estar formados de aragonita o calcita, como en el caso de las algas coralinas.

El número de cloroplastos por célula es variable (de uno a muchos) y generalmente ovalados o discoidales, aunque en algunos géneros se presentan formas estrelladas. La composición pigmentaria se caracteriza por la presencia de clorofila a y d (aún cuando esta se encuentra ausente en la Sub-clase *Bangiophycidae*), y como pigmentos accesorios por la presencia de carotenoides (principalmente beta caroteno de tipo xantofila- zeaxantina, y luteína) y de ficobiliproteínas; estos últimos pigmentos siempre se encuentran asociadas formando los ficobilisomas¹² y están principalmente conformados por ficocianina, aloficocianina, y ficoeritrina¹³. Los tilacoides, por su parte, se encuentran libres en los cloroplastos, presentando los ficobilisomas en su superficie. La principal sustancia de reserva en este grupo, es el almidón de las florideas, que es casi siempre almacenado en el citoplasma ya que la presencia de pirenoides solo se ha evidenciado en algunos representantes del orden *Nemalionales* en la Sub-clase *Florideophycidae*. Uno de las características de este grupo es la ausencia de estructuras flageladas, así como la presencia de conexiones citoplasmáticas intercelulares denominadas "Pit -connection" o pit-plug que aparentemente están conectando células adyacentes.

2.3.2. Reproducción y ciclo de vida

Los representantes de este grupo presentan reproducción vegetativa, esporica y gamética. La reproducción vegetativa puede ocurrir por fragmentación del talo, mientras que la reproducción esporica ocurre mediante la formación de esporas. Cuando estas esporas son el resultado de meiosis, se forman en un número de cuatro dentro de un esporangio, el que se denomina tetrasporangio, y las esporas reciben el nombre de tetrasporas. Estas pueden estar dispuestas de forma cruzada, zonada o tetraédrica. La reproducción gamética no es conocida para todos los géneros. En las que poseen reproducción gamética se verifica la oogamia; aquí el gameto femenino es denominado carpogonio y presenta una porción diferenciada a modo de un filamento, denominada tricogino, que actúa en la recepción del gameto masculino, los que a su vez se denominan espermacios.

2.3.3. Hábitat

La mayor parte de los representantes de este grupo corresponden a algas marinas bentónicas¹⁴ -aún cuando existen unas pocas especies de agua dulce- que se encuentran colonizando una gran diver-

¹²Ver capítulo 12 "Luz y fotosíntesis"

¹³Las ficoeritrinas son los pigmentos responsables de la coloración roja de las *Rhodophyta*.

¹⁴Organismos que viven en estrecha asociación con el fondo marino. Ver capítulo 15 "Organismos del bentos marino sublitoral: algunos aspectos sobre abundancia y distribución".

sidad de sustratos, desde arena y fango hasta las grandes extensiones rocosas del intermareal. Esta división se encuentra ampliamente representada en la región ecuatorial, pudiendo incluso vivir a grandes profundidades en regiones de aguas muy transparentes. En Chile existen una gran variedad de especies, siendo las más conocidas aquellas que tienen importancia comercial, tal como *Gracilaria chilensis* o "Pelillo" o *Sarcothalia crispata* o "Luga", y a partir de las cuales existe una bien desarrollada actividad de acuicultura y de explotación de las praderas naturales con la finalidad de ser utilizadas como materia prima en la industria de extracción de ficocoloides (agar – agar, carragenanos).

2.3.4. Clasificación

De este grupo se han descrito entre 500-600 géneros y 5.000 - 5.500 especies distribuidas en una única clase, Rhodophyceae, y dos sub-clases, Bangiophycidae y Florideophycidae.

4. Aspectos ecológicos

4.1. Consideraciones generales

Varias son las características de las comunidades que merecen estudiarse para determinar su composición y comportamiento. El conocimiento de estos factores permite llegar a un conocimiento más acabado de estas comunidades, ya sea tanto en sus interacciones con otras organizaciones biológicas, como también entre comunidades del mismo tipo, en sus propias relaciones con sus componentes animales y vegetales, o en las fluctuaciones de abundancia al interior de la comunidad, entre muchas otras relaciones importantes. Estas comunidades son muy extensas y en ellas se han podido identificar pequeñas sectores o stands en los cuales se repiten las características de toda la comunidad. Este concepto ha sido usado especialmente en estudios ecológicos de la vegetación terrestre, pero puede ser también aplicado a las comunidades marinas, aunque en general, en este campo, se ha preferido usar unidades de superficie (1 m² por ejemplo), las cuales facilitan el muestreo. Mediante el uso de estas unidades muestrales, se ha podido establecer cuáles son las especies principales y cuáles las especies secundarias, cuáles especies son más escasas y cuáles son más abundantes; todo lo anterior al poner en evidencia en qué número está presente cada componente, su frecuencia de ocurrencia así como la extensión que cubren y fundamentalmente como se expresa en el conjunto en cuanto a peso o biomasa.

