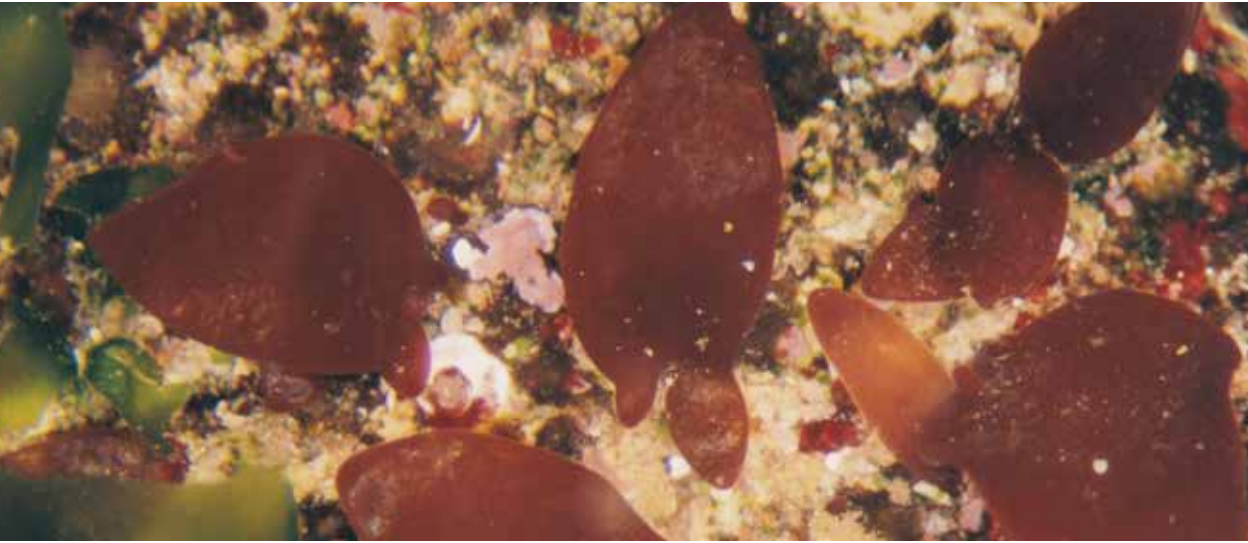


# Manual de una técnica para el repoblamiento de la luga negra, *Sarcothalia crispata* (Bory) Leister (Rhodophyta, Gigartinales), en praderas naturales, Región del Biobío.

FONDEF-HUAM AQ12I0004  
UCSC UST



**UCSC**



**FONDEF**  
Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico

# **Manual de una técnica para el repoblamiento de la luga negra, *Sarcothalia crispata* (Bory) Leister (Rhodophyta, Gigartinales), en praderas naturales, Región del Biobío.**

## **EQUIPO DE TRABAJO PARA LA PRODUCCIÓN DE ESTE MANUAL**

Ricardo D. Otaíza (Director de Proyecto), Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción.

Julián H. Cáceres (Director Alterno), Centro de Investigación e Innovación para el Cambio Climático (CiiCC), Universidad Santo Tomás, Santiago.

## **COLABORADORES**

Alvaro Sanhueza (Investigador Principal UCSC)

Edna Barrientos (Investigador UCSC)

## **Este documento debe ser citado como:**

Otaíza, R.D. y J. Cáceres, 2015. Manual de una técnica para el repoblamiento de la luga negra, *Sarcothalia crispata* (Bory) Leister (Rhodophyta, Gigartinales), en praderas naturales, Región del Biobío. Proyecto FONDEF-HUAM AQ12I0004. 44 páginas.

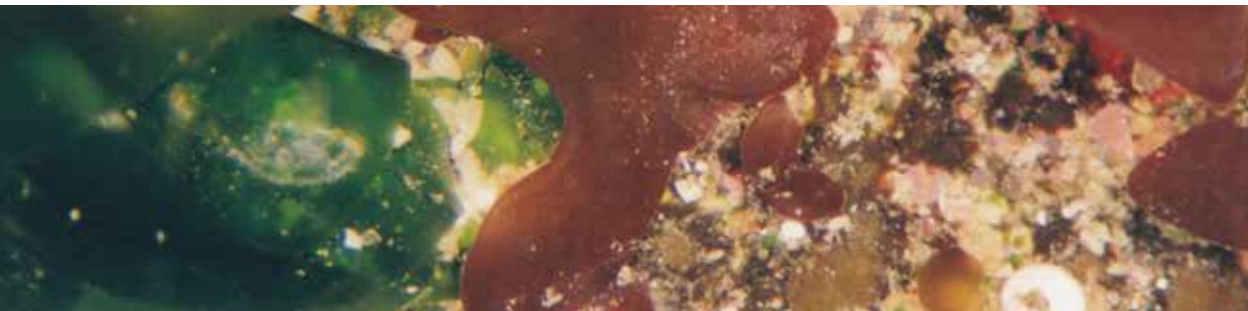
Registro de propiedad intelectual N°258539

Diagramación: Karla Osses, patagonmedia.com



# Contenido

Introducción	02
1. Biología de la luga negra	06
1.1 Distribución, hábitat y herbívoros de la luga negra	06
1.2 Morfología y crecimiento de la luga negra	08
1.3 Ciclo de vida de la luga negra	12
1.4 Tipos de reproducción de la luga negra	14
1.5 Ciclo productivo de la luga negra	16
2. Técnica de repoblamiento de la luga negra	20
2.1 Planificación de las actividades	22
2.2 Selección de los sitios	24
2.3 Materiales y actividades de montaje	28
2.4 Procedimiento de control	38
Agradecimientos	40
Referencias sobre la luga negra	42






Fig. 1. Huiro negro, cochayuyo y luche en la zona baja de roquerío intermareal.

# Introducción

Las macroalgas son organismos comunes en las costas rocosas. Muchas de ellas habitan los roqueríos, donde son importantes como uno de los niveles iniciales de las cadenas tróficas de los fondos rocosos. Además, algunas pueden formar bosques o praderas, siendo parte del hábitat donde se desarrollan otros organismos.

