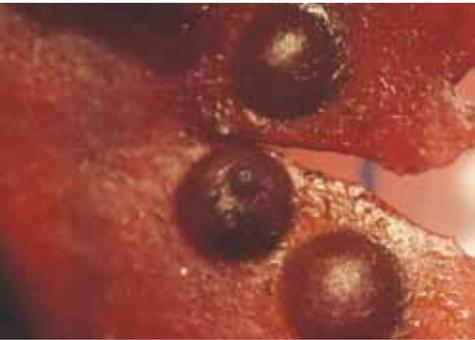


MANUAL DE CULTIVO DEL ALGA COMESTIBLE

Callophyllis variegata (Bory) Kützing (“Carola”) en el Sur de Chile



FONDEF D0811067
Fondo de Fomento al Desarrollo
Científico y Tecnológico”



Universidad
ARTURO PRAT
del Estado de Chile

AUTORES

Marcela Avila¹, Angélica Alcapán¹, Maria Inés Piel¹, Maria Eliana Ramírez², Marcela Cortés¹

¹Instituto de Ciencia y Tecnología. Universidad Arturo Prat Ejército 443. Puerto Montt

²Area Botánica. Museo Nacional de Historia Natural. Casilla 787 Santiago

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen el financiamiento otorgado por FONDEF al proyecto D08I1067, la colaboración en terreno de Jadhriel Godoy, Nersio Saldivia y el trabajo en laboratorio de Giselle Angel, Iriyeen Muena y Silvia Vasquez. Agradecemos la confianza y el apoyo de las empresas Terra Natur S.A., Marine Shell Ltda, Algas Prodalmar Ltda y a los sindicatos de pescadores asociados al proyecto: Sindicato de pescadores Artesanales Mar Adentro de Chepu, Sindicato de pescadores Artesanales Viento Fuerte de Puñihuil y Sindicato de trabajadores independientes Caleta Chauman de Catrumán.

ESTE DOCUMENTO DEBE SER CITADO COMO:

Avila M, Alcapán A, Piel MI, Ramírez ME, Cortés M (2012). MANUAL DE CULTIVO DEL ALGA COMESTIBLE *Callophyllis variegata* (Bory) Kützing (“carola”) EN EL SUR DE CHILE. Serie Programa Educativo para el desarrollo de la acuicultura de especies nativas. Universidad Arturo Prat. 44 pp.

Registro de propiedad Intelectual N° 222710

ISBN N° 978-956-351-668-5

Diseño Grafico: Alejandra Calcutta

Contenidos

1. Introducción	5
2. Taxonomía del género <i>Callophyllis</i>	6
2.1 Descripción de las especies de <i>Callophyllis</i> presentes en la Región de Los Lagos	7
2.1.1 <i>Callophyllis variegata</i>	7
2.1.2 <i>Callophyllis conceptionensis</i>	8
2.1.3 <i>Callophyllis macrostiolata</i>	8
2.2 Clave para el reconocimiento de las especies de <i>Callophyllis</i> presentes en la Región de Los Lagos	9
3. Biología y ecología del recurso	10
3.1 Biología de <i>Callophyllis variegata</i>	10
3.2 Reproducción en <i>Callophyllis</i>	11
3.3 Desarrollo de plántulas en laboratorio	12
3.4 Ecología de poblaciones de <i>Callophyllis variegata</i>	14
4. Fico-Hatchery: requerimientos y condiciones para el Cultivo	18
4.1 Equipamiento e instrumental	18
4.2 Tratamiento de agua de mar	18
4.3 Limpieza y lavado de estanques de cultivo	19
5. Procedimiento de inducción a la esporulación	20
5.1 Colecta de material reproductivo maduro	20
5.2 Tratamiento y selección de frondas reproductivas	20
5.3 Liberación de esporas	23

6. Cultivo en invernadero o ficohatchery	25
6.1 Implementación invernadero	25
6.2 El cultivo de <i>Callophyllis</i> en invernadero	25
6.3 Manejo del cultivo	26
7. Cultivo en el mar	30
7.1 Traslado de sustratos al mar	30
7.2 Consideraciones en el cultivo de <i>C. variegata</i>	31
8. Usos de la “carola” en la cocina local	33
8.1 Características nutricionales	33
8.2 Receta de Galletas de avena y algas	35
8.3 Receta de Pan Integral con algas	36
9. Glosario	38
10. Referencias	41

1 Introducción

La especie *Callophyllis variegata* (Bory) Kutzing, (Rhodophyta, Kallymeniaceae), conocida por los pescadores artesanales como “carola”, presenta características especiales que la hacen muy atractiva para el consumo humano. Entre estas cualidades destacan: su llamativo color rojo y su agradable textura y sabor. Debido a ello, en Chile esta especie ha sido comercializada al exterior, específicamente hacia mercados asiáticos, llegando a exportarse 17 toneladas el año 2007 a un valor de 25 US \$/kilo seco (Ifop, com. Pers.).

Algunos estudios realizados en la costa de la Región de Los Lagos (Escalona *et al.*, 1998; Filun *et al.*, 1999; Hernández *et al.*, 2010; Avila *et al.*, 2012), han entregado antecedentes de las praderas de “carola”, que podrían ser preocupantes para su extracción y comercialización. Por una parte, la escasa y variable biomasa que presenta la especie en sus poblaciones naturales constituiría un riesgo para la sustentabilidad del recurso y por otra *C. variegata*, es confundida taxonómicamente con otras dos especies de similar morfología que comparten su hábitat (*C. macrostiolata* y *C. concepcionensis*), cuyas características en relación a textura y sabor son diferentes y por ende no responderían a las exigencias del mercado.

Esta publicación entrega antecedentes sobre la biología de la especie *Callophyllis variegata*, destacando aspectos de su taxonomía, reproducción, cultivo y mantención de cultivos en laboratorio y en el terreno.

El presente manual constituye de este modo una herramienta de ayuda para estudiantes, pescadores, algueros, acuicultores y autoridades de la pesca en general que tengan relación con la maricultura y el cultivo de algas.

La información entregada en este manual resulta relevante a la hora de la toma de decisiones de las autoridades pesqueras en la formulación de políticas de control en la extracción del recurso y constituye además una sólida base de conocimiento, en la perspectiva de responder a una demanda sostenible del recurso a través del tiempo, mediante la técnica del cultivo masivo de esta especie.

Marcela Avila L.
Jefe Proyecto, Agosto 2012

2 Taxonomía del género *Callophyllis*

El género *Callophyllis*, Kutzing 1843, cuenta en la actualidad con más de 50 especies a nivel mundial, distribuidas en aguas templadas y frías de ambos hemisferios (Wendy Guiry in Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2012. *AlgaeBase*). Se encuentra en California (USA) Nueva Zelanda, y Sudáfrica. Todas las especies de este género crecen en el submareal, a profundidades de 1 a 10-15 m., de preferencia en bahías protegidas.

La segregación de especies en este género, ha estado basada principalmente en caracteres morfológicos externos y en caracteres de la morfología vegetativa y reproductiva (Arakaki et al., 2011).

La gran variabilidad y sobreposición en los caracteres externos del talo en *Callophyllis* ha llevado a confusión, sobrestimando en algunos casos el verdadero número de especies, como ha ocurrido en el Pacífico de Norteamérica (Abbott & Norris, 1965). Por otra parte caracteres de la morfología reproductiva, tampoco han resuelto por sí solos la taxonomía del *Callophyllis*, como ha sido observado en las especies de Australia (Womersley, 1994), lo que ha hecho difícil la segregación y el reconocimiento de las diferentes entidades.

Al menos 9 especies de *Callophyllis*, han sido citadas para el Pacífico Templado de Sudamérica (Perú y Chile), 8 de las cuales estarían presentes en el litoral de Chile (Ramírez & Santelices, 1991). Estudios recientes, realizados en la costa centro-sur de Chile, entre los 33° y 41°S, (Arakaki et al., 2011), encontraron una diversidad de morfos, que de acuerdo a una combinación de datos independientes, tanto morfológicos como de la biología molecular, constituirían al menos tres entidades diferentes: *Callophyllis variegata*, la especie tipo del género, *Callophyllis concepcionensis* y *Callophyllis macrostiolata*, estas dos últimas, descritas como nuevas especies. En la costa de la Región de Los Lagos, el género está representado por estas tres entidades.

NOTA: La especie *Callophyllis chilensis* (= *Pugetia chilensis*), citada comúnmente para esta región, entidad fácilmente reconocida y segregada de las entidades anteriores por presentar un talo folioso, a veces dividido pero nunca ramificado de manera dicótoma o subdicótoma, ni con segmentos disectados, como ocurre en la mayoría de los morfos de este género presentes en esta costa, ha sido recientemente transferida al género *Salishia* con el nombre de *Salishia chilensis* (J.Agardh) Clarkston & G.W.Saunders (Guiry & Guiry, 2012).

2.1 Descripción de las especies de *Callophyllis* presentes en la Región de Los Lagos”:

2.1.1 *Callophyllis variegata* (Bory) Kutzing

Sinonimia Homotípica (Ramírez & Santelices, 1991)

Sphaerococcus fimbriatus C. Agardh 1822

Halymenia variegata Bory de Saint-Vincent 1828

Halymenia glaphyra Suhr 1839

Rhodymenia variegata (Bory de Saint-Vincent) Montagne 1846

Rhodymenia variegata Mont var. flabellate Hooker y Harvey 1847

Sinonimia Heterotípica (Guiry & Guiry, 2012)

Kallymenia multifida Reinsch 1888

Callophyllis multifida (Reinsch) Kylin 1919

Callophyllis corollata Baardseth 1941

Descripción

Plantas de color rojo intenso, de consistencia membranosa y tamaño variable, hasta 30 ó 40 cm. de alto. Ramificación repetidamente dicótoma a irregularmente dicótoma, dando a la fronda un aspecto flabelado. Segmentos estrechos y ápices profusamente disectados; bordes irregulares y con proliferaciones laterales que al crecer se dividen como los segmentos mayores de la fronda. Cistocarpos prominentes, siempre dispuestos en los márgenes de la fronda, a veces regularmente seriados, con uno a tres ostíolos muy desarrollados. Tetrasporangios solitarios originados a partir de la corteza y repartidos sobre la superficie del talo (Fig. 1).

Distribución geográfica: Esta especie presenta una distribución subantártica, distribuyéndose a lo largo de toda la costa de Chile y alcanzando su límite norte de distribución en la costa del Perú central (14°).