Esta última característica generalmente expresa el resultado de la interacción de múltiples factores, tanto biológicos como ambientales y entre ellos particularmente la temperatura, la luz, los nutrientes, ya que estos juegan un papel muy importante en la expresión de las comunidades algales. El peso o biomasa de los componentes de una comunidad, especialmente cuando algunos de ellos son de importancia económica, puede obedecer a los conceptos acuñados y usados por ecólogos, de: "Standing stock": que corresponde a la cantidad de un recurso en un área y en un tiempo determinado y "Standing crop": o cantidad de biomasa cosechable en un periodo.

Además de estos conceptos, son elementos importantes a conocer en las comunidades, su distribución local, su distribución geográfica, los cambios que experimenta en un gradiente de profundidad, sus variaciones estacionales, los ritmos de crecimiento y de producción de biomasa de sus componentes y de la comunidad total, sus sistemas o modalidades de reproducción y de permanencia en el espacio y en el tiempo. Últimamente los componentes algales han atraído fuertemente la atención ya que producen compuestos químicos muy útiles para un gran número de enfermedades y en lo ambiental, porque varias especies algales pueden ser utilizadas para depurar los ambientes contaminados, línea conocida como bioremediación ambiental.

4.2. Distribución Vertical

Las algas marinas bentónicas son organismos de gran relevancia debido principalmente al papel que desempeñan como productores primarios y muy especialmente por su importancia ecológica, económica y social. Estos organismos, como todas las estructuras vivas, requieren para su desarrollo de la acción de un gran número de factores bióticos y abióticos, los cuales actúan de forma continua y

combinada. Estos factores y el tipo de sustrato, posibilitan que las comunidades algales presenten variaciones espacio-temporales, en diversidad, en abundancia de especies y en la forma de colonizar los ambientes. Considerando el tipo de ambientes y de sustratos, las comunidades pueden presentar variadas formas de distribución y en el intermareal rocoso, por ejemplo, se presentan en forma zonada¹⁵, por lo que resulta fácil reconocer franjas horizontales de macroalgas, dependiendo de las habilidades que las especies presentan para colonizar sus diferentes niveles. En otros sustratos, como en los arrecifes de regiones tropicales, las algas presentan una distribución diferente a la "zonación ordenada" del intermareal rocoso. La distribución característica en los arrecifes, se debe a la gran irregularidad topográfica existente en estas formaciones, las cuales se caracterizan por presentar muchos microambientes con condiciones apropiadas para el desarrollo de una gran diversidad de macroalgas. En estas formaciones, las macroalgas forman verdaderos mosaicos de comunidades tornándose difícil la visualización de patrones definidos de distribución. Como el intermareal rocoso es de fácil acceso, muchas investigaciones relacionadas con distribución de organismos marinos han sido realizadas en esas formaciones, existiendo variados modelos, entre ellos el de *Stephenson & Stephenson*¹⁶. De acuerdo a él es posible reconocer comunidades ubicadas en diferentes niveles verticales en función de su adaptabilidad a gradientes físicos, químicos y biológicos y el resultado es la zonación. Esta característica es el aspecto biológico visible de la influencia conjunta que los componentes vivos y los parámetros abióticos ejercen sobre la vida de animales y algas que viven en la región litoral¹⁷. La zonación no permite establecer patrones ideales y definitivos, ya que es el resultado de la adaptación de los seres vivos a un ecosistema cambiante donde buscan situarse en las mejores condiciones posibles en función de su particular modo de vida; se pueden reconocer entonces, comunidades de la zona supralitoral, mesolitoral e infralitoral de acuerdo a las posibilidades de sobrevivir y perdurar en ellas.