## MACROALGAS COMO RECURSOS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA

Algunas especies de macroalgas son recursos de importancia económica (Figs. 1 y 2). En Chile, el luche y el cochayuyo han sido tradicionalmente consumidos en forma directa por los seres humanos. Algunas macroalgas han sido usadas como alimento para invertebrados en prácticas de acuicultura o se exportan como alimento para humanos en países asiáticos, como es el caso de la chicoria de mar.

Sin embargo, la principal razón por la cual se cosecha la mayor cantidad de algas en Chile es para la extracción de ficocoloides. Estos corresponden a compuestos como gelatinas y espesantes que tienen un amplio uso en la industria alimenticia y farmacéutica, y también tienen diferentes tipos de aplicaciones biotecnológicas, entre

muchos otros usos comerciales. A este grupo de algas pertenece el pelillo, la luga roja, la luga negra y la luga corta, la chicoria de mar, la chasca y algunas otras algas rojas, junto con algunas algas pardas, como los huiros.

En Chile, la recolección o cosecha de las macroalgas es realizada principalmente por pescadores artesanales y recolectores de orilla (Fig. 3). El sector alguero en Chile generó más de 2.500 puestos de trabajo, y exportaciones anuales cercanas a US\$554 millones durante el año 2014 (Boletín Anual Económico, IFOP 2015). Por esta razón, la generación de acciones que favorezcan la producción algal tendrá un efecto socio-económico directo en este grupo de personas.



## CULTIVO Y REPOBLAMIENTO DE MACROALGAS

La importancia económica de las macroalgas ha promovido el desarrollo de técnicas de cultivo para diversos recursos chilenos. Tal vez el ejemplo más exitoso de una técnica para la producción masiva de algas en Chile ha sido la técnica desarrollada para el pelillo, *Gracilaria chilensis*, que ha podido ser implementada en forma repetida y exitosa en muchas localidades a lo largo de la costa. Para otros recursos algales, sin embargo, las técnicas de cultivo aún no han sido masificadas, y los desembarques continúan proviniendo de la recolección o cosecha a partir de praderas naturales.

El desarrollo de técnicas de repoblamiento o de restauración de praderas de macroalgas, como una medida de manejo de praderas naturales, es otra herramienta que favorece la producción de algas de importancia económica. La técnica de repoblamiento propuesta en este manual está orientada a recuperar la capacidad productiva en sitios donde la abundancia

de luga negra ha disminuido ya sea por explotación, por desastres naturales o por impacto de actividades humanas en las zonas costeras. Esta técnica también puede ser aplicada para extender praderas o aumentar la abundancia de la luga negra en praderas ya existentes, e incluso para instalar praderas en zonas que presentan las condiciones apropiadas para el recurso, aumentando la capacidad de producción de algas.



Fig. 3. Secado de luga negra en Caleta Cocholgüe.

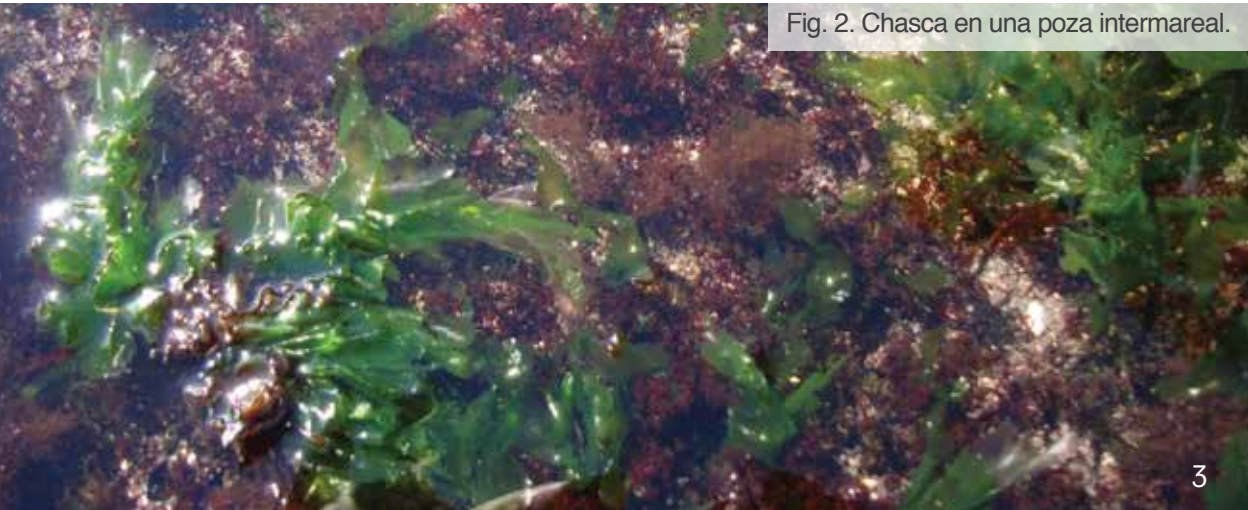


Fig. 2. Chasca en una poza intermareal.

Fig. 4. Izquierda: chicoria de mar (*Chondracanthus chamissoi*), centro: luga negra (*Sarcothalia crispata*) y derecha: luga corta o luga cuchara (*Mazzaella laminarioides*).



## PROYECTO FONDEF-HUAM AQ12I0004

Con el objetivo de proponer técnicas de repoblamiento para algunos recursos algales en la Región del Biobío se desarrolló el proyecto FONDEF-HUAM AQ12I004 **"Estrategias Tecnológicas para la restauración y aumento productivo en algas rojas de alto impacto económico-social: repoblamiento como mecanismo para potenciar el rol de las áreas de manejo de la región del Bío Bío"**. En este proyecto propusimos generar técnicas de repoblamiento para tres recursos algales: la chicoria de mar (*Chondracanthus chamissoi*), la luga negra (*Sarcothalia crispata*) y la luga corta o luga cuchara (*Mazzaella laminarioides*) (Fig.4).