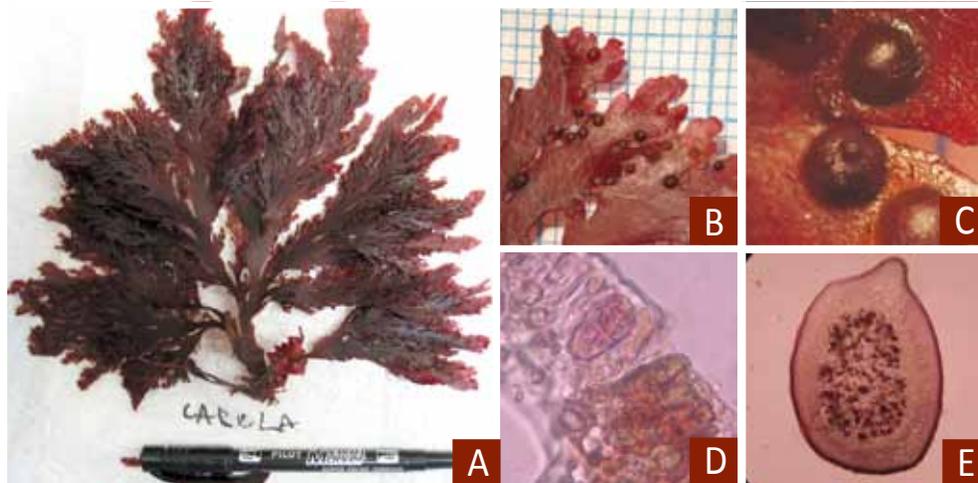


Fig. 1. A) Hábito de planta adulta de *C. variegata*; B) Cistocarpos ubicados en el margen de la fronda; C) Detalle de los 3 ostíolos en cistocarp; D) Corte transversal que muestra tetrasporangio solitario; E) Corte transversal del cistocarp con ostíolos.

2.1.2 *Callophyllis conceptionensis* Arakaki, Alveal y Ramírez

Talo de color rojo, de mayor grosor y consistencia que *C. variegata* y *C. macrostiolata*, de hasta 35 cm de alto. La fronda se divide de manera regularmente dicótoma con 4 a 8 órdenes de ramificación, dando a las plantas un hábito palmado-flabelado. El ángulo de las dicotomías es más estrecho que en los otros dos morfos y los segmentos terminan en ápices redondeados o escasamente disectados. Márgenes de la fronda lisos. Cistocarpos siempre distribuidos sobre la superficie de la fronda, con uno o más ostiolos simples.

Distribución geográfica: Endémica a la costa de Chile. Se encuentra distribuida entre Concepción y Chiloé.

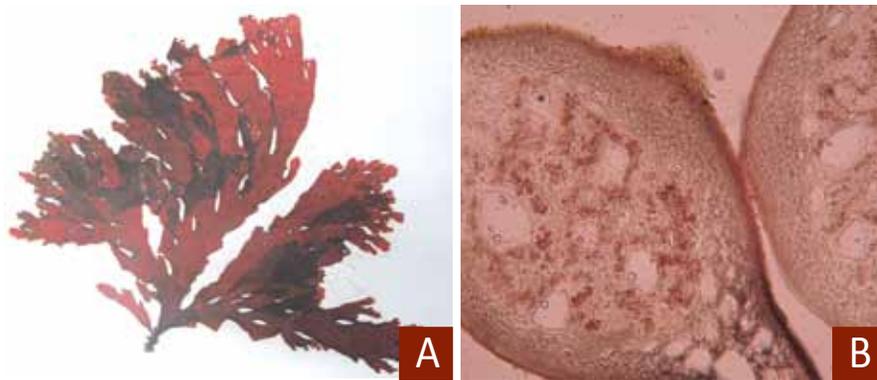


Fig. 2. *Callophyllis conceptionensis*.
A) Corresponde a ejemplar herborizado
B) Corte transversal de un cistocarpo (10x)

2.1.3 *Callophyllis macrostiolata* Arakaki, Alveal y Ramírez

Talo de color rojo, de consistencia firme y cartilaginosa y tamaño variable (12 a 35 cm). Ramificación subdicótoma, con 13 a 20 órdenes de ramificación. Ápices de los segmentos con márgenes abruptos, escasamente disectados. Cistocarpos distribuidos sobre la superficie del talo con un único ostiolo invaginado (Fig. 3).

Distribución geográfica: Endémica a la costa de Chile, encontrándose entre Concepción y Chiloé.

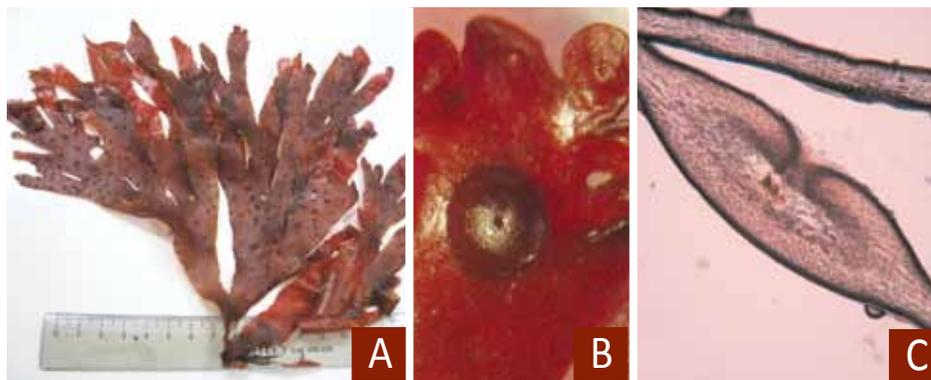


Figura 3. A) Hábito de una planta adulta reproductiva de *C. macrostiolata*; B) Fronda cistocárpica con cistocarpos distribuidos en toda la superficie de la fronda; C) Corte transversal de un cistocarpo con ostiolo único e invaginado (10x).

2.2 Clave para el reconocimiento de las especies de *Callophyllis* presentes en la Región de Los Lagos:

- 1 Talo de consistencia membranosa, delicado, con segmentos laciniados estrechos y un hábito flabelado, segmentos con ápices muy disectados. Cistocarpos de posición marginal: ***C.variegata***
- 1 Talo de consistencia cartilaginosa, firme y grueso, segmentos de la fronda con ápices escasamente disectados. Cistocarpos repartidos por toda la superficie del talo: **2**
- 2 Ápices de los segmentos redondeados, cistocarpos con uno o más ostíolos simples: ***C. concepcionensis***
- 2 Ápices de los segmentos de forma truncada, cistocarpos con un sólo ostiolo invaginado: ***C. macrostiolata***

3 Biología y ecología del recurso

3.1 Biología de *Callophyllis variegata*

Las plantas están formadas por un conjunto de frondas que se originan a partir de un pequeño disco adhesivo (Fig. 1). Las frondas de hasta 20 cm de alto son de color rojo oscuro intenso, de consistencia que varía desde muy fina y membranosa hasta cartilaginosa. Las frondas presentan un estipe cilíndrico de 0.5 - 1 cm, son planas en su mayor extensión, ramificadas abundantemente en forma irregularmente dicótoma, con bordes a veces aserrados. En corte transversal de la fronda se observa una medula formada por células grandes, pseudoparenquimatosas, mezcladas con filamentos pigmentados ramificados y la corteza constituida por 4-5 capas de células, que disminuyen de tamaño hacia la superficie (Hoffmann & Santelices, 1997).

Crecen adheridas a las rocas a menudo en playas de arena gruesa, en hábitats semiexpuestos o protegidos, entre 0 -15 m de profundidad (Fig. 4).



Fig. 4. Vista de *Callophyllis variegata* en su hábitat natural

En Chile la especie *C. variegata* ha sido reportada para las localidades de Antofagasta, Coquimbo, Valparaíso, Concepción, Valdivia, Osorno, Chiloé, Aysén, Magallanes y Tierra del Fuego (Ramírez & Santelices, 1991). En Perú ha sido recolectada en Ica y Lima (Hoffmann & Santelices, 1997).

3.2 Reproducción en *Callophyllis*

Los gametofitos son dioicos, los masculinos presentan espermatangios que se agrupan en soros superficiales, que derivan de las células corticales externas. Los gametofitos femeninos presentan ramas carpogoniales en los bordes de las ramificaciones. Las frondas cistocárpicas presentan cistocarpos con varios ostiolos. Las frondas esporofíticas maduras presentan tetrasporangios solitarios que no son visibles a ojo desnudo, en vista superficial se observan como puntos más rojos y en corte histológico se diferencian en la corteza, inmediatamente bajo la superficie, estos se dividen en forma cruzada (Fig. 5).

Durante la ejecución del proyecto Fondef D0811067, se iniciaron en laboratorio cultivos a partir de carpósporas (Fig. 6A) y tetrásporas (Fig. 5A) en condiciones controladas de fotoperiodo, iluminación y temperatura y con medio de cultivo Provasoli.

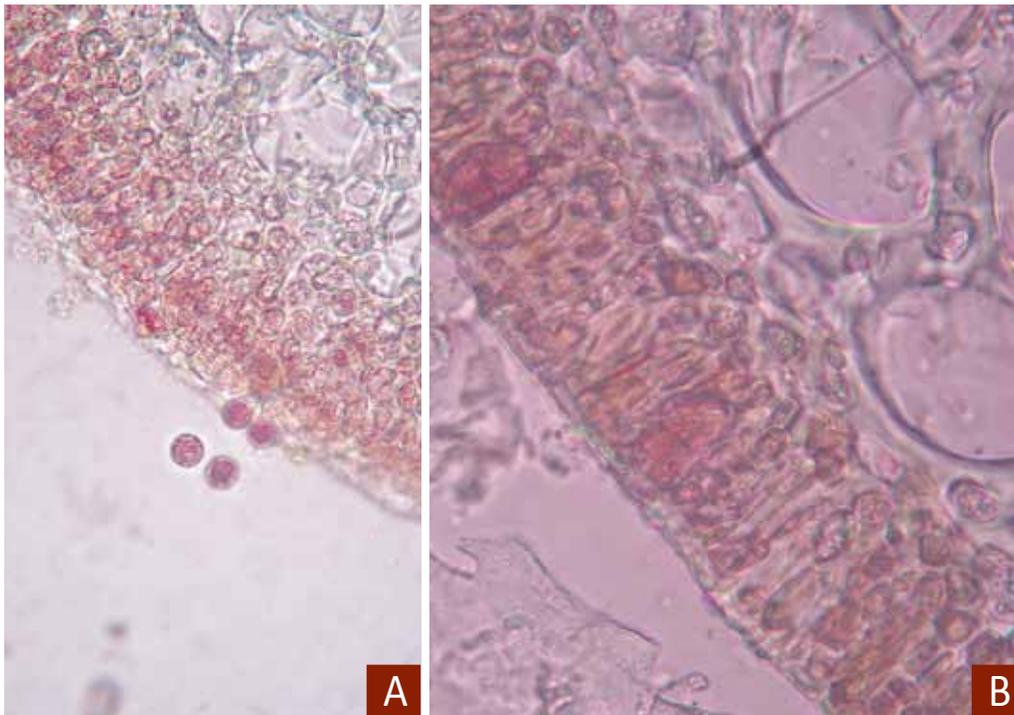


Fig. 5. A) Corte histológico transversal que muestra tetrásporas recién liberadas del talo; B) Corte transversal que muestra los tetrasporangios solitarios ubicados en la corteza.