En una sección vertical se pueden identificar los niveles en los cuales viven estas comunidades, de acuerdo a las influencias de las mareas (Fig. 16.1.), así entonces es posible identificar las siguientes agrupaciones bióticas:

- a) comunidades de la Zona Supralitoral, las que se caracterizan por recibir menos influencia del mar, ya que sólo es afectada por el agua salada que arrastra el viento y por la influencia directa del mar en momentos de temporal. Esto hace que sea poco favorable a la vida marina y presente baja diversidad de especies;
- b) comunidades de la Zona Mesolitoral, que corresponden a las afectadas directamente por las mareas. Es el hábitat más característico de la zona intermareal y se caracteriza por la presencia de una gran diversidad de especies en las comunidades, y
- c) comunidades de la Zona Infralitoral que corresponden a aquellas que se extiende en profundidad desde los niveles de máxima bajamar y quedan permanentemente sumergidas. Es una zona muy favorable a la vida marina ya que desde aquí las condiciones ambientales comienzan a ser más estables que en zonas superiores.

El concepto de distribución zonada de las comunidades es muy importante ya que es un hecho que implica selección de la zona por cada grupo de animales y algas a sus propias necesidades vitales ya que no todos los seres marinos pueden soportar fácilmente cambios tan fuertes en las condiciones de su entorno.

¹⁵Estructuradas en agrupaciones algales que se distribuyen en zonas particulares a lo ancho del intermareal.

¹⁶Propuesta realizada por estos autores en el año 1949. Ver "Lecturas Recomendadas"

¹⁷Ver capítulo 19 "El litoral rocoso".

5. Principales macroalgas de la costa chilena

El litoral chileno se caracteriza por ser rico en macroalgas, con una gran diversidad de especies que habitan en toda la extensión de la costa de Chile, y tanto en la región continental como insular. Estas especies pertenecen fundamentalmente a tres grandes grupos: algas verdes, algas café o pardas y algas rojas.

5.1. Algas verdes

Entre las algas verdes son comunes las conocidas como lechugas de mar pertenecientes al grupo de las *Ulva* que presentan forma laminar, las que junto a especies del grupo de las *Enteromorpha* suelen varar en abundancia en las playas generando las llamadas «mareas verdes». Especies de estos dos géneros, en países como Japón, Corea, China, son comercializadas formando parte de la alimentación de esos pueblos. En Chile, en la zona de Puerto Montt–Chiloé, estas algas se utilizan también en alimentación humana y como abono en cultivos agrícolas. *Ulva* y *Enteromorpha* tienen la característica de ser muy eficientes en la ocupación de espacio, creciendo sobre rocas, sobre otras especies, sobre troncos, conchuela, arena debido a que cuentan con eficientes sistemas de reproducción mediante gametos que tienen dos flagelos o mediante esporas provistos de 4 flagelos. Estos elementos de reproducción son formados en abundancia, especialmente en los meses de primavera y verano, estaciones del año en las que encuentran condiciones favorables de luz y de temperatura para crecer.

En el caso de macroalgas de los géneros *Ulva*, *Enteromorpha*, *Chaetomorpha*, los ejemplares que encontramos en las playas pueden corresponder tanto a individuos gametofitos como esporofitos. Estos producen esporas con 4 flagelos, las cuales generan gametofitos masculinos y femeninos que producen gametos biflagelados, cuya unión producirá nuevamente esporofitos (Fig 16.2.). Para el caso de macroalgas de los géneros *Bryopsis*, *Codium*, los ejemplares corresponden a gametofitos que liberan gametos, los cuales se unen para formar gametofitos nuevamente, no ocurriendo en este tipo de algas, la alternancia de generaciones con los esporofitos.

5.2. Algas pardas

En las algas pardas están los representantes de mayor talla de las algas marinas y un lugar destacado en este grupo tiene el alga conocida como «huiro canutillo» o *Macrocystis*, cuyos representantes del pacífico sudamericano viven desde el Perú hasta el Cabo de Hornos. En el Estrecho de Magallanes existen ejemplares que suelen alcanzar 30 o más metros de largo y pueden pesar más de 100 kg, con discos de fijación de más de 80 cm de diámetro y 70 cm de alto. Los huiros producen esporas y de ellas se forma la fase gametofítica que produce los gametos. Los gametofitos son microscópicos y filamentosos y se desarrollan en los sustratos rocosos sumergidos.

