

**Instituto Biología Vegetal y Biotecnología
Universidad de Talca**

APUNTES TEORICOS

CURSO DE CAPACITACION

**ROL DE LAS ALGAS Y SUS PERSPECTIVAS DE USO EN LA
AGRICULTURA BAJO MANEJO ORGANICO.**

12-15 de Enero de 2004

Lugar: Laboratorio Edificio Botánica y Ecología

Universidad de Talca

PROGRAMA DEL CURSO

“Rol de las algas y sus perspectivas de uso en la agricultura bajo manejo orgánico”

Del 12 al 15 de Enero 2004

OBJETIVOS

- 1.- Estudiar y reconocer el potencial de ciertas algas en el uso de biofertilizantes.
- 2.- Conocer técnicas que permitan el aislamiento y masificación de las algas.
- 3.- Analizar el potencial de ciertas sustancias obtenidas a partir de algas como biopesticidas.

Nota: Este curso será sin costo para los participantes.

Lunes 12 de Enero

Mañana	9:00-9:30 hrs	Inscripción al curso
	9:30-10:30 hrs	- Microalgas de Importancia agrícola. - Cianófitas. Fijación de nitrógeno. - Aporte de sustancias bioactivas a los cultivos arroceros.
	10:30-11:00 hrs	Café
	11:00-12:30 hrs	- Formas de reconocerlas en la naturaleza - Características macroscópicas y microscópicas de los géneros de cianófitas más comunes en arrozales.
Tarde	15:30-16:30 hrs	- Reconocimiento macroscópico de cianófitas en el campo. Forma, color y tamaño de los cenobios
	16:30-17:00 hrs	Café
	17:00-18:30 hrs	- Características microscópicas de los géneros de cianófitas más comunes en los arrozales

Martes 13 de Enero

Mañana	9:30-10:30 hrs	- Microalgas marinas (Clorófitas, Feófitas y Rodófitas) y su rol en la agricultura.
	10:30-11:00 hrs	Café
Tarde	11:00-12:30 hrs	- Reconocimiento de los géneros de algas marinas más frecuentemente usados en la agricultura tanto dentro como fuera del país
	15:30-16:30 hrs	Reconocimiento de géneros de Clorófitas y Feófitas marinas de mayor uso en la agricultura.
	16:30-17:00 hrs	Café
	17:00-18:30 hrs	Continuación. Reconocimiento de Rodófitas marinas.

Miércoles 14 de Enero

Mañana	9:30-10:30 hrs	Aislamiento y medios de cultivos para cianófitas cultivar y masificar a baja escala.
	10:30-11:00 hrs	Café
	11:00-12:30 hrs	Masificación de cianófitas en gran escala. Piletas abiertas y fotobioreactores. Metodología para la obtención de extractos Bioactivos a partir de cianófitas y microalgas marinas.
Tarde	15:30-16:30 hrs	Materiales y nutrientes para el uso de técnicas de aislamiento y preparación de medios de cultivos
	16:30-17:00 hrs	Café
	17:00-18:30 hrs	Análisis de algunos bioensayos en las detección de moléculas bioactivas y su uso en la agricultura.

Jueves 15 de Enero

Mañana	9:30-10:30 hrs	Mesa redonda: Análisis del curso: Fortalezas y debilidades.
	10:30-11:30 hrs	Entrega de certificado de asistencia al curso.
	12:00 hrs	Cierre del curso. Invitación a un cocktail.

ROL DE LAS ALGAS Y SUS PERSPECTIVAS DE USO COMO BIOFERTILIZANTES Y CONTROL DE PLAGAS EN LA AGRICULTURA BAJO MANEJO ORGANICO.

Grupos de algas que pueden ser útiles en la agricultura.

Existen por lo menos 4 grupos de algas con potenciales usos en la agricultura bajo manejo orgánico. Estos grupos corresponden al grupo de las algas verde-azules o cianobacterias: División: Cyanophyta, Algas verde de agua dulce o marinas División Chlorophyta, algas pardas o café marinas, División: Heterokontophyta, Clase: Phaeophyceae y algas rojas marinas División: Rhodophyta.