3.3 Desarrollo de plántulas en laboratorio

En laboratorio se iniciaron cultivos de carpósporas en condiciones controladas de fotoperíodo, iluminación y temperatura y con medio de cultivo Provasoli. Las carpósporas a partir del segundo día (Fig. 6A) inician la germinación formando un tubo de germinación (Fig. 6B) y luego sucesivas divisiones, hasta formar un disco (Fig. 6C). Después de 7 semanas de cultivo los discos inician la formación de un talo central (Fig. 6D), esta crece y en muchos casos se desprende, pudiendo regenerar otros talos. Los talos desprendidos fueron cultivados hasta alcanzar después de 12 meses de cultivo, tamaños de hasta 7-8 cm de longitud. No se observó formación de tetrasporangios en condiciones de laboratorio. Por otra parte las tetrásporas también fueron cultivadas en condiciones similares de laboratorio, formando igualmente discos de germinación de los cuales se formaron talos gametofíticos, los que después de un tiempo de cultivo se necrosaron y murieron no logrando completar el ciclo.

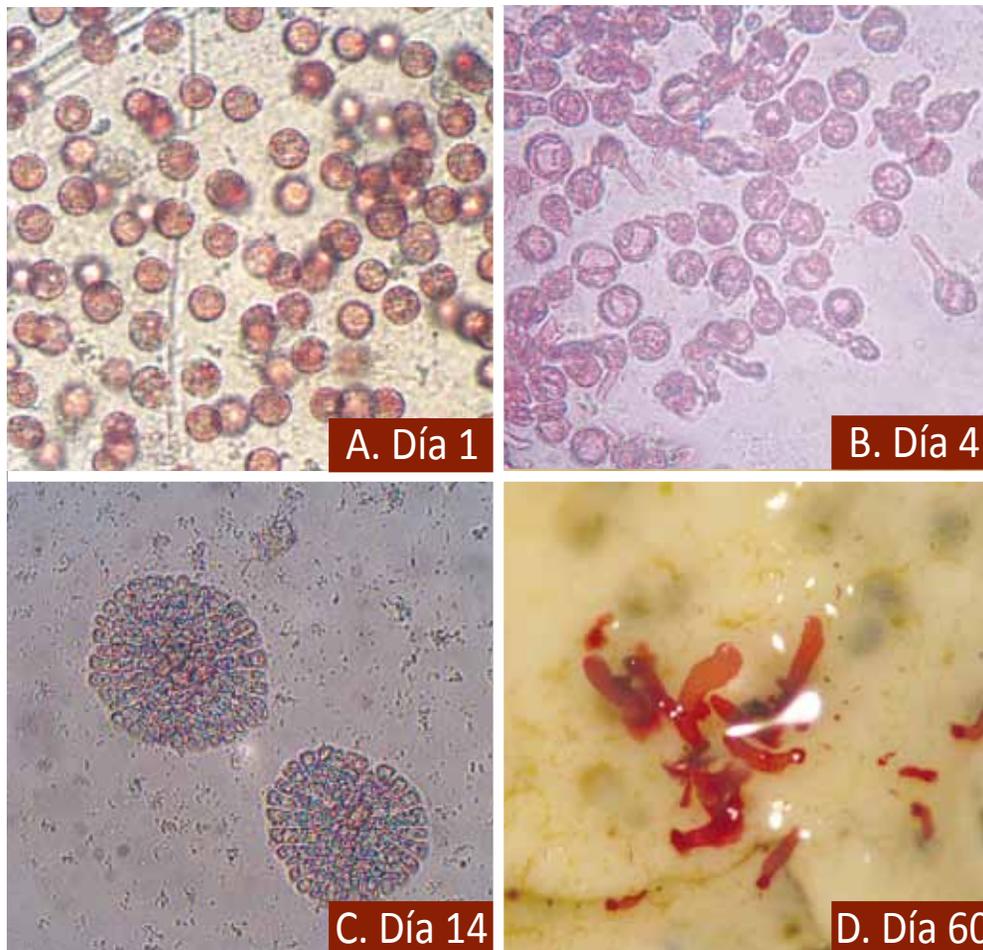


Fig. 6. Desarrollo del cultivo en laboratorio.
 A) Día 1 carpósporas recién liberadas;
 B) Día 4 estados iniciales se observa tubo de germinación;
 C) Día 14 formación de disco de fijación;
 D) Día 60 formación de talo central.

El ciclo de vida de *Callophyllis variegata* es trifásico e isomórfico (Fig. 7). Presenta alternancia sucesiva de generaciones de fase gametofítica, cistocárpica y tetrásporica.

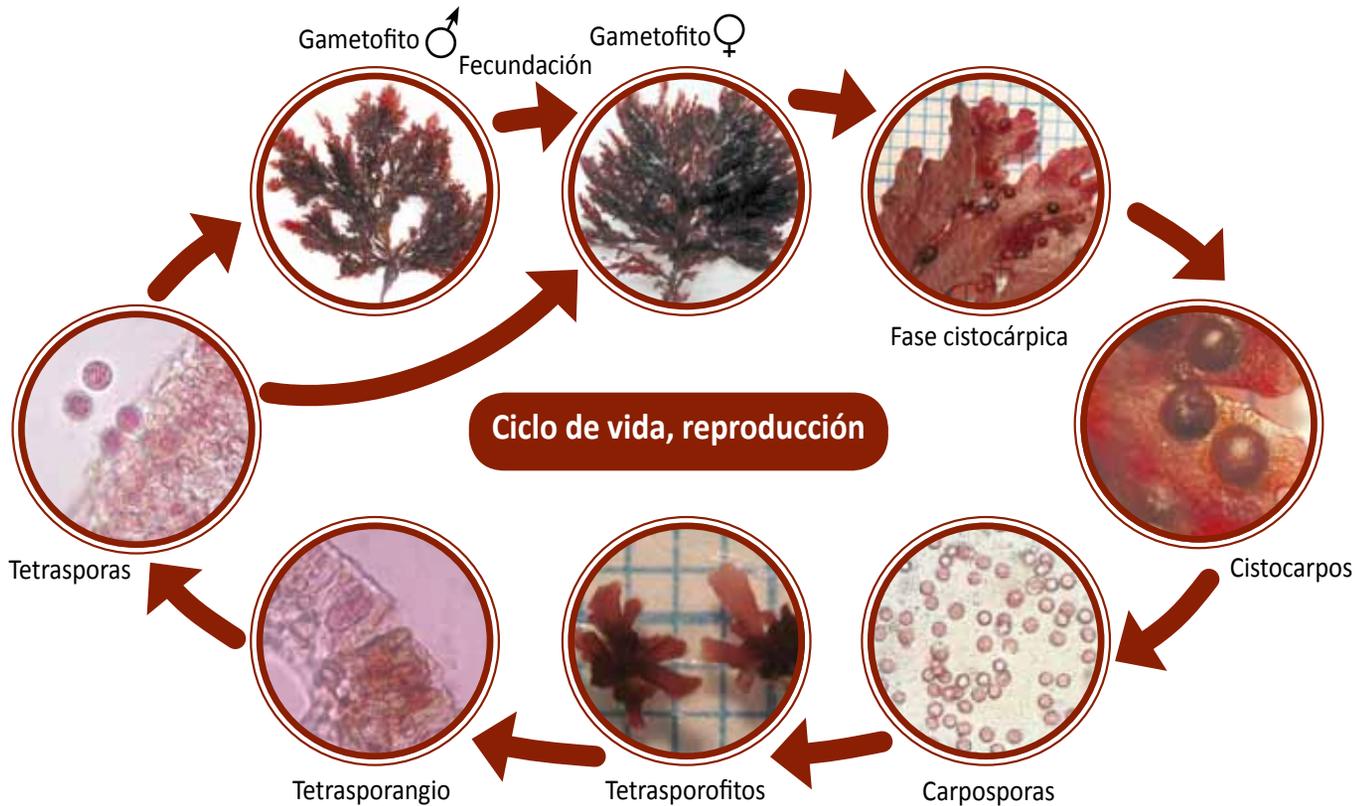


Fig. 7. Esquema del ciclo de vida de *Callophyllis variegata*

El cultivo de carpósporas en laboratorio permitió conocer el patrón de desarrollo de esta especie en sus primeros estadios. En base a los resultados obtenidos se elaboró una tabla con las condiciones óptimas de cultivo en laboratorio, las cuales se presentan en la Tabla 1.

El número de carpósporas liberadas por estructuras reproductivas maduras en laboratorio de frondas colectadas en praderas naturales es variable en el año, en primavera, los cistocarpos se observan maduros y el número promedio de esporas varía de 7.000 a 30.000 carpósporas/mL, mientras que, en verano en las praderas naturales predominan las frondas no reproductivas observándose cistocarpos con menos frecuencia y el número promedio de esporas liberadas baja a 46 y 800 carpósporas/mL. En verano, en la Región de Los Lagos la especie *Callophyllis variegata* presenta baja cantidad de esporas viables.

Con respecto a la fase tetrásporica, es difícil distinguir los ejemplares reproductivos, ya que los tetrasporangios son solitarios y no se observan a simple vista. Es necesario hacer cortes histológicos para definir si las frondas están maduras.

TABLA 1. Condiciones óptimas de cultivo para las fases reproductivas de *C. variegata*

CONDICIONES DE CULTIVO	FASE ESPOROFÍTICA		FASE GAMETOFÍTICA	
	DISCO	FRONDA	DISCO	FRONDA
Fotoperiodo (luz: oscuridad) hrs.	16:8	16:8	16:8	16:8
Temperatura °C	15	15-18	15	15-18
Iluminación $\mu\text{moles m}^{-2}\text{seg}^{-1}$	10	5	10	5
Nutrientes o medio de cultivo	PES	PES	PES	PES
Tasa de crecimiento % diario	1-10	2-7		

3.4 Ecología de poblaciones de *Callophyllis variegata*

Las praderas de *Callophyllis* son típicamente submareales, se encuentran hasta los 17 m de profundidad. En la Región de Los Lagos las especies mencionadas en el capítulo 1 de este manual ocurren juntas siendo más abundante *C. variegata* y están asociadas a otras especies de algas rojas de importancia económica, como por ejemplo, *Sarcothalia crispata*, *Gigartina skottsbergii* y algas pardas como *Lessonia trabeculata*. Tienen una distribución parchosa, cubriendo extensiones de hasta 4 há. La productividad de las praderas es variable durante el año, observándose mayor biomasa en los meses de verano y disminución en los meses de invierno. Observaciones realizadas en terreno indican que se puede alcanzar una biomasa máxima promedio de $445,5 \pm 55 \text{ g/m}^2$ en la Región de Los Lagos, mientras que en zonas como la Región de Magallanes la biomasa máxima puede ser menor (90 g/m^2).