Los aspectos biológicos enfatizados para cada recurso fueron diferentes: para la chicoria de mar fue la adhesión secundaria de fragmentos, para la luga negra fue la reproducción vía esporas en ambientes submareales, y para la luga corta fue la reproducción vía esporas en ambientes intermareales. En conjunto, se propusieron tres mecanismos para el repoblamiento de

macroalgas, los que pueden ser usados como modelo para su aplicación a otras especies. Ligado al desarrollo de las técnicas de repoblamiento, el proyecto contempló el traspaso o transferencia de estas tecnologías a los usuarios finales, los miembros de los sindicatos de pescadores artesanales (Fig. 5). Para conseguir este objetivo, fue necesario conceptualizar la transferencia ya no como un proceso de entrega de instrumentos que generan valor económico, sino más bien como un proceso de educación tecnológica unido al fortalecimiento o desarrollo progresivo de capacidades, a lo largo del cual los beneficiarios del proyecto tienen que ir adquiriendo progresivamente las competencias teóricas y prácticas necesarias para aplicar las tecnologías de manera autónoma. Para aquello, en forma paralela a las actividades experimentales de repoblamiento o restauración de macroalgas, se realizaron actividades de transferencia tecnológica. En este sentido, se adoptó el concepto de Desarrollo de Capacidades o Capacity Building (FAO 2010) como eje conductor.

\*FAO 2010: Evaluación de las actividades de la FAO relativas al desarrollo de la capacidad en África. Informe Final. PC 104.

Fig. 5. Actividades de capacitación con socios de cada uno de los tres sindicatos participantes en el proyecto. Estos son (de izquierda a derecha) los Sindicato de Pescadores Artesanales de Caleta Cocholgüe, de Cerro Verde y de Puerto Viejo Punta Lavapié.



## ESTE MANUAL

En este manual se describen los procedimientos de una técnica de repoblamiento para la luga negra. Esta técnica está basada en los resultados experimentales obtenidos durante la ejecución del proyecto FONDEF-HUAM AQ12I0004. Una de las condiciones propuestas fue **generar una técnica sencilla, de bajo costo y eficaz** para generar nuevos individuos en los ambientes naturales, y que además fuese respetuosa con el medio ambiente.

El procedimiento propuesto no debiera representar dificultades para su implementación. Con su experiencia, los socios de los sindicatos podrán aplicar, y si es necesario, ajustar la técnica aquí descrita a las condiciones particulares de los sitios de su interés, aunque el apoyo técnico de asesores puede facilitar su implementación, al menos al comienzo de las experiencias.

Este manual está dividido en dos partes.

En la primera parte se presentan algunos aspectos de la biología de la luga negra. Se comienza con una breve descripción de la distribución y hábitat de la luga negra y se indican sus principales herbívoros (1.1). Luego, se incluyen algunos aspectos de su morfología (1.2), y de su ciclo de vida (1.3), los tipos de reproducción que presenta (1.4) y su ciclo productivo (1.5). Se espera que esta información facilite la comprensión de los procedimientos propuestos en la descripción de la técnica de repoblamiento. En la segunda parte se presentan las actividades relacionadas con la técnica de repoblamiento. Se dan algunas sugerencias para la planificación de las actividades (2.1) y la selección de los sitios (2.2). Luego se indican los principales materiales necesarios para desarrollar la actividad y se describe la actividad de montaje (2.3). Finalmente se incluye la descripción de un procedimiento de control de la actividad (2.4). Este manual también incluye una lista de estudios recientes sobre la luga negra.






Fig. 7. Lámina de luga negra en hábitat submareal.

# 1. BIOLOGÍA DE LA LUGA NEGRA

## 1.1 DISTRIBUCIÓN, HÁBITAT Y HERBÍVOROS DE LA LUGA NEGRA

El nombre científico actual de la luga negra es *Sarcothalia crispata* (Bory) Leister (Rhodophyta, Gigartinales). Sin embargo, hace algunos años, esta misma especie fue conocida como *Iridaea ciliata*, (por ejemplo, ver los Anuarios de SERNAPESCA 2001 o anteriores donde es reportada como luga-luga en conjunto con la luga corta). En algunas regiones, la luga negra también es conocida como luga paño o luga lija.

Es endémica a las costas de Chile y Argentina. En Chile se encuentra desde Valparaíso hasta Tierra del Fuego. Sin embargo, es poco habitual encontrar praderas submareales al norte de la Región del Biobío.

### HÁBITAT DE LA LUGA NEGRA

En la Región del Biobío, la luga negra crece sobre sustratos rocosos, principalmente desde la zona intermareal inferior hasta roqueríos submareales, de no más de 10 m de profundidad. En zonas intermareales (Fig. 6) se encuentra desde roqueríos de mediana exposición al oleaje hasta roqueríos expuestos, y en algunos lugares alcanza a formar una banda por sobre el límite superior de *Lessonia spicata* (el chascón o huiro negro). En zonas submareales (Fig. 7) es abundante en fondos rocosos con abundante flujo de agua, donde puede



Fig. 6. Luga negra en zona baja de roquerío intermareal.

Fig. 8. Sustratos con algas crustosas calcáreas y caracoles (*Tegula* sp.).

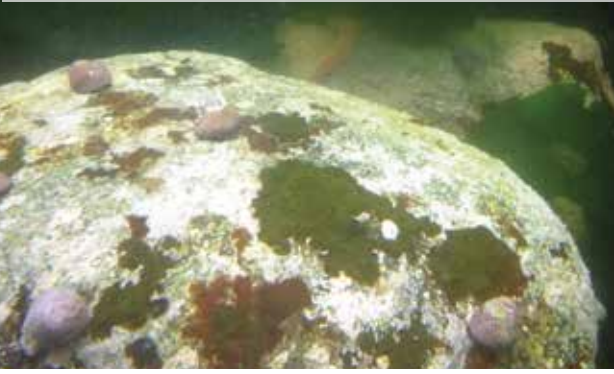


Fig. 9. Erizos negros y algas crustosas calcáreas.

formar extensas praderas, constituyéndose como una especie dominante. Su abundancia disminuye hacia sitios más tranquilos. Crece principalmente sobre sustratos rocosos, despejados y bien iluminados, usualmente cubiertos por algas crustosas calcáreas que forman una costra

rosada o blanquecina sobre la mayoría de las rocas submareales someras (Figs. 8 y 9).