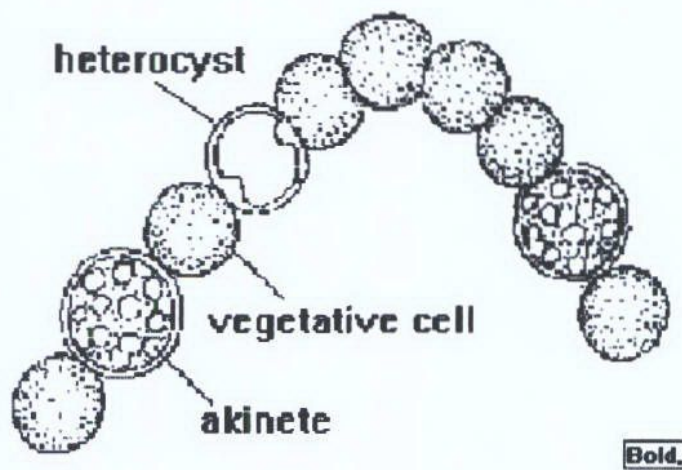
División Cyanophyta

Características generales

Algas microscópicas, procariontes, de organización muy simple. Aparecen formas simples cenobiales, filamentosas simples o ramificadas. Crecen especialmente en agua dulce o en suelos con gran humedad y sólo algunos géneros pueden aparecer en el mar. Estas algas se reproducen asexualmente, ya sea por bipartición de las células, por fracturas de los filamentos o cenobios o mediante la formación de estructuras esporas de resistencia de origen asexual llamadas hormosporas o aquinetos. Los colores más frecuentes de observar en estas algas son: verde-azulado, azulado, verde oliva, pardo o a veces aló rojizas. Algunas son capaces de fijar nitrógeno atmosférico y transformarlo en amonio gracias a una enzima llamada nitrogenasa, la cual se aloja preferentemente en una célula especial llamada heterocisto, célula en la cual no se realiza fotosíntesis. Algunas representantes filamentosos especialmente del orden de las Nostocales (*Nostoc*, *Anabaena*, *Cylindrospermum*, *Aphanizomenon*, *Gloeotrichia*) y Stigonemales (*Stigonema*, *Scytonema*, *Tolypothrix*, *Microchaete*, etc...) son los que presentan en general más altas tasas de fijación respecto a otros representantes ya sea unicelulares, cenobiales o filamentosos, en donde el proceso de fijación se lleva a cabo en cualquier célula vegetativa: Ejs: unicelular *Synechococcus*, cenobial *Gloeocapsa* y filamentosa *Oscillatoria*

Este grupo de algas al igual que las rodófitas pigmentos ficobilínicos como la ficocianina (azul) y ficoeritrina (rojo), los cuales les permiten vivir a diferentes profundidades en el mar o en sitios de baja intensidad lumínica.

Por otro lado, son fuente importante de proteínas y ácidos grasos esenciales del grupo de los $\omega 3$ y $\omega 6$ y pigmentos como betacaroteno entre otros, vitaminas, hormonas de crecimiento y aminoácidos.