Similar a lo observado en biomasa, la densidad de frondas de *C. variegata* es variable. Muestreos realizados en praderas naturales en la Región de Los Lagos muestran que las frondas no reproductivas, vegetativas son las más abundantes, con una densidad máxima de hasta $48 \pm 9,5 \text{ frondas/m}^2$. Las frondas tetraspóricas se mantuvieron bajo los $4,8 \text{ frondas/m}^2$. Por el contrario las frondas cistocáricas presentan una densidad irregular con un promedio de 19

frondas/m². La estructura de talla de las praderas muestra una distribución de frecuencia en un rango de 3 a 23 cm de fronda, durante un ciclo anual de muestreo (Avila et al., 2012; Hernández et al., 2010; Escalona et al., 1998; Filun et al., 1999).

Las praderas se encuentran reproductivas todo el año, sin embargo existe una estacionalidad. Según Escalona et al., (1998), los cistocarpos se encuentran maduros a partir del mes de marzo, liberando esporas hasta el mes de septiembre, en tanto, las tetrásporas se encontrarán durante los meses de primavera, en especial durante el mes de Noviembre encontrándose con un 30% del total de las frondas tetráspóricas (Filun et al., 1999; Buschmann et al., 2001; Güttler, 1999).

En poblaciones naturales, se ha demostrado que los discos de fijación de esta especie tienen una alta capacidad de regeneración, lo que permitiría recuperar la biomasa extraída (Buschmann et al., 2001; 2008). Esta información se debe tomar con precaución puesto que se ha visto que en poblaciones de *Gracilaria chilensis* que han sido podadas en forma reiterada, la productividad disminuye en el tiempo (Santelices, 1989; Buschmann et al., 2001).

Durante el desarrollo del presente proyecto, en experimentos realizados para evaluar la capacidad de regeneración de discos y frondas, se observó que los discos al ser cortados pierden tejido por necrosis, luego cicatrizan y son capaces de regenerar nuevos talos (Fig. 8). Por otra parte, frondas provenientes de plántulas desarrolladas en laboratorio, fueron trasladadas a estanques donde se observó una necrosis parcial o total de las mismas. Los trozos remanentes si son cultivados en agua de mar con nutrientes regeneran nuevas frondas (Fig. 9 y 10).

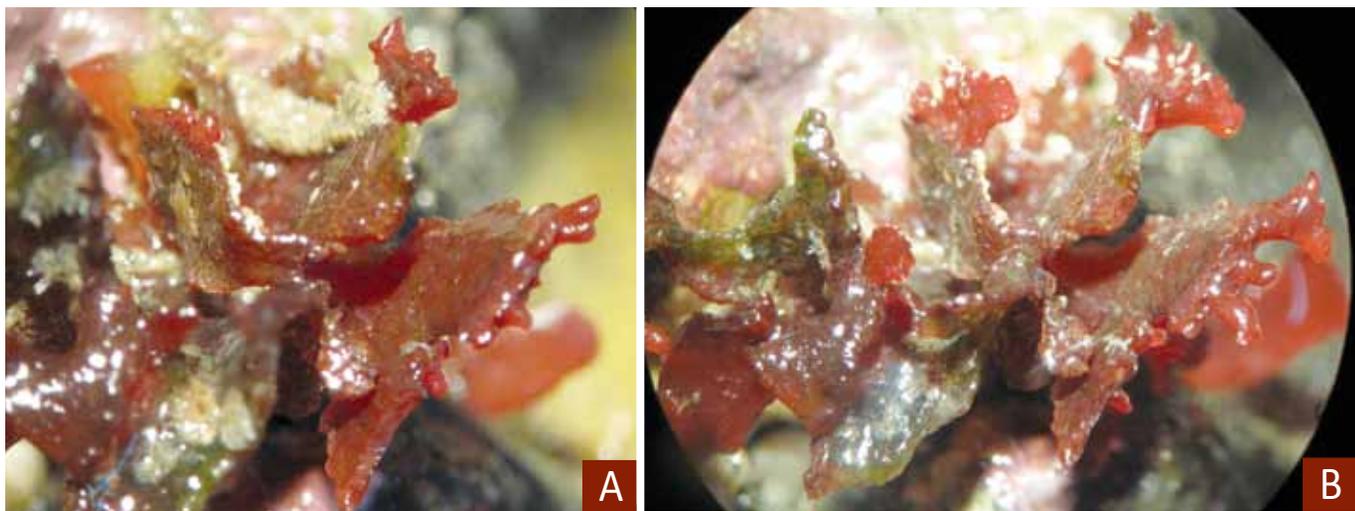


Fig. 8. A) Regeneraciones observadas en una planta creciendo sobre un bolón a las dos semanas después de iniciado el experimento; B) A las cuatro semanas después de iniciado el experimento.

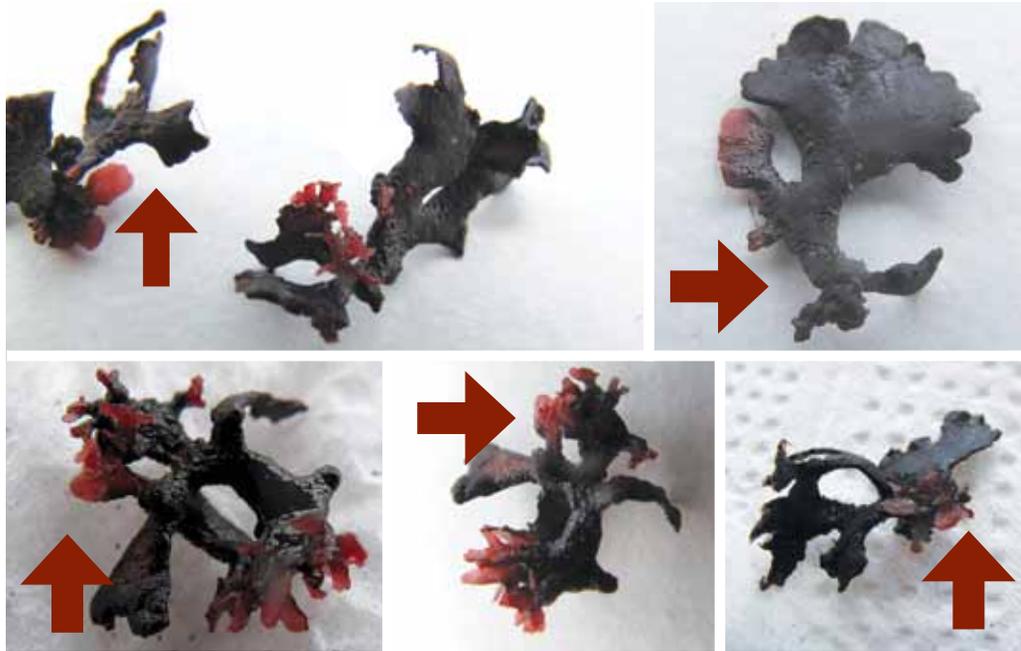


Fig. 9. Frondas obtenidas en cultivo (color café) con inicio de nuevos talos (color rojo) de *C. variegata* después de 5 semanas de cultivo. Se observa en invernadero.

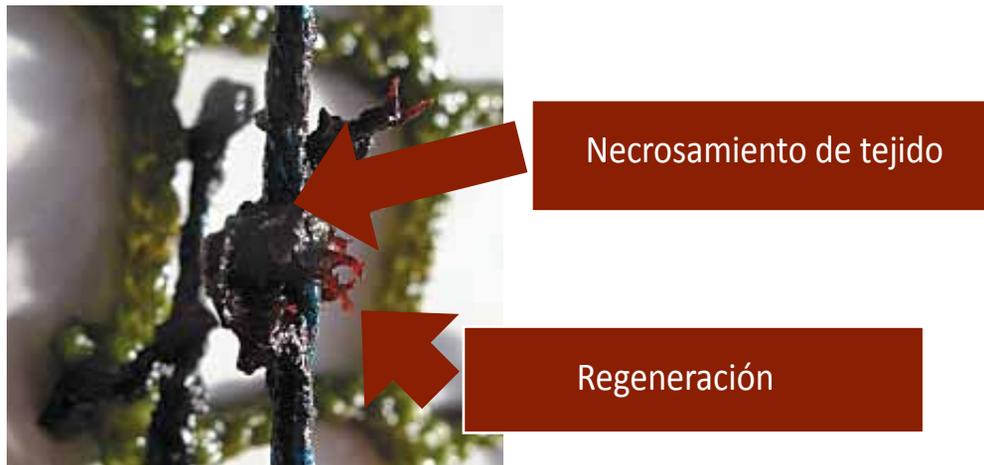


Fig. 10. Fronda senescente adherida a redes en cultivo se observa zona de regeneración con formación de nuevos talos.

Una estrategia reproductiva observada en ejemplares colectados en praderas naturales es la germinación “*in situ*” de las esporas (Fig. 11), las cuales forman pequeñas plántulas que permanecen adheridas a la superficie de la fronda. De acuerdo a lo señalado en la literatura, en algunas especies del género, se observa que las esporas germinan aún antes de ser liberadas. (Hoffmann & Santelices, 1997).

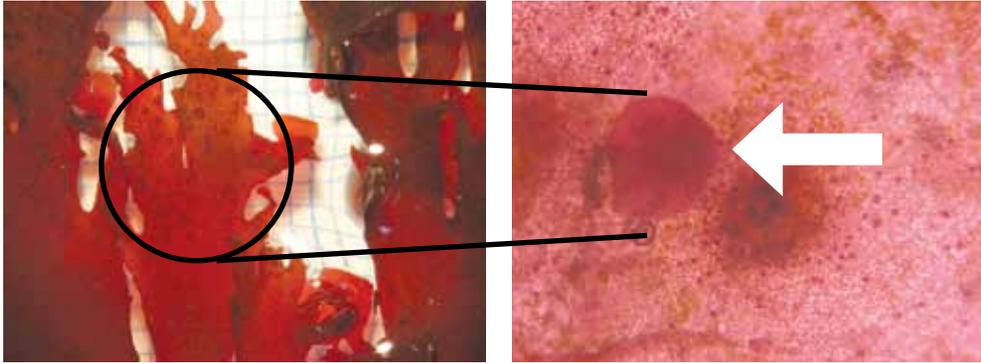


Fig. 11. Vista superficial de una fronda tetraspórica de *C. variegata* donde se observan gametofitos de pequeño tamaño como resultado de germinación *in situ* de tetrásporas sobre la fronda.