#### ORGANISMOS QUE SE ALIMENTAN DE LA LUGA NEGRA

La abundancia de la luga negra puede verse afectada por la acción de otros organismos. Un grupo importante son los herbívoros, ya que pueden comerse las láminas, las esporas o los juveniles. Los principales herbívoros de la luga negra son erizos, peces y moluscos. Los erizos (Fig. 9), especialmente los erizos negros, que pueden ser muy abundantes, son herbívoros voraces y pueden consumir láminas de luga negra. Peces pueden perforar las láminas reproductivas, cortando pequeños fragmentos o haciendo perforaciones de forma variada. Entre los moluscos, los caracoles pueden subirse a las láminas maduras y consumir las estructuras reproductivas. Más aún, caracoles, lapas de diferentes tipos y chitones (Figs. 10, 11 y 12) son capaces de remover las etapas tempranas de desarrollo, como las esporas y los juveniles.

Fig. 10. Lapa (*Fissurella* sp.).



Fig. 11. "Lapa" (*Nacella* sp.).



Fig. 12. Chitón (*Tonicia* sp.).



## 1.2 MORFOLOGÍA Y CRECIMIENTO DE LA LUGA NEGRA

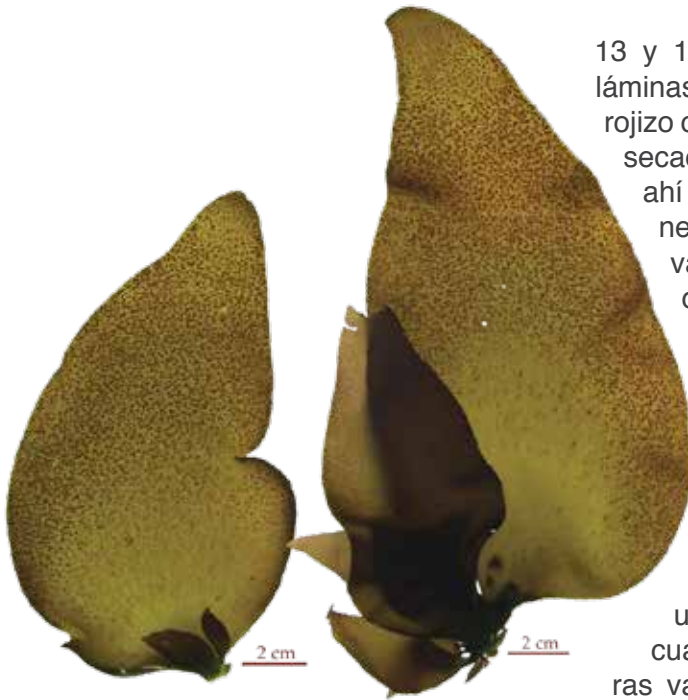


Fig. 13. Individuos jóvenes de luga negra mostrando una lámina grande y reproductiva y varias láminas más pequeñas. Estas láminas se ven de color claro porque estas fotos fueron tomadas con luz desde el fondo.

La morfología de la luga negra es bastante simple. Cada individuo está compuesto por una o varias láminas que crecen a partir de un disco basal.

Las **láminas** carecen de ramificaciones, son lisas, aplanadas y sus márgenes pueden ser algo ondulados (Figs.

13 y 14). Cuando están frescas, las láminas son de color rojo púrpura o café rojizo o amarillento, pero cuando se han secado se tornan muy oscuras. De ahí su nombre común de "luga negra". La forma de las láminas varía desde redondeada a alargada y, cuando las partes más basales han crecido como lóbulos hacia la base, la lámina puede tomar forma como corazón. Comúnmente las láminas maduras alcanzan una longitud de entre 20 y 40 cm, pero no es raro encontrar algunas láminas de longitud cercanas a un metro, e incluso más. En cuanto al ancho, las láminas maduras varían usualmente entre 10 y 30 cm de ancho. Las láminas presentan un **estipe** cilíndrico muy corto (Fig. 18), de sólo unos pocos milímetros de longitud, que la une al disco basal.

El margen de las láminas presenta uno de los aspectos distintivos de la luga negra. En la parte más basal, el margen presenta gran cantidad de pequeñas **papilas** o puntitas muy delgadas (Figs. 15 y 16), que raramente sobrepasan 1 mm de longitud. Estas papilas pueden ser simples o ramificadas. Son claramente perceptibles cuando el alga está seca. En algunos individuos, la presencia de papilas se



extiende a la mayor parte del margen, e incluso puede haber papilas en el margen de alguna perforación que haya sufrido esa lámina. Además, en algunos individuos puede observarse papilas en la superficie de la lámina (Fig. 17), lo que le da una sensación áspera cuando está seca. De ahí el nombre común de "luga lija" en algunos sectores de la costa interior de Chiloé.

El **crecimiento** de las láminas ocurre en toda su superficie, aunque es claramente mayor en la zona apical. Es muy frecuente encontrar láminas en las que se ha rasgado la punta o una parte mayor de tejido mostrando un corte más o menos recto (Fig. 14b). La zona del corte cicatriza, pero no vuelve a crecer. En la luga negra, estos bordes cortados nunca presentan rebrotes o pequeñas laminitas. Por otra parte, luego de la maduración reproductiva, las láminas comienzan a desintegrarse (**necrosis**) desde la punta hacia la base. En estos casos, el margen se pone blando

y decolorado, amarillento o verdoso, y parece roto en forma irregular (Fig. 14d).