Sistemàtica

Divisi3n: Cyanophyta

Orden Nostoccales

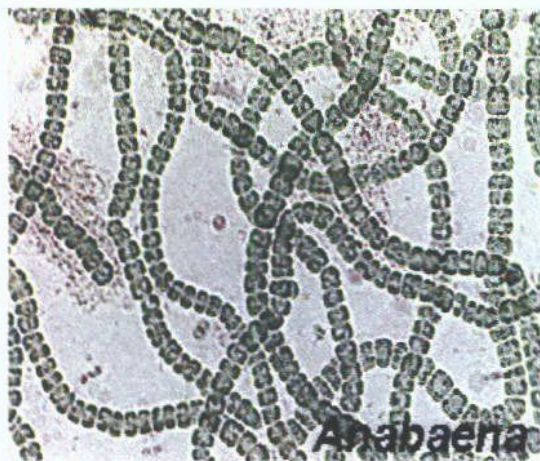
Fam: Nostocaceae

Anabaena

Nostoc,

Cylindrospermum

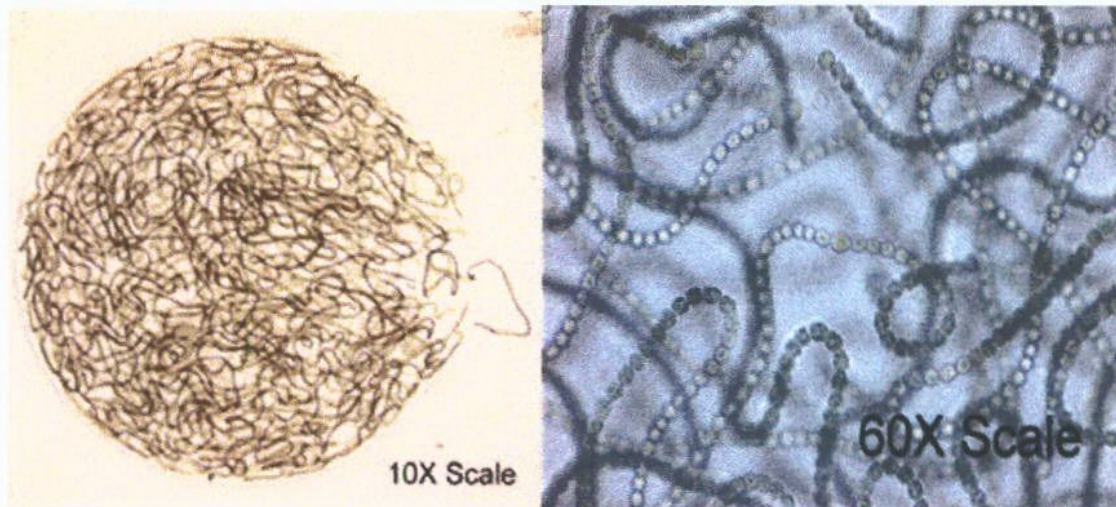
Aphanizomenon



Tricomas de *Anabaena*

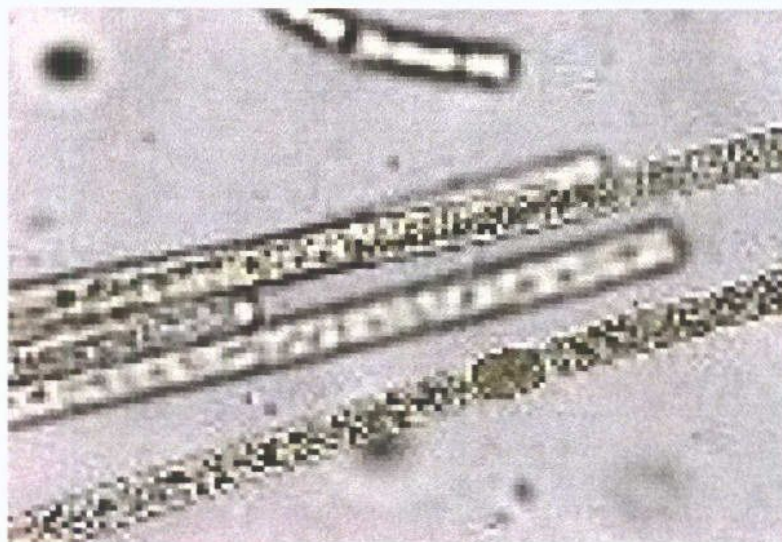


Tricomas de *Cylindrospermum*



a) Aspecto macroscópico de un cenobio de *Nostoc*.

b) Aspecto microscópico de un filamento de *Nostoc*



Tricomas de *Aphanizomenon*

Fam: Rivulariaceae
Gloeotrichia



Aspecto de un tricoma de *Gloeotrichia*

Parte superior, conjunto de tricomas de *Gloeotrichia*
Parte inferior, aspecto macroscópico de un cenobio de *Gloeotrichia*

Biofertilizantes

Las especies de los géneros *Nostoc*, *Anabaena*, *Gloeotrichia* corresponden en general a las especies que presentan mejores tasa de fijación, en nuestro suelos arroceros chilenos y por lo tanto contribuyen en buena forma a abonar estos suelos aportando inicialmente amonio al suelo y luego vía bacterias, este amonio se puede transformar en nitrato y nitrato. Tanto el amonio como los nitratos son absorbidos por las plantas de arroz.

Otro elemento de juicio que justifica el uso de estas algas en la agricultura, es debido a que muchas ellas exudan sustancias como aminoácidos, vitaminas y sustancias promotoras del crecimiento del tipo de las auxinas y citoquininas, pero que en particular para nuestras especies de cianófitas no han sido evaluadas hasta ahora. Un trabajo que interesante a realizar con el fin de aumentar el valor agregado de estas algas como biofertilizantes.

Control de plagas

Otro aspecto interesante de las cianófitas es la exudación igualmente de una serie de sustancias capaces de controlar una serie de posibles patógenos en los cultivos como por ejemplos: bacterias, hongos, virus, nemátodos, insectos.

División Chlorophyta.

Características generales

Son organismos eucariontes de morfología muy variada pueden existir desde organismos unicelulares inmóviles o móviles, cenobial o colonias, filamentosos, simples o ramificados, laminar y tubulosos. En estas algas domina el color verde. Se encuentran muy bien representados en agua dulce, también existen algunas formas marinas del tipo filamentosos, laminar o tubular, las cuales crecen adheridas a las rocas o sobre la arena. También se las puede encontrar viviendo sobre cortezas de árboles, suelos húmedos, nieve, etc.

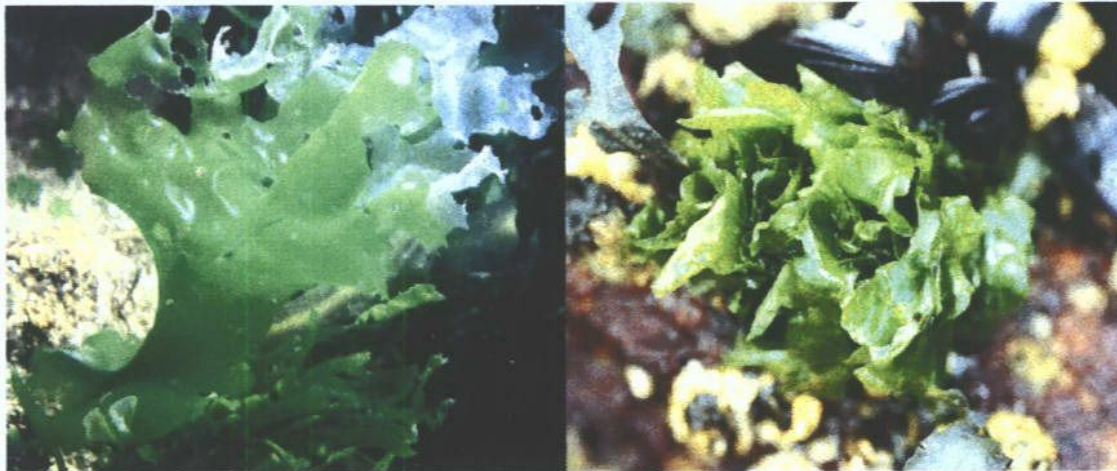
Dentro de las Clorófitas, las que revisten mayor importancia en la agricultura son aquellas pertenecientes al Orden Ulvales, que incluye formas laminares y tubulosas y que crecen exclusivamente en ambientes marinos. Entre éstas, las especies que destacan son *Ulva lactuca* y *Enteromorpha intestinalis*