4 Fico-Hatchery: requerimientos y condiciones para el cultivo

4.1 Equipamiento e instrumental

Para producir plántulas de *Callophyllis variegata* se requiere de un fico-hatchery el cual debe contar con un espacio cerrado (laboratorio) (Fig. 12) y un espacio abierto (invernadero), el primero con los siguientes recursos materiales:

- Sistema de tratamiento de agua de mar (filtros mecánicos y esterilizador ultravioleta)
- Instrumentos ópticos de observación fina (microscopio y lupa estereoscópica).
- Mesones largos y amplios

Recomendaciones: El laboratorio debe estar en condiciones de asepsia, limpieza y debe contar con una zona de lavado, con acceso a una llave de agua potable.



Fig. 12: Vista general del Laboratorio.

4.2 Tratamiento de agua de mar

La calidad del agua de mar debe ser óptima ya que constituye el medio donde se desarrollarán los distintos estadios de *C. variegata* hasta llegar a la etapa juvenil o de plántula. La presencia de contaminación biológica (bacterias, diatomeas, esporas, hongos o protozoos) o contaminación química en el agua de mar, influirá notoriamente en el desarrollo del cultivo. Por lo tanto es preciso aplicar un tratamiento al agua afluyente. Una vez bombeada el agua, esta se filtra a 5 y 1 μm (Fig. 13), y se expone a radiación ultravioleta (UV), con un equipo Lifegard Ultraviolet Sterilizer QL-40 (Fig. 14).



A



B



Fig. 13. A) Estanques de acumulación; B) Filtros de 5 y 1 μm respectivamente.



Fig. 14. Equipo de radiación ultravioleta.

4.3 Limpieza y lavado de recipientes y estanques de cultivo

Es importante realizar una limpieza y lavado de los recipientes y estanques de cultivo en forma periódica. Para ello sólo se utiliza agua de mar filtrada y esterilizada, esponjas abrasivas multiuso y pequeñas dosis de limpiador en crema. Posteriormente se realiza un buen enjuague con abundante agua con el fin de eliminar los residuos del limpiador en crema.

5 Procedimiento de inducción a la esporulación

5.1 Colecta de material reproductivo maduro

Para inducir a la esporulación de células reproductivas de *C. variegata*, se requiere disponer de suficiente material biológico maduro, el cual se recolecta, en su hábitat natural y se almacena bajo condiciones de humedad, oscuridad y baja temperatura. Por lo general el transporte de las frondas reproductivas se lleva a cabo dentro de un contenedor térmico tipo cooler.

5.2 Tratamiento y selección de frondas reproductivas

Una vez que las muestras de *C. variegata* están en el laboratorio, se procede a la separación e identificación de las fases cistocárpicas y tetraspóricas. La fase cistocárpica se reconoce a simple vista por presentar en los bordes de la fronda estructuras llamadas cistocarpos que contienen las esporas o carpósporas (Fig. 15). Por el contrario, la fase tetráspórica se identifica bajo microscopio, observándose los tetrasporangios dispersos sobre la superficie de la fronda (Fig. 16). Para la identificación de esta fase, se recomienda observar al microscopio pequeños trozos de los ápices de *C. variegata*.

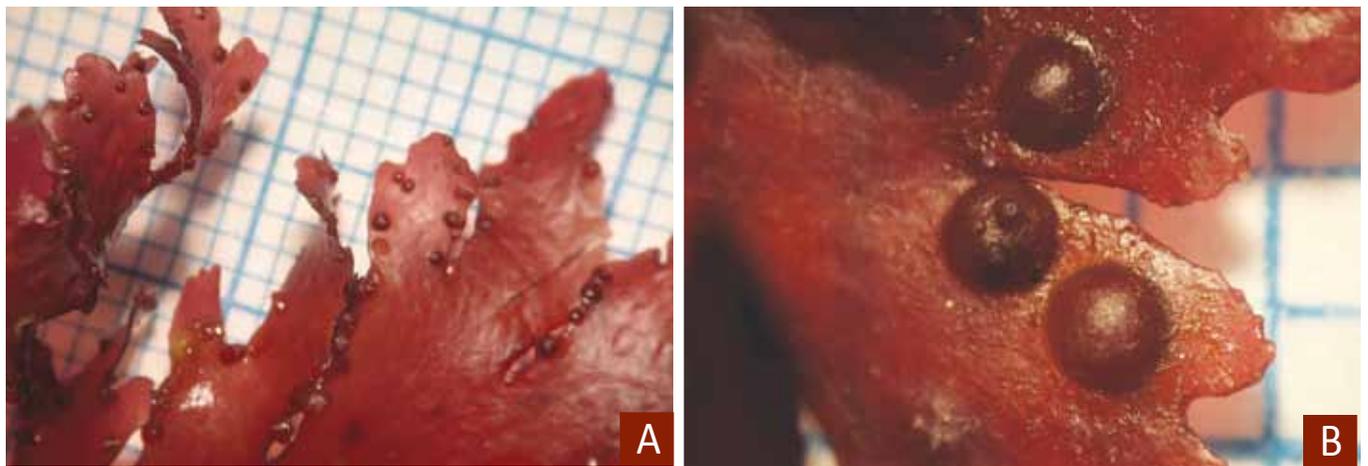


Fig. 15. *Callophyllis variegata* cistocárpica. A) Cistocarpos distribuidos en los bordes de la fronda B) Detalle de los cistocarpos.

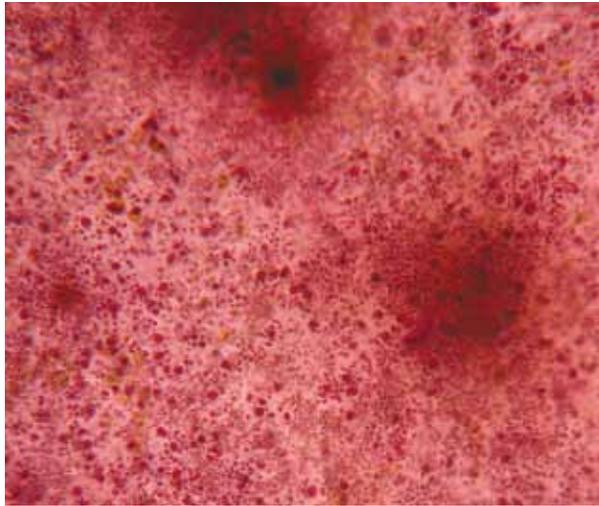


Fig 16. Vista superficial de fronda de *C. variegata* con tetrasporangios (10x).

Una vez que se identifican y separan ambas fases, se trabaja por separado. Las frondas reproductivas se lavan cuidadosamente bajo chorro de agua dulce con el fin de eliminar impurezas y epífitos (diatomeas, protozoos, copépodos, etc.), adheridos sobre la superficie. Se sugiere eliminar los discos de adhesión para evitar la contaminación de los cultivos. Posteriormente las frondas se enjuagan al menos tres veces con agua de mar filtrada a 1 μm y esterilizada con UV. Finalmente las frondas se deshidratan sobre papel absorbente por un tiempo mínimo de 2 horas (Fig. 17 y 18).

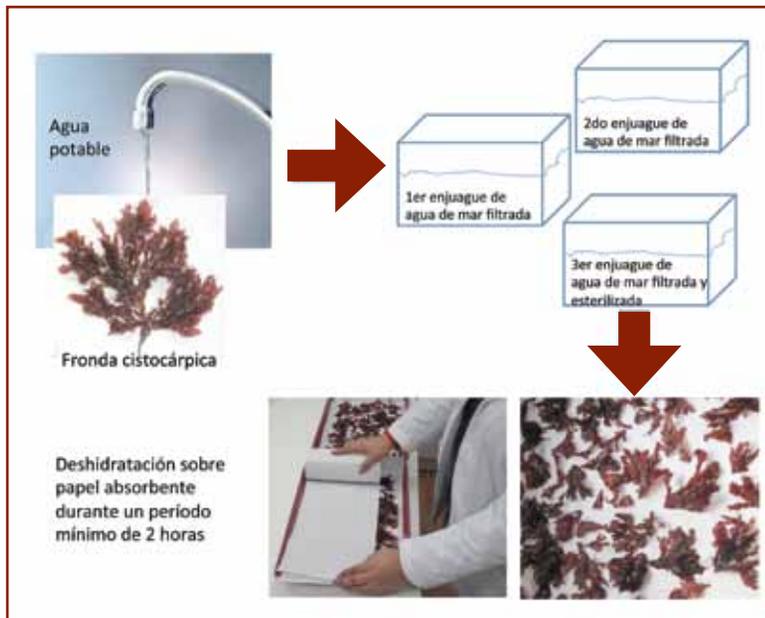


Fig. 17. Diagrama de lavado y deshidratación de las frondas reproductivas de *C. variegata*.



Fig. 18. A) Algas separadas por fase, limpias y listas para ser deshidratadas; B) Las frondas deben ser cubiertas con papel toalla para la deshidratación parcial.

Transcurrido el periodo de deshidratación (Fig. 18), las frondas se distribuyen sobre redes (utilizadas para la inoculación) las que están dentro de estanques más pequeños (20 a 40 litros) (Fig. 19), a los que posteriormente se les adiciona agua de mar filtrada y esterilizada con UV. Las frondas permanecen sumergidas durante un período máximo de 48 horas para evitar necrosamiento y deterioro de las algas, lo que provocaría contaminación en el cultivo. En caso de observar el deterioro de las frondas antes de las 48 horas, estas se deben retirar inmediatamente.



Fig. 19. Frondas reproductivas deshidratadas sobre redes dentro de un estanque de 40 litros.



Fig. 20. Liberación de esporas: frondas reproductivas sobre redes en agua de mar filtrada y esterilizada con UV.

5.3 Liberación de esporas

La liberación de esporas (Fig. 20) ocurrirá después de la re-hidratación de las frondas. Una vez que se retiran las frondas de los recipientes, se puede tomar alícuotas del medio de cultivo y observar al microscopio si existe presencia de esporas, o también fijarse en las redes si existen pequeñas manchas de color rosado lo que indicaría que hubo una significativa liberación de esporas (Fig. 21).