La morfología de láminas que crecen en la zona intermareal puede ser un poco diferente a lo descrito para láminas submareales. Las láminas de individuos intermareales son más pequeñas, usualmente no superando los



Fig. 14. Láminas de luga negra. a) lámina redondeada, b) lámina con punta cortada, c) lámina de gran tamaño, d) lámina senescente con necrosis. La barra al costado de cada figura corresponde a 10 cm en cada caso. La flecha roja indica la posición del disco de adhesión. Las láminas se ven negras porque estas fotos fueron tomadas sólo con luz incidente.





25 cm de longitud. Además, desde un mismo disco basal suelen crecer varias láminas que alcanzan tamaño similar, y que son más delgadas y pálidas que las láminas submareales.

El **disco basal** (o disco de adhesión) es aplanado y circular, y puede alcanzar unos 2 cm de diámetro (Figs. 18, 19 y 20). Es del mismo color o un poco más pálido que las láminas. El disco presenta numerosas láminas muy pequeñas de sólo unos pocos mm de longitud, que se curvan hacia el margen del disco (Fig. 18 y 20).

Un disco basal usualmente presenta una sola lámina en proceso de desarrollo o maduración, mientras que las demás permanecen pequeñas (Fig. 18). Cuando la lámina principal ha madurado y comienza a desintegrarse (necrosis), otra lámina se desarrolla y la

reemplaza. Esta nueva lámina puede originarse a partir del disco basal, pero también puede desarrollarse como un lóbulo que se ramifica a partir de la base de la lámina principal o desde el estipe de la lámina principal (Fig. 21). Cuando se observan varias láminas creciendo desde un mismo disco (Fig. 19) es posible que, en realidad, se trate de varios discos diferentes que se han fusionado y están creciendo juntos.

Los discos basales pueden sobrevivir por varios años y rebrotar sucesivamente a lo largo de diferentes estaciones de crecimiento. Cuando la cosecha de luga negra se realiza tirando o arrancando las láminas, es frecuente que se remueva la lámina principal y una parte variable del disco basal. Este disco basal puede cicatrizar y rebrotar, sin embargo también podría



Fig. 18. Disco con sólo un estipe, y muchas láminas pequeñas.

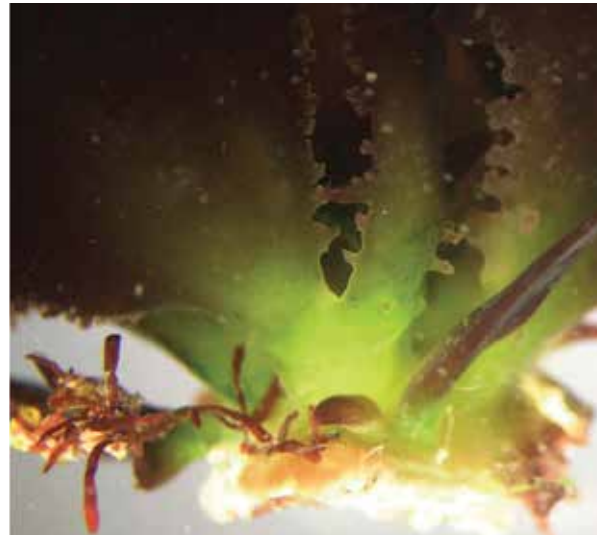


Fig. 19. Disco con varios estipes.



Fig. 20. Disco con pequeñas láminas.

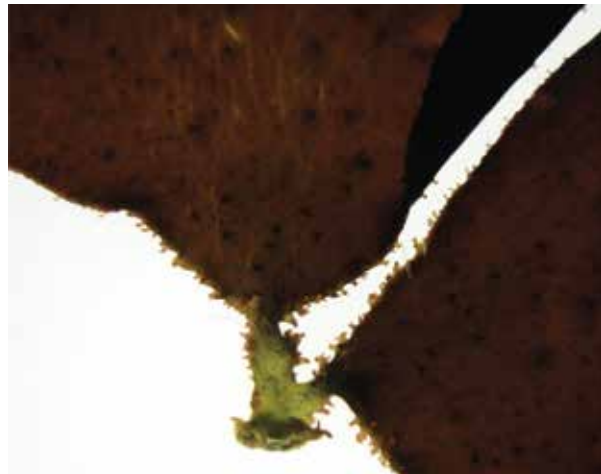


Fig. 21. Estipe ramificándose desde otro estipe.

morir, dependiendo de la época del año en que ocurre la remoción. Por esta razón es conveniente cuidar los discos basales al momento de la cosecha ya

que se favorece la supervivencia de los individuos y la producción de nuevas láminas en la siguiente época de crecimiento.

# 1.3 CICLO DE VIDA DE LA LUGA NEGRA

La luga negra, al igual que muchas algas rojas, presenta tres etapas o **fases** a lo largo de su **ciclo de vida** (Fig. 22). Estas son las fases **tetraesporofítica, gametofítica y carpoesporofítica**. Este ciclo de vida se denomina "ciclo de vida trifásico". En la luga negra estas fases pueden ser reconocidas por las siguientes características.

Los individuos de la **fase tetraesporofítica** (o también llamados láminas tetraesporicas o tetraesporofitos) cuando están maduros presentan pequeñas manchas oscuras redondeadas o elípticas (llamadas **soros tetraesporangiales**). Cada soro produce miles de **esporas**, que en este caso se llaman **tetrásporas**. Las tetrásporas son muy pequeñas y no se ven a simple vista. Estas son liberadas al agua, y las corrientes marinas las dispersan y transportan por el mar. Una vez que se asientan (adhieren) en la superficie de una roca, germinan y crecen formando un disco que luego genera pequeñas láminas gametofíticas juveniles.

La siguiente fase es la **fase gametofítica**. Los gametofitos crecen

a partir de tetrásporas. Se producen dos tipos de gametofitos, los masculinos y los femeninos. Las láminas masculinas son más pálidas y delgadas que las femeninas. Las estructuras reproductivas de los gametofitos no son visibles a simple vista. La fecundación (reproducción sexual) ocurre entre estos gametofitos.