Al grupo de los huiros chilenos, representados por la especie *Macrocystis pyrifera* y *M. integrifolia*, se agregan cuatro algas pardas que viven en ambientes submareales e intermareales, y que corresponden a las algas café conocidas como chascón o *Lessonia nigrescens* y «huiro palo» o «palo colorado» o *Lessonia trabeculata*. La primera vive en la zona de rompiente y la segunda en niveles submareales en donde forma extensas praderas. Al sur de Chile, en el área del Estrecho de Magallanes y en el Canal Beagle, cerca del Cabo de Hornos, viven otras dos especies de *Lessonia*, huiros conocidos como *Lessonia vadosa* y *Lessonia flavicans*. Todas estas especies, además de los *Macrocystis*, producen un mucílago llamado ácido alginico, el cual es extraído como alginato de sodio y comercializado a nivel nacional o exportado a otros países. Al igual que en los huiros del grupo de *Macrocystis*, estas especies también forma extensas praderas que son áreas de refugio, alimento y posturas para muchas especies de moluscos, peces, crustáceos o jaibas, gusanos poliquetos, etc. Estas algas del género *Lessonia* presentan también ejemplares macroscópicos los que corresponden a los esporofitos, mientras que los individuos productores de gametos son microscópicos.

En el grupo de los huiros se debe agregar además una de las especies más importantes para Chile, que corresponde al huiro cochayuyo o *Durvillaea*. En esta especie los ejemplares de gran tamaño

son los gametofitos, mientras que esporofito no está presente en su ciclo de vida. El cochayuyo ha cumplido en Chile un rol importante, tanto social como económico, ya que no solo se utiliza como alimento humano, sino también como elemento de comercialización al ser vendido en diferentes ciudades ribereñas y también trasladada a lomo de mula hacia ciudades del interior, incluyendo poblados cordilleranos; además una cantidad importante de esta alga es vendida a empresas exportadoras, lo que últimamente ha redundado en una disminución de las cantidades existentes en las praderas naturales. Otras especies de algas pardas de menor tamaño, pertenecen a los grupos *Giffordia*, *Glossophora*, *Scytosiphon*, *Colpomenia*, *Dictyota*, importantes a nivel de comunidades algales, como alimento de peces, gusanos poliquetos, crustáceos y moluscos.

Un ciclo de vida típico corresponde al que se presenta en algas del género *Ectopocarpus* en donde el esporofito (2n) forma tanto esporangios uniloculares como pluriloculares mientras que el gametofito (n) forma gametangios pluriloculares. En este caso tanto el esporofitos y gametofitos son isomórficos, es decir que presentan la misma forma, y la meiosis ocurre en los esporangios uniloculares (Fig. 16.3.). En el caso de los huiros de los géneros *Macrocystis*, *Lessonia*, *Desmarestia*, el esporofito grande genera esporas con dos flagelos, las cuales desarrollan gametofitos masculinos y femeninos filamentosos y microscópicos. Los gametofitos femeninos producen oosferas inmóviles y los masculinos anteridios móviles y biflagelados, los que fecundan a la oosfera o célula femenina, originándose de ella un nuevo esporofito que crecerá y producirá esporas. Para *Durvillaea* o Cochayuyo, los grandes individuos corresponden a los gametofitos, existiendo cochayuyos masculinos y femeninos. El cochayuyo femenino produce oosfera o célula femenina sin flagelos, mientras que los masculinos producen anteridios móviles y biflagelados. Los anteridios fecundan las oosferas y de aquí nacen cochayuyos o gametofitos masculinos y femeninos, que inician nuevamente el ciclo.

5.3. Algas rojas

Las algas rojas son recursos de alto interés comercial, tanto en Chile como en el extranjero, gracias a que son productoras de ficocoloides, productos de amplia aplicación en la industria química y de la alimentación. Uno de estos ficocoloides, el agar, se obtiene de algas chilenas, entre ellas, de la denominada pelillo o *Gracilaria chilensis* y de la chasca delgada o champá, que corresponde a especies de *Gelidium*; mientras que los carragenanos, otro de estos ficocoloides, se extraen también de algas chilena conocidas como lugas y que corresponden a especies de los géneros *Gigartina*, *Iridaea*, *Mastocarpus*, *Sarcothalia*, *Mazzaella*, del líquen gomoso o *Chondrus*, de la chasca gruesa o *Ahnfeltiopsis* y de la chicoria o *Chondracanthus*.

Las algas rojas viven en la zona intermareal, y en niveles sumergidos en algunos casos bajo los 40–50 m en lugares de aguas claras. Forman praderas extensas como *Gracilaria*, *Gigartina*, *Sarcothalia*, *Ahnfeltia*. Algunas especies de *Chondracanthus* (chicoria) y *Callophyllis* (carola), son exportadas a países orientales para alimentación humana. En Chile solamente *Porphyra*, entre las algas rojas, también conocida como «luche», es consumida por el hombre de manera rutinaria. El lucho crece en la zona media y alta del intermareal rocoso.