Sistemática

División: Chlorophyta

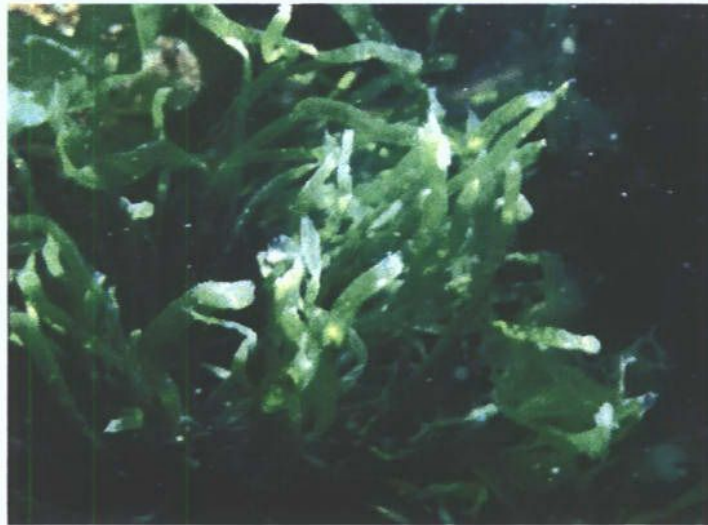
Orden Ulvales

Ulva lactuca nombre vulgar "luche", alga de tipo laminar que semeja una pequeña lechuga.



Aspecto microscópico del talo de *Ulva lactuca*

Enteromorpha intestinalis, En Chile ha sido recolectada en diversos lugares entre Magallanes y Antofagasta, en las Islas Juan Fernández y en isla de Pascua. Es una amplia distribución.



Talo tubuloso de *Enteromorpha intestinalis*

Biofertilizantes

Las clorofilas revisten importancia en la agricultura, especialmente por la presencia de un gran número de micro- y macronutrientes en concentraciones tolerables por diversos cultivos de hortalizas. También se suma a ello, una producción importante de vitaminas, sustancias promotoras del crecimiento, aminoácidos, los cuales contribuyen en buena forma al buen desarrollo y crecimiento de diversos tipos de hortalizas. La especie más usada en Chile como biofertilizante es *Ulva lactuca*, "luche" y otras especies del mismo género que muchas veces se confunden con ésta por su apariencia, color y hábitat. Hay que destacar que esta especie, se vende y se consume cocida. También es importante conocer que esta especie tiene una distribución cosmopolita y en otros lugares del mundo, se ha usado con los mismos fines, abono verde en la agricultura, ya sea seca o fresca y como fuente de alimento.

Control de plagas

Algunas especies del orden Ulvales son útiles en el control de plagas, por ejemplo, extracto de *Enteromorpha intestinalis* se han usado para combatir una bacteria llamada *Xanthomonas oryzae* que produce el tizón o roya de las hojas y otras clorófitas marinas se han usado par combatir el mosaico del tabaco.

División Heterokontophyta

Clase Phaeophyceae o Feoficeas

Características generales

Son algas macroscópicas, eucariontes, fundamentalmente marinas y en ellas priman los colores pardos claro u oscuro. Los pigmentos responsables de su coloración es debida a la presencia de fucoxantina. En cuanto a su morfología se pueden encontrar formas filamentosas, laminares, tubulares, plectenquimáticas y parenquimáticas, etc... Generalmente crecen en la zona intermareal, adheridas a las rocas y muchos de sus representantes corresponden a grandes ejemplares. Prefieren las aguas frías. Se reproducen tanto asexual como sexualmente.

Las Feófitas además de ser útiles en la agricultura como biofertilizantes y control de plagas, muchos de sus componentes celulares son útiles en la industria cosmética, farmacéutica y química, ya que a partir de ellas se obtienen una gran cantidad de subproductos tales como: alginatos y ficocoloides. Estos compuestos son útiles en la fabricación de mermeladas, cremas y repostería.

Durvillaea antarctica es una especie comestible conocida vulgarmente como ulte o cochayuyo. Esta especie es bastante sana debido a su importante contenido en yodo.

Hay varias especies de este grupo que deberían ser químicamente evaluadas con la finalidad de conocer su utilización como biofertilizantes o control de plagas por ejemplo *Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata*, *Macrocystis integrifolia*, *Scytosiphon lomentaria*, entre otras.