Como resultado de la **fecundación** entre gametofitos masculinos y femeninos se forma una nueva fase, la **fase carpoesporofítica**. Los **carpoesporofitos** corresponden a individuos diminutos que crecen en el interior de la lámina femenina y forman estructuras como pequeñas manchas oscuras y redondeadas (llamados **cistocarpos**), de 1-2 milímetros de diámetro. Los cistocarpos son muy visibles y reconocibles a simple vista. Las láminas femeninas que tienen estas estructuras usualmente son llamadas "láminas cistocárpicas". Cada carpoesporofito produce miles de **esporas**, que en este caso se llaman **carpósporas**. Las carpósporas son muy pequeñas, y son dispersadas por las corrientes marinas. Una vez que se asientan sobre las rocas, germinan y crecen formando tetraesporofitos, cerrando el ciclo.

En este tipo de ciclo de vida cada fase corresponde a un individuo diferente, que no cambia a otra fase. Los gametofitos son masculinos o femeninos durante toda su vida. Lo mismo ocurre con los tetraesporofitos y también con los carpoesporofitos. El paso de una fase a otra ocurre sólo a través de la reproducción por esporas o a través de la fecundación.

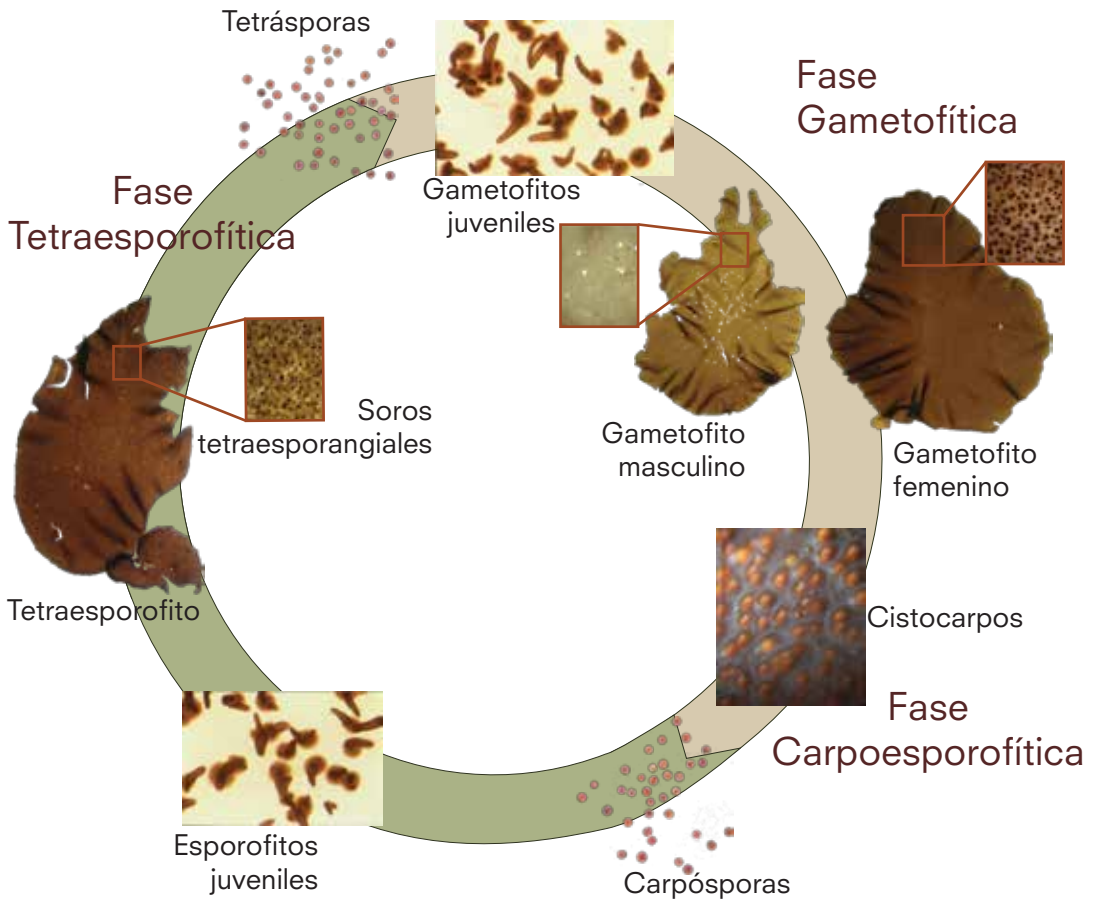


Fig. 22. Ciclo de vida de la luga negra (*Sarcothalia crispata*). Las diferentes figuras no están a la misma escala.



# 1.4 TIPOS DE REPRODUCCIÓN DE LA LUGA NEGRA

La reproducción se refiere a la capacidad de producir más individuos. Las algas marinas presentan los tres tipos de reproducción más comunes: reproducción sexual, reproducción a través de esporas y reproducción a través de fragmentos. **¿Cuál de estos tipos de reproducción es más favorable para hacer actividades de repoblamiento de luga negra?**

La **reproducción sexual** está presente en casi todos los organismos vivos. Esta se refiere a la unión de gametos masculinos y femeninos, lo que produce un nuevo individuo. En las algas rojas, incluida la luga negra, la reproducción sexual produce los carposporofitos, pero estos individuos crecen en forma parásita dentro de las láminas femeninas, por lo que no pueden ser usados en forma directa para repoblamiento.

El segundo tipo de **reproducción** ocurre **a través de las esporas**. Sin embargo, como se indicó en el ciclo de vida, en la luga negra, al igual que en la mayoría de las algas rojas, se producen dos tipos de esporas: las tetrásporas y las carpósporas (Fig. 22). Estos dos tipos de espora presentan algunas diferencias en viabilidad y superviven-

cia de los juveniles en condiciones de cultivo de laboratorio, pero no se tienen resultados claros sobre si estas leves diferencias producirían resultados distinguibles en una siembra en el ambiente natural.