Las algas rojas se reproducen mediante esporas que nacen después que ocurre la fecundación, o también con esporas que nacen directamente en algas esporofitas sin que sea necesaria la fecundación de gametos. Un sólo ejemplar de algas como el pelillo (*Gracilaria chilensis*) pueden producir millones de esporas, las cuales, si caen en lugares apropiados, darán origen, cada una a un nuevo ejemplar.

5.3.1. Ciclo de vida del pelillo o *Gracilaria chilensis* y de las lugas

Las lugas y pelillos tienen talos gametofíticos grandes que generan gametos. Los gametos masculinos fecundan a los femeninos, proceso que ocurre en el ejemplar femenino, originándose una fase intermediaria parásita del ejemplar femenino y que se conoce como fase carposporofítica y que crece generalmente formando una estructura llamada cistocarpo. La fase carposporofítica genera carpósporas que luego de germinar crecen forman la fase de los esporofitos, los cuales también producen esporas que darán origen a lugas y pelillos que producen gametos (Fig. 16.4.).

5.3.2. Ciclo de vida del luche o *Porphyra columbina*

El gametofito o luche, propiamente tal, produce gametos que se fecundan en la misma lámina del luche, de esta fecundación nacen esporas que caen en piedras o en conchitas de moluscos y originan filamentos microscópicos o esporófitos al interior de la concha, conocidos como conchocelis y que puede ser haploide o diploide. La fase conchocelis genera dos tipos de esporas, las monosporas que generan de nuevo conchocelis y las conchosporas que generan el luche o gametofito. Cuando la fase conchocelis es diploide, la meiosis ocurre cuando las conchósporas germinan (Fig. 16.5.).

6. Lecturas recomendadas

Alveal, K., Ferrario, M. E., Oliveira, E. C. & Sar, E. 1995. Manual de Métodos Ficológicos. Universidad de Concepción, Chile. 863 pp.

De Wreede. 1985. The carbon-14 method for measuring primary productivity. In M.M. Littler & D.S.

Littler. M.M. & Littler. D. 1985. Ecological field methods: macroalgae. In Littler. M.M. & Littler. D. (Eds) Handbook of Phycological Methods. Cambridge University Press, Cambridge: 377-396.

Bold, H. C. & Wynne, H. M. 1978. Introduction to the algae. Prentice-Hall. Inc, New Jersey. U. S. A., 706 pp.

Lee. R. E. 1989. Phycology (2ª Ed.). Cambridge University Press. New York. 645 pp.

Offmann, A., Santelices, B. 1997. Flora Marina de Chile Central. Ediciones Universidad Católica de Chile. 434 pp.

Oliveira, E. C. 1996. Introdução à Biologia Vegetal. Ed. Universidade de Sao Paulo. 223 pp.

Strasburger, E. 1996. Tratado de Botánica. Edit. Marín. S. A. Barcelona. España.