Sistemática

Clase: Phaeophyceae

Aquí se señala la sistemática relevante sólo a los grupos que tienen alguna importancia en agricultura

Orden Dictyotales

Orden Durvillaeales

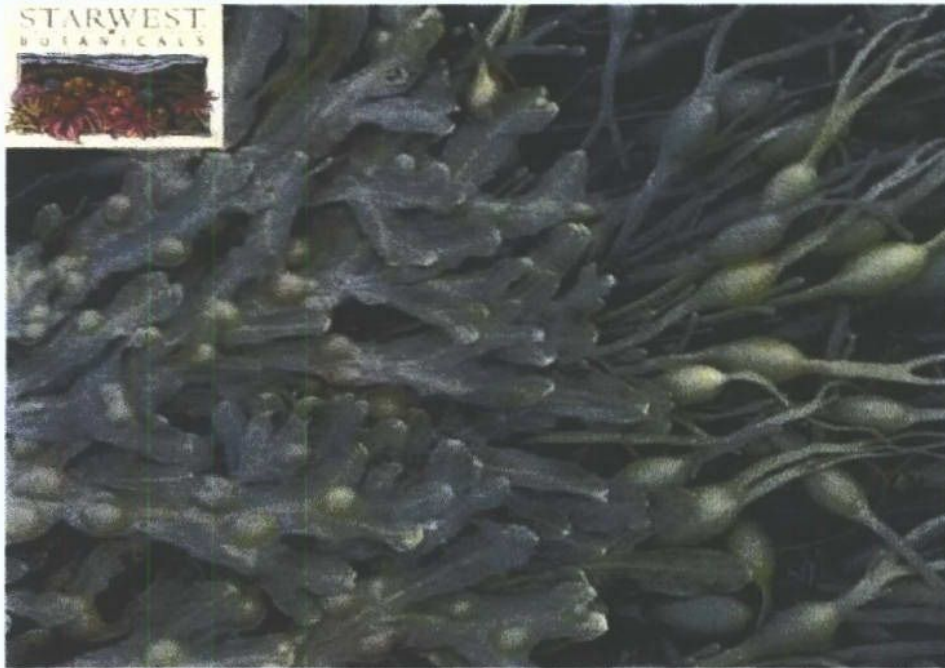
Durvillaea antarctica: nombre vulgar "ulte" ejemplar juvenil y "cochayuyo", ejemplar adulto. Especie de distribución subantártica



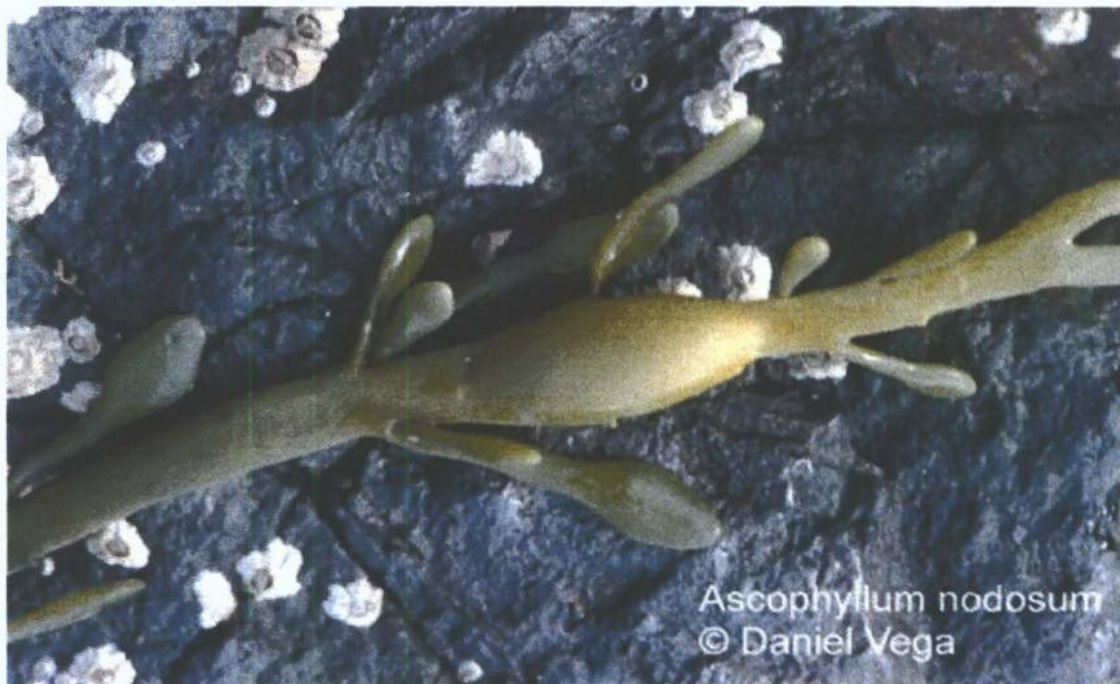
Talo joven de *Durvillaea antarctica*

Orden Fucales

Ascophyllum nodosum. No está presente en las costas chilenas. Su mayor distribución se concentra en las costas mediterráneas



Talo de *Ascophyllum nodosum*



Aspecto del talo con más detalle de *Ascophyllum nodosum*

Orden Laminariales

Macrocystis pyrifera nombre vulgar "huiro". En Chile, se ha encontrado en Magallanes y Tierra del Fuego, Patagonia Sur, Chiloé, Puerto Montt, Osorno, Valdivia, Concepción Valparaíso y Tocopilla. Se encuentra también en Perú, sur de Argentina, sur de Australia, Nueva Zelanda y Tasmania.