El tercer tipo de **reproducción** ocurre **a través de fragmentos**. Algas como el pelillo (*Gracilaria chilensis*) pueden ser multiplicadas en forma importante a través de fragmentos que se entierran en los sedimentos del fondo marino en forma similar como sería enterrar "patillas" en las plantas de jardín. La chicoria de mar (*Chondracanthus chamissoi*) también presenta la capacidad de generar nuevos individuos a través de la adhesión secundaria de fragmentos. En cambio, un mecanismo de este tipo no se ha descrito para la luga negra.

La reproducción por esporas es el mecanismo de reproducción más apropiado para realizar actividades de repoblamiento, y es el que se ocupa en la técnica presentada más adelante en este manual. Debe tenerse en cuenta que una siembra con tetrásporas dará origen a individuos gametofíticos, mientras que una siembra con carpósporas dará origen a individuos esporofíticos.



Luga negra en su hábitat submareal.  
(Fotografía: Felipe Opazo Mella)

## 1.5 CICLO PRODUCTIVO DE LA LUGA NEGRA

Aparte del ciclo de vida, donde se alternan las fases y tipos de reproducción, es posible describir otro ciclo para las algas. A lo largo de las estaciones del año, las láminas pasan por las etapas de crecimiento, maduración y liberación de esporas, y finalmente senescencia. Hay épocas del año cuando la mayoría de los discos en una pradera presentan láminas en una determinada etapa. Además, esta secuencia de cambios se repite año tras año. Este es el ciclo productivo.

La descripción que sigue se refiere a la ocurrencia de las diferentes etapas del desarrollo y maduración por las que pasan las láminas. Se indica, además, la época del año en que esa etapa es más frecuente en praderas de la Región del Biobío. Sin embargo, esto puede diferir en otras latitudes. La importancia de conocer el ciclo productivo es que indica la época cuando es más fácil encontrar láminas con algunas características particulares. Además, es posible conocer la época del año en que ocurren algunos procesos naturales, como por ejemplo la época cuando ocurre la liberación de

esporas. Esta información puede usarse en la planificación de actividades de repoblamiento.

Como etapa inicial se puede considerar la etapa de crecimiento, cuando las láminas son "jóvenes", o también llamadas vegetativas ya que no han desarrollado aun las estructuras reproductivas (soros o cistocarpos). En esta etapa las láminas son pequeñas y delgadas, y presentan usualmente rápido crecimiento. Para la luga negra, se puede encontrar láminas vegetativas durante todo el año, pero en la Región del Biobío son más abundantes al inicio de la primavera, y representan la mayor parte de la población. Estas láminas pueden corresponder a nuevos individuos creciendo desde esporas, o también a láminas que crecen como rebrotes desde discos basales que quedaron del año anterior.

La siguiente es la etapa de maduración reproductiva. Las láminas crecen a tamaño mediano a grande, y



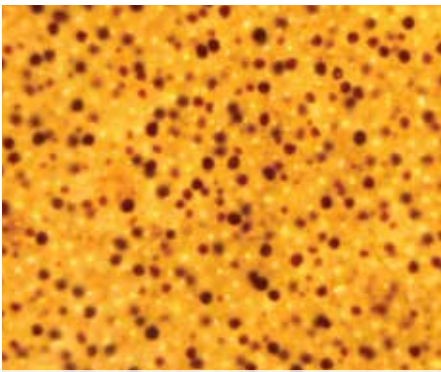


Fig. 23. Lámina tetraesporica vista al trasluz, los soros se ven como pequeños puntitos.

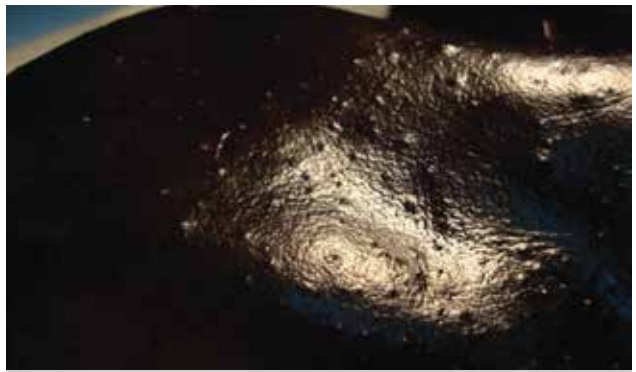


Fig. 24. Lámina tetraesporica con soros tetrasporangiales que no sobresalen de su superficie.

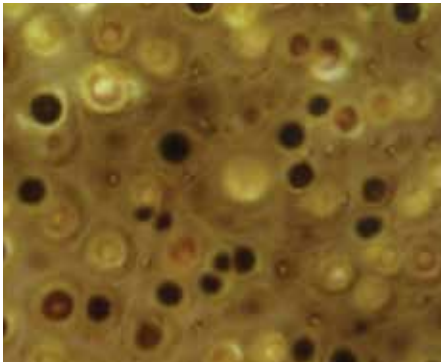


Fig. 25. Lámina femenina con cistocarpos vistos trasluz, los cistocarpos se ven como puntos grandes.

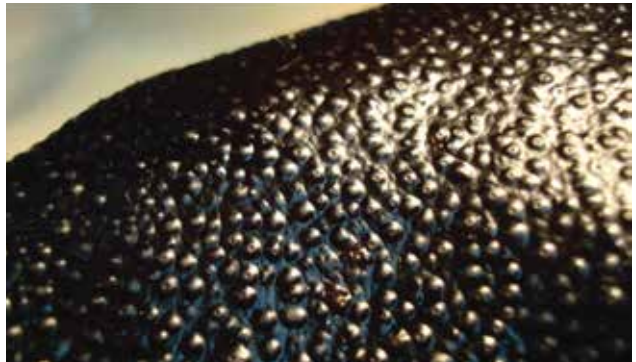


Fig. 26. Lámina femenina con cistocarpos que sobresalen de su superficie.

se comienzan a distinguir las estructuras reproductivas. Se puede encontrar láminas en esta etapa durante la mayor parte del año. En la Región del Biobío son más abundantes hacia fines de primavera y durante el verano.