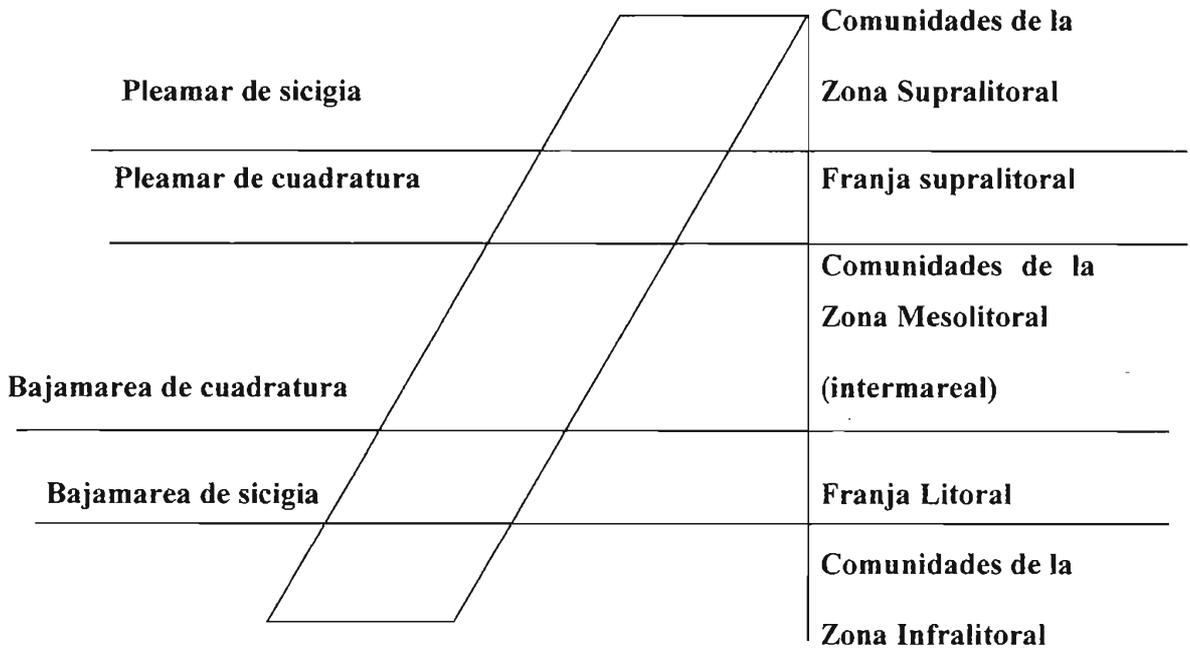


Figura 16.1. Distribución de las comunidades en el litoral rocoso.

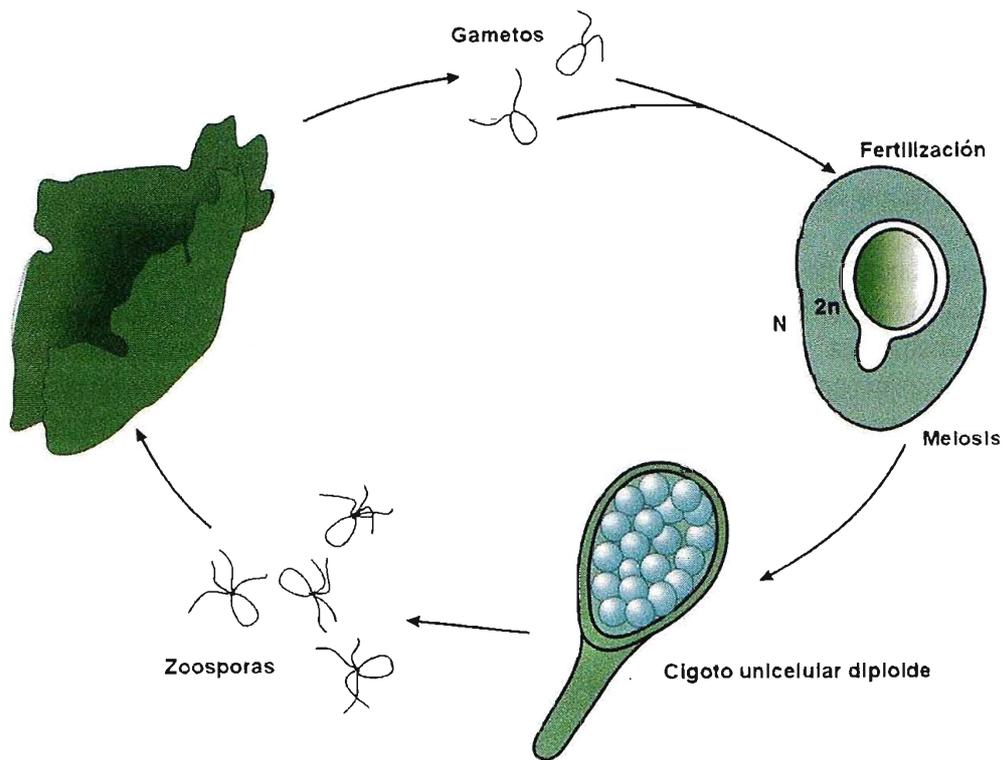


Figura 16.2. Diagrama del Ciclo de vida de alga verde, tipo Monostroma.