Talo de *Macrocystis pyrifera*

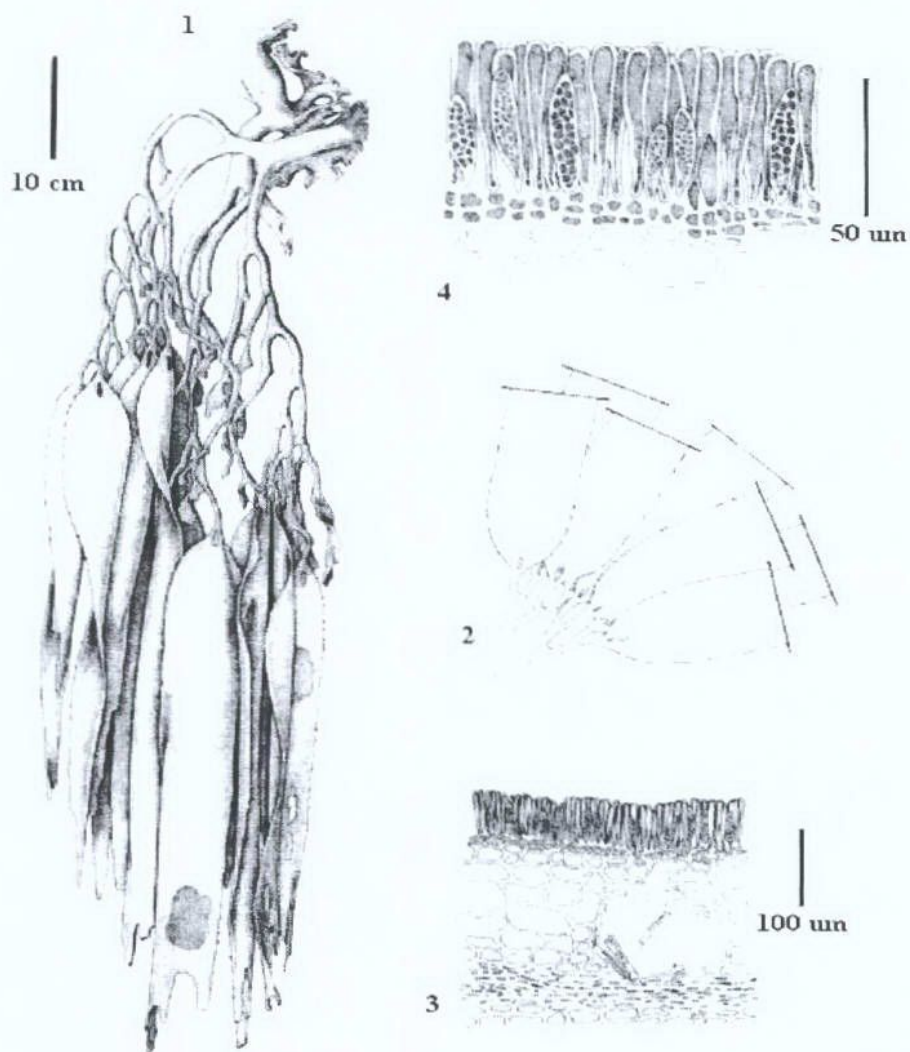
Macrocystis integrifolia "huiro". En Chile presente entre Concepción y Arica. También se presenta en las costas de Perú costas del Pacífico de Norteamérica.



Talos de *Macrocystis integrifolia*

Lessonia trabeculata "chascona". En Chile se extiende desde Puerto Montt hasta Antofagasta. También aparece en Perú.

Lessonia trabeculata "chascona". En Chile se extiende desde Puerto Montt hasta Antofagasta. También aparece en Perú.



Lessonia trabeculata, 1.- Aspecto morfológico completo del talo algal. 2. Extremo del estípide y nacimiento de láminas, 3.- Corte transversal por lámina, mostrando cavidad en la corteza, con filamentos multicelulares (trabéculas). 4.- Detalle de lámina fértil, mostrando esporangios entre parálisis.

Lessonia nigrescens. Patrón de distribución subantártico. Presente en Chile desde Tierra del Fuego hasta Iquique. También aparece en Perú.

Orden: Scytosiphonales

Scytosiphon lomentaria, Esta especie está presente en Chile (desde Magallanes hasta Antofagasta y podría eventualmente ser utilizada con este fin.



Talo de ***Scytosiphon lomentaria***

Biofertilizantes

El grupo de las Feófitas está bien representado en el país y presentan grandes perspectivas como biofertilizantes, especialmente por la presencia de importantes micro- y macronutrientes, vitaminas, aminoácidos y sustancias promotoras del crecimiento, por ejemplo ***Macrocystis pyrifera*** ésta se usa como abono, de aplicación seca o fresca, como activador del suelo. Muchas de estas algas se pueden aplicar como abono, ya sea fresca o seca, previa trituración o lixiviadas. ***Ascophyllum nudosum***, extracto de esta alga se comercializa desde Europa y se está introduciendo como biofertilizantes en Chile. Esta especie no está presente en nuestras costas. En Europa, se distribuye principalmente en las costas del mar mediterráneo.