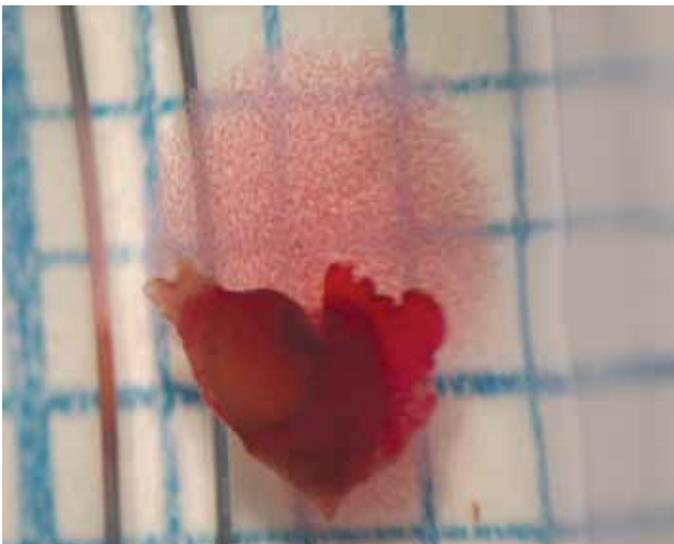


Fig. 21. Carpósporas recién liberadas, se destaca la coloración rosada que se produce en el fondo de la placa petri.

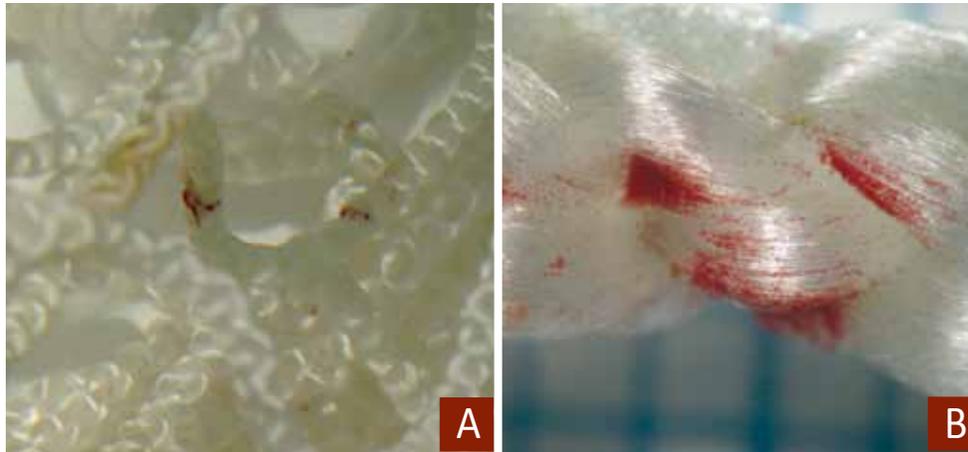


Fig. 22. Esporas fijadas sobre redes; A) Observación a simple vista; B) Observación bajo lupa.

Este cultivo o “suspensión” de esporas se mantiene durante una semana, para asegurar el asentamiento y germinación de las esporas sobre las redes (Fig. 22). Previamente se adiciona o renueva cuidadosamente un volumen pequeño de agua, tratando de eliminar el agua superficial para evitar la pérdida o escape de las esporas. Posteriormente las redes inoculadas son trasladadas a estanques de mayor volumen, donde el agua de mar es enriquecida con nutrientes y el medio de cultivo debe ser renovado en forma periódica.

6 Cultivo en invernadero o ficohatchery

6.1 Implementación invernadero

Antes de comenzar un cultivo en el invernadero o ficohatchery, este debe tener todas las instalaciones e infraestructuras necesarias para asegurar un buen funcionamiento y el éxito de los resultados por lo que se recomienda:

- 1.- Localizar el invernadero en un lugar cerca del mar donde se pueda obtener agua de mar de buena calidad y salinidad constante.
- 2.- Contar con un sistema de filtración y esterilización. Este debe considerar la instalación de un set de filtros con cartuchos Kuhno de algodón y un sistema de filtración en el que el agua pase a través de luz UV. Esto último para evitar la entrada de microorganismos no deseados a los estanques y cultivos de algas.
- 3.- Estanques o cilindros de fibra de vidrio de varios tamaños (grandes, medianos y pequeños) para la mantención de los cultivos.
- 4.- Sistema de filtración por donde circule el agua de mar, hasta llegar a los estanques en condiciones de calidad óptima de iluminación y temperatura, factores fundamentales para el crecimiento de las algas. En caso de existir luminosidad muy intensa, los estanques se pueden cubrirse con malla rachel.

6.2 El cultivo de *Callophyllis* en invernadero

El invernadero que se utilizó durante el desarrollo de este proyecto, se encuentra ubicado en el Canal de Chacao a unos 8 km de Parga en el sector de Teresita, frente de la Isla de Chiloé (Fig. 23). El agua de mar es tomada del canal y a través de una bomba de succión, es almacenada en estanques de 5000 Litros de capacidad, los cuales a través de una conexión proporcionan agua al invernadero. Esta en su entrada posee una batería de filtros de algodón Kuhno de 10, 5 y 1 μm (para retención de partículas mayores a estos tamaños). Posteriormente el agua pasa a través de un cartucho de luz ultravioleta (germicida) que destruye cualquier material viviente que pudiese haber pasado a través de los filtros de algodón. Esta agua llega a los estanques por medio de una manguera plástica.

A su vez, el invernadero cuenta con un blower, el cual distribuye el aire a cada estanque para lograr la aireación, da movimiento al agua de mar y una buena distribución de los nutrientes para las algas.

El cultivo de *Callophyllis* en invernadero es factible de realizar. Para ello primero se deben seleccionar las plantas madres maduras (ya sean cistocárpica o tetrásporica), las cuales se lavan bajo chorros de agua dulce y posteriormente

se enjuagan en baldes con agua de mar filtrada (4 lavados). Una vez finalizado el paso del lavado de frondas viene la deshidratación, el que consiste en dejar las frondas lavadas entre papel absorbente (secar) y dejar así por un lapso de 3 horas. Transcurrido este periodo las frondas maduras estarán óptimas para la esporulación (depende del grado de madurez de las frondas). Mientras las frondas se secan hay que comenzar a preparar los estanques o baldes de 40 Litros de capacidad, en que se realizará la esporulación. Para ello se cortan redes o mallas de algodón con las dimensiones que se desee trabajar y se colocan en el fondo del estanque.

Una vez que las frondas reproductivas están deshidratadas, se retira el papel absorbente y estas se dejan sobre las redes en los estanques, se agrega agua de mar filtrada y esterilizada con luz UV la hasta que las redes queden cubiertas de agua.

Después de 48 horas (2 días) se retiran las frondas reproductivas.

Una vez que se verifica que se liberaron las esporas (Fig. 24) sobre las redes, estas se retiran de los baldes de 40 litros y son colocadas en estanques de 1x 1x 0,35 m con agua de mar filtrada, esterilizada, y enriquecida con fertilizante líquido foliar (Bayfolan de Bayer).

La luz y temperatura son factores críticos para el crecimiento de los discos de germinación y luego para la formación y crecimiento de los talos. Cerca del mediodía y a las horas de luz natural intensa, se recomienda cubrir los estanques con malla rachel, para evitar mortalidad de discos recién formados. Cuando la luz ha bajado de intensidad se retira la malla rachel y se deja con luz natural (Fig. 25).

El cambio de medio (agua de mar enriquecida) en esta etapa se realiza después de 10 días de iniciado el cultivo en los estanques. Posteriormente se renovará el agua de mar enriquecida una vez por semana y se le agregan nutrientes. Se debe ir observando el cultivo con énfasis en el desarrollo de frondas y fijación de las algas a las redes (Fig 26). La mantención y manipulación de los cultivos debe ser muy cuidadosa, para evitar la contaminación con otras algas epifitas en las redes.

Al mes y medio se comienzan a airear los estanques para darle movimiento al agua de mar pero con baja intensidad, para evitar el desprendimiento de frondas en las redes.

6.3 Manejo del cultivo

La manipulación del cultivo siempre debe ser muy cuidadosa a medida que las semanas van pasando, las algas van creciendo y a veces es necesario hacer cambios de agua dos veces a la semana, con los mismos cuidados del inicio. Agregar nutrientes, que la temperatura del agua sea la adecuada (no superior a las 18°C) la intensidad de la luz, etc. Después de 4 a 6 meses de cultivo en el invernadero, las plántulas alcanzan una talla de 1 a 2 mm de longitud y pueden ser trasladadas al mar (Fig 27 y 28). Durante el desarrollo del proyecto se intentó trasladar redes con menor tiempo de permanencia en el invernadero, pero no fue exitoso, puesto que al ocupar tan poca superficie del sustrato (redes) estas son invadidas por otras especies cuando se instalan en la línea de cultivo.

A medida que las algas crecen, algunas pueden desprenderse de las redes, sin embargo éstas pueden mantenerse en cultivo de vida libre y posteriormente encordarlas para su cultivo en líneas en el mar. Otra alternativa y considerando que esta especie es utilizada como una especie comestible se puede desarrollar todo su ciclo de crecimiento en estanques con aireación lo que estimula la incorporación de nutrientes y en consecuencia el crecimiento de las plántulas (Fig. 29).



Fig. 23. Vista de la infraestructura del invernadero (frente y lateral).



Fig.24. A) Estanque de fibra de vidrio de 1x1x0,35 m en su interior se observan redes con esporas de *Callophyllis variegata*; B) Detalle de red donde se observan esporas fijadas de *Callophyllis variegata*.



Fig. 25. Estanque en el invernadero cubierto con malla rachel para evitar sobreexposición a la luz solar.



Fig. 26. Red con esporas fijadas



Fig. 27. Talos de *Callophyllis variegata* de 4 meses.



Fig. 28. Cultivo de *Callophyllis variegata* a los 8 meses de cultivo con una longitud ente 2 a 3mm.

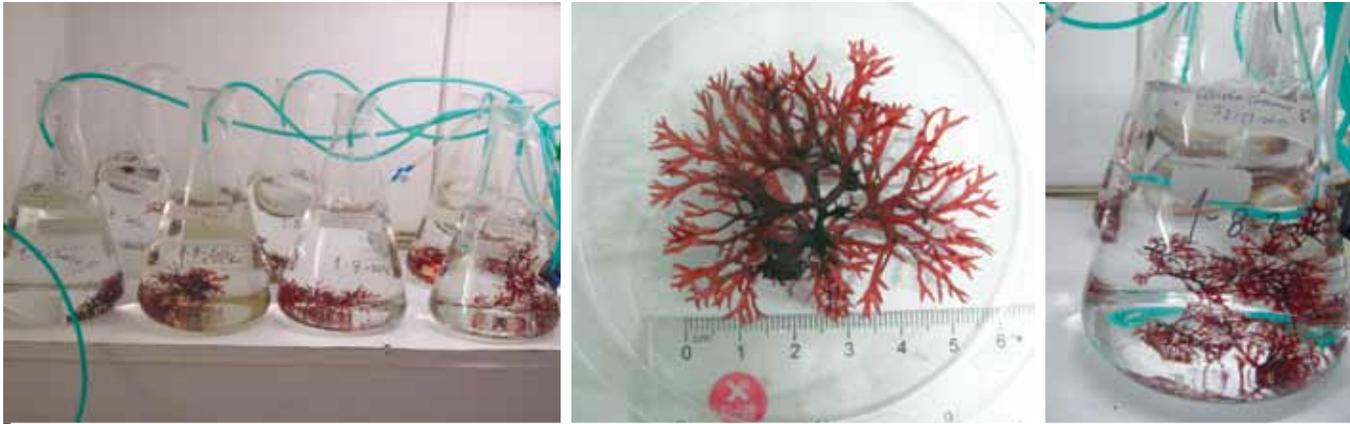


Fig. 29. Cultivo de *Callophyllis variegata* "forma libre" con aireación. Después de un año de cultivo las frondas pueden medir hasta 6 cm.