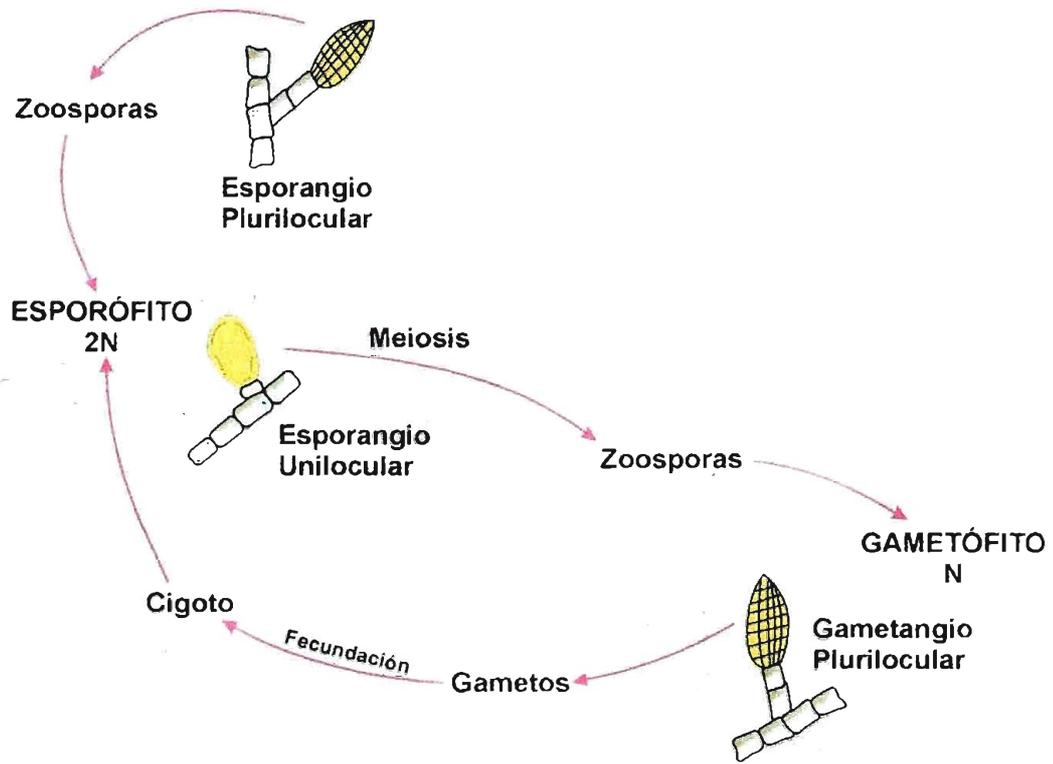


Figura 16.3. Ciclo de vida de *Ectocarpus* spp.

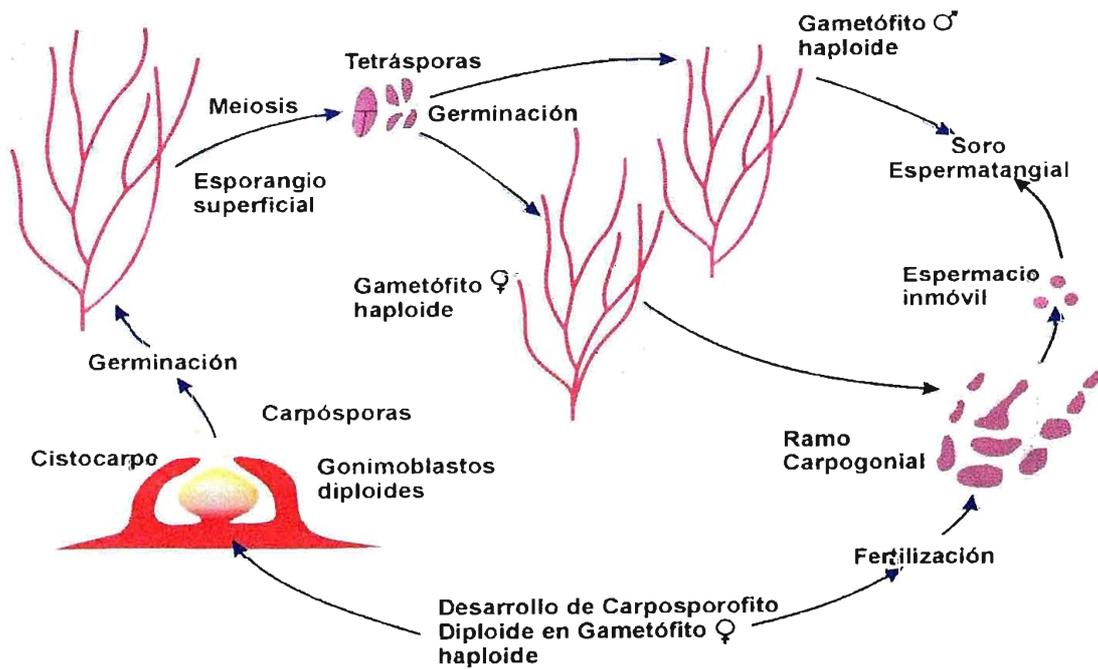


Figura 16. 4. Ciclo de vida, trifásico, isomófico de *Gracilaria chilensis* o "Pelillo".