Otras especies que se presentan como promisorias para ser usadas como biofertilizantes sería el caso de las especies de ***Lessonia***, previa evaluación. Ninguna de las especies señaladas aquí destacan por su valor alimenticio, salvo el caso de ***Durvillaea antarctica*** y ***Ascophyllum nudosum*** que se usa como complemento nutricional.

Control de plagas

Extracto de algas del orden Dictyotales, se usan contra el virus del mosaico del tabaco. *Rosenvingia intricata*, Se sabe que los extractos obtenidos de esta alga son capaces de combatir el tizón o roya de la hoja provocado por una bacteria *Xanthomonas oryzae*. Esta alga no está presente en nuestras costas.

División: Rhodophyta

Características generales

Son algas macroscópicas, eucariontes, preferentemente marinas, crecen desde la zona litoral hasta la supralitoral. En cuanto a su morfología existen desde formas filamentosos, simples o ramificadas, incrustantes, laminares, pletenquimáticas. En general, éstas poseen complejos ciclos de vida con sistemas de reproducción asexual y sexual. Presentan ciclo vida muy complejos hasta 3 generaciones. Este es un grupo de algas muy bien representado en el país. Sin embargo no todas las especies han sido tema de estudio como para señalar el alcance que éstas puedan tener en la agricultura o en otras disciplinas.

Estas algas al igual que las cianófitas también poseen pigmentos ficobilínicos siendo fundamentalmente la ficoeritrina, el pigmento más abundante al cual deben su color. Además de estos pigmentos poseen: pigmentos carotenoides como: caroteno: betacaroteno y clorofilas a y d, ésta última presente en algunos representantes. La presencia de los pigmentos ficobilínicos les permiten poder vivir a distintas profundidades.

Las rodófitas además de ser importante en la agricultura como biofertilizantes y control de plagas, muchos de sus componentes celulares son útiles en la industria cosmética, farmacéutica y química, ya que a partir de ellas se obtienen una gran cantidad de subproductos tales como: Agar, carragenos. Muchos de esto

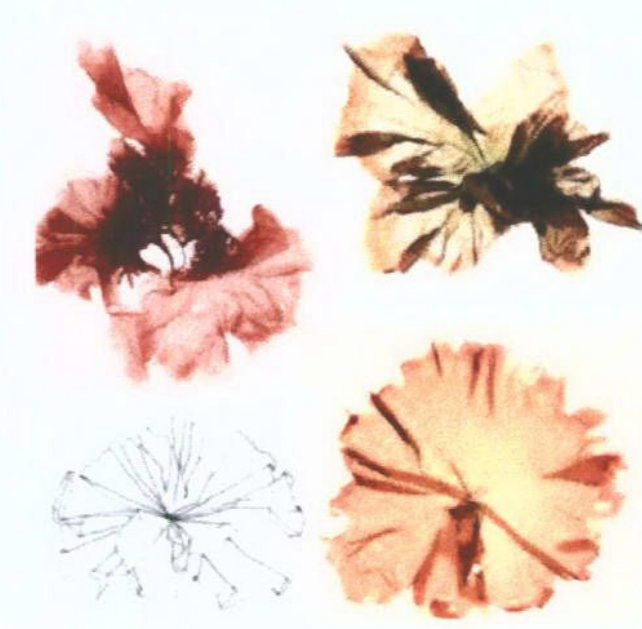
Muchos de estas algas se exportan fuera del país, ya que existen pocas industrias capaces de procesar esta materia prima

Sistemàtica

Subclase: Bangiophyceae

Orden Bangiales

Porphyra columbina, vulgarmente conocido como “Luche o luchi”. En Chile, se distribuye entre Tierra del Fuego e Iquique. También se encuentra en Perú, Australia, Nueva Zelanda. Distribución de tipo subantàrtica.



Aspectos de los talos de *Porphyra columbina*

Subclase: Florideophyceae

Orden Gigartinales

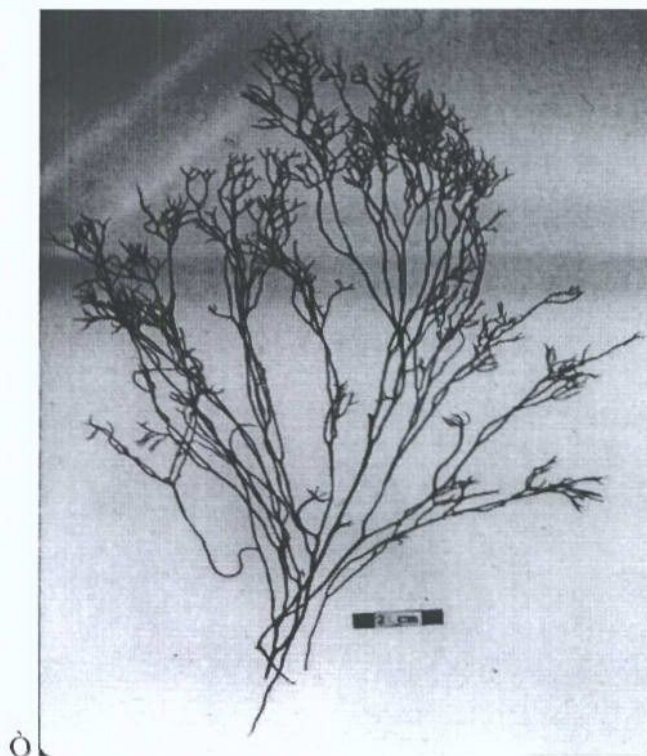
Hypnea valentiae. Esta especie no està presente en nuestras costas.