7 Cultivo en el mar

7.1 Traslado de sustratos

Para desarrollar la fase de crecimiento en el mar, se prepararon líneas de cultivos con redes inoculadas en hatchery con carpósporas. Las redes utilizadas (sustrato artificial) no poseen tratamiento químico anti-fouling. Las redes fueron inoculadas según se indica en el capítulo 6, luego mantenidas en hatchery (ver capítulo 6) durante 6 meses con recambios de agua de mar periódicos semanales y renovación de nutrientes. Después de este tiempo en que se observaban a ojo desnudo, las plántulas de *Callophyllis*, ya visibles y adheridas en las redes de 2,5 cm de abertura de malla, fueron preparadas al sistema de cultivo en el mar. Para ello las redes se cortaron en cintas de 8 cm de ancho aproximadamente. Antes de su traslado a líneas de cultivo se midió la densidad de plántulas sobre las redes (ind/m lineal) y el tamaño promedio de las plántulas.

En la localidad de Pulelo (41°55'44,13''S; 74°02'08,81''W), el 11 de abril de 2012, sector protegido del oleaje y de los vientos del norte, ubicado en el mar interior de Chiloé, se instalaron líneas tipo long line de cultivo experimental con líneas horizontales y verticales inoculadas con talos de *Callophyllis*. Por otra parte en la localidad de Chauman (41°47'29,96'' S; 73°57'30,75'' W), sector expuesto al oleaje y a los vientos del norte, el 12 de abril de 2012, se instalaron también líneas de cultivo con redes inoculadas con plántulas de *Callophyllis*.

En ambas localidades se instalaron redes, que habían sido previamente inoculadas con dos densidades de plántulas, alta y baja, las cuales como se señaló anteriormente fueron medidas al inicio del experimento. Ambas localidades, por su ubicación, poseen características físicas distintas entre sí. Estas características permite evaluar el comportamiento del cultivo de *Callophyllis variegata* en diferentes ambientes y en diferentes sistemas de cultivo.

En Pulelo se instalaron 2 líneas de cultivo de 6 metros de largo cada una, sobre una línea de cultivo vertical Long Line, usada por el sindicato para el cultivo de chorito las líneas de cultivo fueron colocadas a una profundidad aproximada de 3,5 m.

En la localidad de Caleta Chauman se instalaron 2 líneas de cultivo horizontales de 6 metros de largo cada una, en el fondo del mar a una profundidad de 4 metros y a 20 cm del fondo marino (roca). Estas líneas fueron ancladas al sustrato natural mediante un ancla y muerto de unos 300 kilos, además de forma precautoria las líneas fueron amarradas a rocas naturales existentes en la zona seleccionada.

En ambos casos se efectuaron controles cada 15 días inicialmente y luego mensualmente (Fig. 30 B).



Fig. 30. A) Redes con plántulas pequeñas listas para ser trasladadas al mar; B) Redes con algas después de permanecer durante 90 días en el mar.

7.2 Consideraciones en el cultivo de *Callophyllis variegata*

Periodo reproductivo:

- No se recomienda llevar a cabo esporulaciones durante los meses de diciembre a marzo. Si bien existen frondas reproductivas, las esporas no son viables.

Selección frondas tetraspóricas y cistocárpicas

- Cuando se seleccionan las frondas reproductivas, para identificar la fase tetraspórica se necesita la ayuda de un microscopio donde se pueden observar los tetrasporangios en la zona de los ápices. La identificación de la fase cistocárpica se puede realizar a simple vista, pero la persona que está identificando tiene que estar familiarizado con la especie, ya que es muy fácil de confundir con otras especies. *C. variegata* se caracteriza por presentar cistocarpos pequeños en los márgenes de la fronda (ver fotografía).
- Cabe mencionar que para llevar a cabo esporulaciones masivas se necesita de un gran volumen de algas, ya que sólo entre un 10-20% corresponde a alga reproductiva madura.

Lavado y limpieza de las frondas

- Cuando se hace el lavado de las frondas con agua dulce o potable se debe realizar con cuidado y dedicación

para eliminar las impurezas, fauna adherida y epífitos adheridos a las frondas y evitar romper el alga. Los enjuagues posteriores (con agua de mar filtrada y esterilizada con UV) deben ser abundantes con el fin de obtener frondas lo más limpias posible.

Esporulación e inoculación de redes

- Después de la deshidratación, se sugiere dejar las frondas sobre las redes (utilizadas para la inoculación) en estanques más pequeños (20 a 40 litros) a los que posteriormente se les adiciona agua de mar filtrada y esterilizada con UV durante un periodo máximo de 48 horas para evitar necrosamiento y deterioro de las frondas, lo que provocaría contaminación en el cultivo. En caso de observar el deterioro de las frondas antes de las 48 horas retirarlas inmediatamente. Y este cultivo o “sopa” de esporas se mantiene durante una semana, para asegurar el asentamiento y germinación de las esporas, pero antes se le adiciona o renueva cuidadosamente un volumen pequeño de agua, tratando de sacar el agua superficial para evitar el escape de las esporas. Posteriormente las redes inoculadas son trasladadas a un estanque de mayor volumen.
- Después de 10 a 12 días (de iniciada la esporulación), si hubo liberación de esporas, estas se observan a simple vista como manchas rosadas sobre las redes.
- Es importante destacar que durante la esporulación si no se ofrece un sustrato adecuado y al inicio de esta actividad, las esporas germinarán y se desarrollarán de forma libre dando origen a una plántula la que finalmente no se asentará ni adherirá a ningún tipo de sustrato ofrecido posteriormente.

Cultivo en estanques

- Los estanques permanecen tapados con malla Rachel sobretodo en la época estival, para evitar que les llegue demasiada luz, no hay que olvidar que *C. variegata* es un alga submareal.
- Durante el primer mes de cultivo, la manipulación de las redes es mínima, los cambios de agua se realizan cada 10 y después cada 7 días, en cada cambio se adicionan nutrientes: Bayfolan (fertilizante foliar). Al segundo mes, los cambios de agua son 2 veces por semana. Cuando se realiza limpieza de los estanques las redes inoculadas se retiran cuidadosamente y se dejan en recipientes más pequeños con agua de mar, para evitar el desprendimiento de los discos de *C. variegata*.
- Después del primer mes, se le adiciona aireación moderada a los estanques.
- Al mes y medio o segundo mes de cultivo ya se pueden observar a simple vista los discos fijados a las redes.

8 Usos de la “carola” en la cocina local

8.1 Características nutricionales de la “carola”

En las costas de Chile existen varias especies de algas comestibles. En la región de Los Lagos, se pueden encontrar en los roqueríos y en la zona submareal del litoral costero. Para cosechar algas y utilizarlas en el consumo directo, el colector debe al menos conocer y saber reconocer en terreno las variedades que se quiere cosechar y saber en qué época del año están aptas para consumo.

Como se mencionó en capítulos anteriores, la especie *Callophyllis variegata*, crece sobre roqueríos en el submareal, de manera que la colecta de “carola”, deberá efectuarse durante las horas de baja marea después de marejadas, para asegurar que se hayan desprendido frondas, las que serán arrojadas por las olas al litoral. Se deben escoger ejemplares lisos que no presenten verrugas o protuberancias (estructuras reproductivas tipo cistocarpos). Estos deben ser enjuagados con agua de mar y el exceso de agua se debe eliminar. Una vez en la cocina, se deben secar al sol o con aire caliente, ojala que queden las frondas flexibles con una humedad del 12 a 15%, para que no se rompan fácilmente. Cuidar de almacenar en un lugar seco y en oscuridad para no perder la pigmentación característica de esta especie.

Las algas se consumen desde hace siglos, se conoce que tienen propiedades medicinales y nutritivas. Entre las primeras se ha demostrado que frenan la acción cancerígena, ayudando a reducir tumores especialmente en el colon y mamas. Poseen anticoagulantes que mejoran la circulación de la sangre, efecto antibiótico combaten infecciones y actúan de manera selectiva en la flora intestinal, estimulan el funcionamiento del páncreas y bazo ayudando en la eliminación de toxinas. Los hidratos de carbono que poseen producen saciedad y ayudan a estimular la función del hígado, no incrementando la glucosa en la sangre, también tapizan la mucosa gástrica atenuando las irritaciones.

Aportan a la dieta vitaminas (E, provitamina A, betacarotenos, C y del grupo B), minerales (calcio, magnesio, potasio, yodo, zinc, selenio, cobalto), proteínas (aminoácidos esenciales y proteínas vegetales) y carbohidratos de calidad (manitol, ac. alginico).

Existen varias formas de cocinar las algas, se incluyen recetas y a continuación las características nutricionales de la “carola”.

Tabla 2. Análisis proximal y mineral de muestras de *Callophyllis variegata* no reproductiva

	PUÑIHUIL NOV. 2010	PUÑIHUIL JULIO 2011	CHAUMAN JULIO 2011
Humedad %	8,5	12,9	15,8
Proteínas % (Nx6.25)	22,5	21,6	19,2
Lípidos %	0,1	0,1	0,1
Ceniza %	33,6	29,5	26,1
Fibra Cruda%	4,3	4,8	4,6
Calorías Cal/100g	214,4	211,7	214,5
Carbohidratos Totales %	31,1	31,1	34,2
Na %	8	11,8	12,9
Hierro mg/kg	245	167	199
Fósforo Total %	0,13	0,36	0,16
Zinc mg/Kg	9,3	15,1	26,5
Calcio %	0,23	0,23	0,26
Magnesio %	0,42	0,4	0,4
Cobre mg/100 gr		2,5	1,8
Potasio %	0,84	0,54	0,59

8.2 Receta de Galletas de avena y algas

20 unidades aprox.