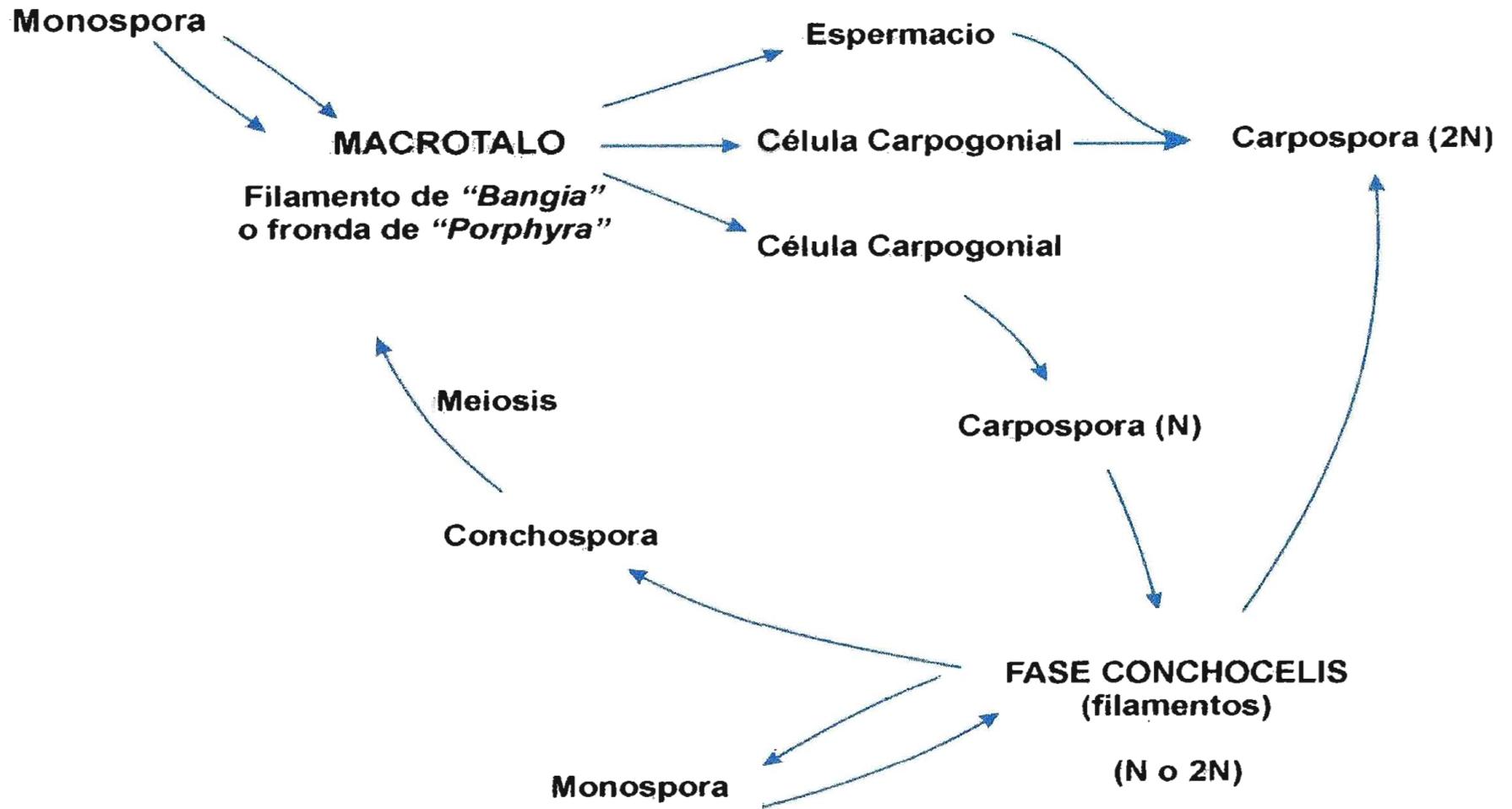


Figura 16.5. Ciclo de vida de *Porphyra* spp. y *Bangia* spp.