Mazzaella laminarioides, conocida vulgarmente como luga-luga. En Chile, se distribuye desde Tierra del Fuego hasta la zona central.



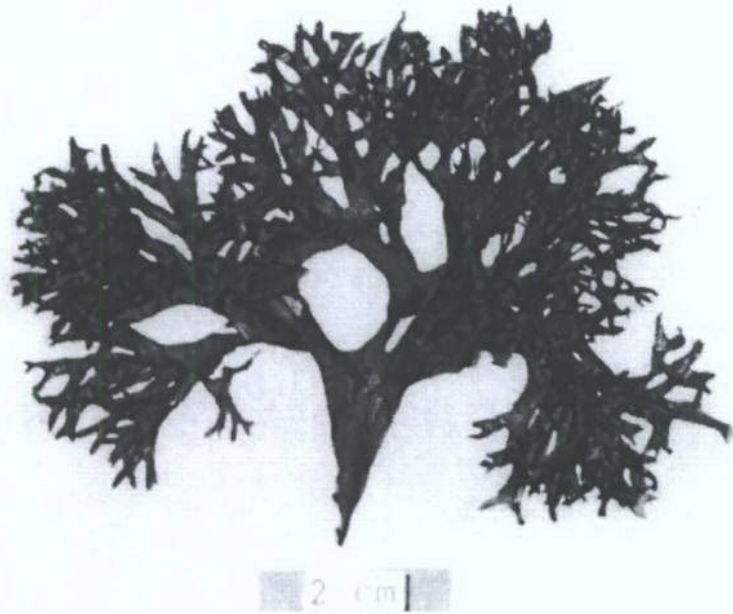
Talos de *Mazzaella laminarioides*

Ahnfeltiopsis furcellata nombre vulgar "Liquen gomoso" ò "Chasca gruesa". En Chile central, se distribuye entre Concepción y Valparaíso , En Perú, Islas Juan Fernández, , Nueva Zelanda, Tasmania y sur de Australia. De distribución subantártica



Talo de *Ahnfeltiopsis furcellata*

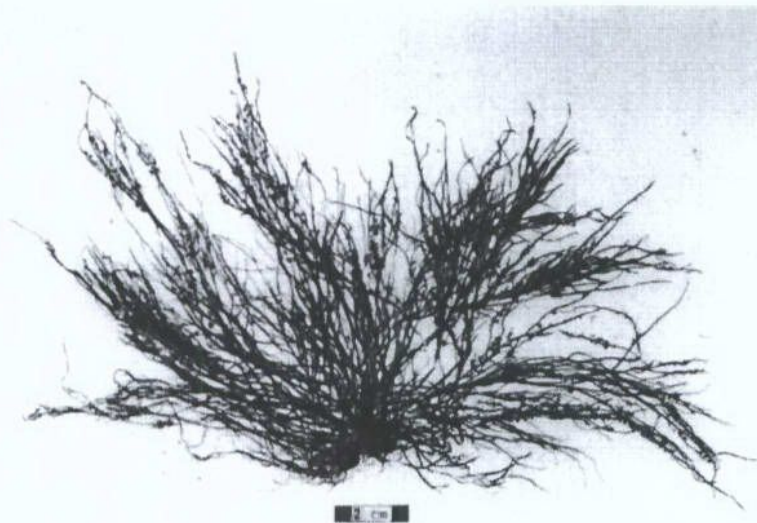
Stenogramme interrupta, En la zona central se encuentra entre Concepción y Coquimbo. También se ha encontrado en Perú. Especie de amplia distribución en regiones templadas



Talo de *Stenogramme interrupta*

Orden Ceramiales

Laurencia chilensis, Presenta propiedades antibióticas. Es una especie endémica de Chile. En Chile central ha sido recolectada sólo en algunos sitios, San Antonio, Montemar, Horcón, Los Molles. En el resto del país se encuentra en Tierra del Fuego, Magallanes y Chiloé.



Talo de *Laurencia chilensis*

Biofertilizantes

En la literatura actual son pocas, las rodófitas que se usan en la agricultura en nuestro, salvo *Porphyra columbina* la cual se usa frecuentemente mezclada con *Ulva lactuca* (Clorófitas) como abono verde, fresco o seco en el cultivo de papas especialmente en la zona del país.

En las costas de nuestro país existen una gran diversidad de especies de rodófitas, las cuales podrían ser objeto de investigación en este campo, teniendo en cuenta las normas de cosecha como época de colecta y forma de colecta para cada especie.

Control de plagas

Hypnea valentiae, extractos de esta alga son útiles en el control de la bacteria *Xanthomonas oryzae*, que causa una enfermedad llamado tizón o roya de hoja. No está presente en nuestras costas.