Fig. 31. Galletas de avena con algas

Procedimiento

- Mezclar mantequilla con azúcar y miel
- Agregar huevos
- Agregar ingredientes secos
- Adicionar algas secas picadas variedad *Callophyllis*
- Mezclar bien todos los ingredientes
- Poner cucharadas de la mezcla sobre lata horno
- Hornear durante 10 minutos a 180°C

8.3 Receta de Pan integral con algas

Se obtienen 4 panes grandes



Ingredientes

Harina trigo blanca 500 grs
Harina trigo integral 500 grs
Levadura seca 20 grs
Sal marina 20 grs
Agua 700 ml
Algas 80 gr
Aceite oliva 150 grs

Fig. 32. Pan con algas

Procedimiento

- Mezclar 1 taza de agua caliente con sal marina gruesa. Disolver completamente la sal y dejar enfriar
- En 1 taza de agua tibia agregar levadura y agitar hasta disolver completamente. dejar tapado en sitio tibio
- En un bol poner las harinas y se agrega en el centro la salmuera tibia, el aceite y el resto de agua
- Mezclar bien y agregar la levadura.
- Amasar suavemente.
- Cubrir la masa y dejarla descansar en un sitio tibio hasta que duplique su volumen.

- Separar la masa en 4 partes iguales.
- A cada parte agregar mientras se amasa, 20gr de algas secas picadas
- Poner masa sobre una mesa enharinada y aplanar suavemente con la palma de la mano
- Arrollar, dando forma de pan, hacer cortes superficiales con un cuchillo.
- Cada pan se deja leudar nuevamente 30 minutos.
- Hornear a temperatura de 140°C durante 15 min. El pan está listo cuando al introducir un palillo éste sale seco.
- Retirar del horno y cubrir con paño

Evaluación sensorial

Producto	Sabor	Textura	Color
Pan con algas	Suave sabor a algas	Textura agradable	Se observan trocitos de algas en la masa

Se obtiene pan con buenas características sensoriales y agradable textura y sabor. El alga presente en el pan aporta un leve y agradable sabor marino.

9 Glosario

Abrupto: refiérase a la forma en que terminan los ápices del talo de un alga, sin llegar a una definición morfológica característica o definida.

Alícuota: una cantidad mínima de una solución o preparado.

Asentamiento: Capacidad de las esporas para fijarse a un sustrato de cualquier tipo, sea una piedra, roca, concha, organismo sésil o móvil, etc., donde formará un disco que eventualmente llegará a desarrollarse en un individuo.

Asepsia: sin contaminación

Carpósporas: esporas de algas rojas provenientes de una estructura llamada cistocarpio, con dotación cromosómica $2n$.

Ciclo de vida: etapa completa de vida de un ser vivo

Cistocárpica: estado o fase reproductiva en algas rojas, provenientes de la reproducción sexual, cuyos productos (esporas) tienen una dotación cromosómica $2n$.

Cistocarpio: expresión morfológica de la fase carposporofítica o cistocárpica, que crece en la planta sexual femenina de las algas rojas como una protuberancia externa y que contiene células reproductivas del tipo esporas, $2n$.

Consistencia membranosa: refiérase a la textura flexible, no dura del talo de un alga.

Dicótoma: tipo o patrón de ramificación del talo de un alga que divide dos segmentos iguales

Dioicos: en la reproducción sexual, se aplica a la existencia de sexos en organismos separados

Disectado: Talo o cuerpo muy dividido en segmentos muy finos o delgados.

Endémica: planta o alga, cuya distribución geográfica está restringida a una localidad o sitio geográfico determinado, sin encontrarse en otro lugar.

Esporofítica: Fase reproductiva asexual de las algas rojas que diferencia células reproductivas o esporas de dotación cromosómica " n "

Estipe: parte basal del talo de las algas, originada a partir del disco de fijación, que sostiene la fronda o parte superior del alga.

Fico-hatchery: Infraestructura del tipo invernadero para el cultivo de algas en laboratorio.

Flabelado: patrón de ramificación en que los segmentos divididos se extienden en un plano, tipo abanico

Forma Truncada: refiérese a los ápices que dan una apariencia cortada sin llegar a definirse en una forma típica.

Fronda: llámase a la parte visible y más conspicua del talo de las algas, semejante pero no igual a las hojas o partes aéreas de una planta terrestre.

Gametofito: fase reproductiva sexual de las algas rojas de dotación cromosómica "n"

Germinación: proceso por el cual una espora se desarrolla hasta formar un nuevo individuo

Habito palmado-flabelado: Refiérese a la forma morfológica externa del talo de un alga que adquiere la forma de una mano extendida, con segmentos dispuestos en un plano.

Histológico: estudio de los tejidos o "pseudotejidos", en el caso de las macroalgas, que conforma su estructura morfoanatómica interna

In situ: en el lugar

Isomórfico: de igual forma, que dos organismos son morfológicamente iguales

Lacinado: refiérese a los ápices y segmentos repetidamente divididos del talo de las macroalgas

Médula: conjunto de células que forma una especie de tejido diferenciado en la parte interna del talo de las algas, incluye por lo general, varias capas de células.

Morfo: se refiere a un individuo con características morfológicas distintivas, en una serie morfológica

Necrosis: muerte de tejido celular

Ostíolo : poro de salida de las esporas de una estructura particular, en un alga reproductiva

Pseudoparenquimatoso : patrón de desarrollo morfológico en las algas rojas donde los filamentos se agregan densamente unidos semeando un verdadero tejido o parénquima.

Rama carpogonial: conjunto de células de un filamento vegetativo que se modifica o diferencia en el tejido interno de un alga roja para sostener al carpogonio o célula reproductiva femenina en la fase sexual de un alga.

Semiexpuesto: refiérese al tipo de ambiente en la zona intermareal de la costa, caracterizado por ser intermedio, entre expuesto y protegido del oleaje.

Senescente: estructura que han comenzado a envejecer.

Seriado: cualquier estructura que se dispone en serie, repetidamente una al lado de la otra.

Subdicótoma: tipo o patrón de ramificación que no alcanza a dividir segmentos exactamente iguales.

Talo: cuerpo vegetativo de las algas que no diferencia estructuras definidas que vayan a cumplir funciones diferenciadas en el organismo ,como ocurre en las plantas superiores.

Tetrasporangio: célula modificada que en su interior forma o divide cuatro esporas de dotación cromosómica "n" , producto de la division meiótica

Tetráspora: espora de origen asexual, producto de la meiosis, con dotación cromosómica "n"

Trifásico: que posee tres fases

Vegetativa: en las macroalgas, se refiere al crecimiento del talo, producto de la división celular donde aún no ocurre la diferenciación de células reproductivas.

10 Referencias

- Abbott IA, Norris RE (1965) Studies on *Callophyllis* (Rhodophyceae) from the Pacific coast of North America. *Nova Hedwigia* 10: 7-84.
- Arakaki N, Alveal K, Ramirez ME, Fredericq S (2012) The Genus *Callophyllis* (Kallymeniaceae, Rhodophyta) From Central-South Chilean Coast (33° to 41° S), with the description of two new species. *Revista Chilena de Historia Natural* 84: 418-499.
- Avila M, Mansilla A, Caceres J, Godoy J, Ramirez ME, Ocaranza P (2012) Estudio Poblacional comparativo en *Callophyllis variegata* (Bory, Kutzing) en la región de Los Lagos y de Magallanes, Chile. III Congreso Latinoamericano de Biotecnología Algal CABA 16-18 Enero 2012 Concepción, Chile Resumen p. 310
- Buschmann AH, Correa JA, Westermeier R, Hernández-González MC, Norambuena R (2001). Cultivation of red algae in Chile: a review, *Aquaculture*, 194: 203 – 220.
- Buschmann AH, Hernández-González MC, Varela D (2008) Seaweed future cultivation in Chile: perspectives and challenges. *Int. J. environment and pollution*, 33(4): 432 – 456.
- Escalona M, Hernández M, Guttler P, Filun L, Aroca G, Vidal L, Cifuentes M, Westermeier R, Buschmann AH (1998) Abundancia, fenología y cultivo de *Callophyllis variegata* (Bory) Kützing (Rhodophyta): un alga comestible. Resumen XVIII Congreso Ciencias del Mar Sociedad chilena de Ciencias del Mar, Iquique, Chile, 04-08 mayo p. 156.
- Filun L, Reyes B, Espinoza E, A, Buschmann AH, Westermeier R (1999) Ecología de *Callophyllis variegata* (Gigartinales, Rhodophyta) en Punta Corona (Isla de Chiloé). Resumen XIX Congreso Ciencias de Mar Sociedad Chilena de Ciencias del Mar, Antofagasta, Chile, 03-07 Mayo. p. 108.
- Guiry MD, Guiry GM (2012) *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 12 August 2012.
- Güttler P (2000) Dinámica poblacional de *Callophyllis variegata* (Rhodophyta, Kallymeniaceae) y especies asociadas en Punta Corona (Ancud, Chiloé), Práctica profesional. Universidad de los Lagos, Osorno, Chile. P.64.
- Hernández-González MC, Aroca G, Furci G, Buschmann AH, Filún L, Espinoza R (2010) Population dynamic and culture studies of the edible red alga *Callophyllis variegata* (Kallymeniaceae) *Phycological Research* 58: 108-115.

- Hoffmann A, Santelices B (1997) Flora Marina de Chile central, Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. p 434.
- Kützing FT (1843) Phycologia generalis oder anatomie, physiologia and systemkunde der tange. Brockhaus, Leipzig.
- McLachlan J (1973) Culture media – marine. En Stein, J. (Ed.) Handbook of Phycological Methods. Cambridge University Press, Cambridge, 25- 51 pp.
- Ramírez ME, Santelices B (1991) Catálogo de las algas marinas bentónicas de la costa templada del Pacífico de Sudamérica. Monografías Biológicas 5: 1 – 437.
- Santelices B (1989) Algas Marinas de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, 399 pp.
- Wendy Guiry in Guiry MDR Guiry (2012) Algaebase worldwide electronic publication, National University of Ireland, Galway <http://www.algaebase.org>
- Wommersley HBS, Lewis JA (1994) Family Halymeniaceae Bory 1828: 158 In: The marine benthic flora of Southern Australia Part III A *Bangiophyceae and Florideophyceae (Acrochaetiales, Nemaliales, Gelidiales, Hildebrandiales and Gigartinales sensu lato)* Wommersley H.B.S. pp 167-218 Canberra: *Australian Biological Resources Study*.

MANUAL DE CULTIVO DEL ALGA COMESTIBLE

Callophyllis variegata (Bory) Kützing (“Carola”) en el Sur de Chile

“ Proyecto FONDEF D0811067: Biología y cultivo del alga roja comestible

Callophyllis variegata en el sur de Chile”



Universidad
ARTURO PRAT
del Estado de Chile

ISBN: 978-956-351-668-5