### **¿Cómo distinguir las láminas maduras?**

La forma como se distingue la maduración reproductiva es un poco diferente para las láminas de diferente fase del ciclo de vida. En las láminas tetraesporicas, los soros se distinguen como pequeños puntitos oscuros, muy abundantes (Fig. 23). En

la luga negra aparecen primero en los sectores marginales de las láminas, y progresivamente aparecen en zonas más centrales y basales, hasta abarcarla completamente. Cuando están maduros, los soros son muy oscuros y no sobresalen de la superficie de la lámina (Fig. 24).

Por su parte, las láminas gametofíticas masculinas y femeninas también maduran, pero sus estructuras reproductivas no son distinguibles a simple vista. Sólo cuando ya ha ocurrido la fecundación es posible distinguir los



carposporofitos en el interior de las láminas femeninas (Fig. 25). El crecimiento y maduración de los carposporofitos puede demorar varias semanas. Cuando están maduros, los cistocarpos son grandes, muy oscuros y sobresalen de la superficie de la lámina (Fig. 26).

La maduración reproductiva termina con la liberación de esporas, o esporulación. A medida que avanza la maduración de una estructura reproductiva (soros tetrasporangiales o cistocarpos) éstas se hacen más visibles porque se van llenando de muchas esporas. Estas esporas son de color rojizo, por lo que la estructura reproductiva con muchas esporas se ve de color café rojizo muy oscuro. La esporulación de una estructura suele ocurrir de una sola vez y, una vez ocurrida, las estructuras reproductivas se ven como manchas de color más claro que la lámina (Figs. 23 y 25). Una lámina tiene muchas estructuras reproductivas en diferente estado de maduración. Por ésto, la lámina puede estar liberando esporas por varias semanas o meses. Para la luga negra en la Región del Biobío, la liberación de esporas se inicia a fines de primavera, y se extiende hasta fines de otoño.

La última etapa es la etapa de senescencia. Las partes que maduran primero en una lámina liberan muchas de las esporas y se debilitan. El tejido alrededor de esas estructuras reproductivas

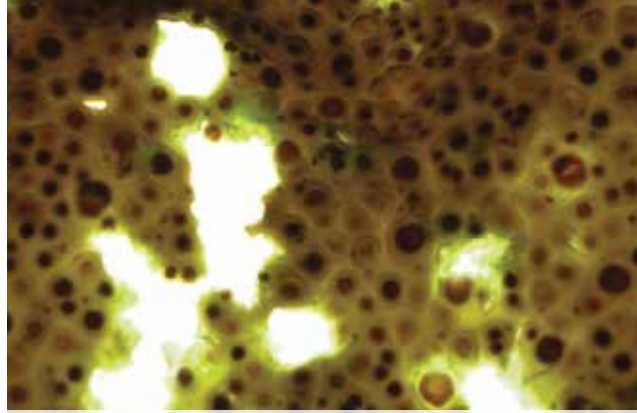


Fig. 27. Lámina femenina madura con cistocarpos y que presenta necrosis.

se pone blando y se decolora (necrosis) (Fig. 27), y finalmente se desprende en pequeños pedacitos. Esto ocurre primero en la zona de la punta de la lámina y progresa hacia la base en la medida que estos sectores van madurando y liberando esporas (Fig. 14d). En la Región del Biobío, las láminas que presentan senescencia son frecuentes desde fines del verano hasta fines del invierno.

Las esporas son dispersadas por el agua hasta que algunas llegan a sustratos duros adecuados y se asientan, germinan y comienzan su desarrollo. Los individuos juveniles que crecen desde esporas son microscópicos. En algunas semanas sólo alcanzan un tamaño aún menor a un milímetro (Fig. 22). Luego de un par de meses, estos juveniles han tomado forma de pequeñas laminitas. Estas son redondeadas, anchas en la base y aguzadas en la punta. Frecuentemente, en el borde posterior es posible distinguir un par de pequeños lóbulos (Figs. 44 y 45, y figura de portada).



## 2. TÉCNICA DE REPOBLAMIENTO DE LA LUGA NEGRA

Diversos estudios han sido realizados para desarrollar procedimientos de cultivo y repoblamiento de *Sarcothalia crispata* (Romo et al. 1985, Infante & Candia 1988, Ávila et al. 1994, Romo y Alveal 1995, Ávila et al. 1996, Ávila et al. 1999, Romo et al. 2001). Las técnicas propuestas abarcan desde cultivo en cápsulas en laboratorio, hasta cultivo en sustratos naturales y artificiales en estanque, y la inoculación de esporas en sustratos naturales (rocas) y artificiales (cuerdas) transplantados al mar.

La técnica de repoblamiento que se propone aquí se refiere a la **siembra directa de esporas de luga negra a partir de láminas maduras puestas en cortinas en el fondo marino** (Fig. 28) para favorecer la colonización de los fondos rocosos a través de esporas desde donde crecerán nuevas láminas. Esta técnica se describe con detalle más adelante (ver sección 2.3), y está

basada en las características del montaje que fue utilizado experimentalmente durante el desarrollo del proyecto FONDEF-HUAM AQ12I0004. Sin embargo, las dimensiones de la cortina, la carga de láminas, la instalación y disposición en el terreno y la duración de la siembra son aspectos que pueden ser ajustados o decididos por el grupo de personas que realizará la actividad de repoblamiento.

Esta técnica de repoblamiento es una herramienta que permite restaurar praderas de luga negra en zonas donde su abundancia ha disminuido o donde ha desaparecido. Esta técnica también puede ser aplicada para aumentar la abundancia de luga negra en praderas ya existentes e incluso instalar praderas en zonas que presentan las condiciones apropiadas para su desarrollo, aumentando la capacidad de producción de estas algas de importancia comercial.

Fig. 28. Láminas maduras de luga negra puestas en una cortina en el fondo marino.

La técnica está pensada como esfuerzos focalizados en sitios seleccionados, como por ejemplo, algunos puntos dentro del área de manejo de una agrupación de pescadores artesanales. Su aplicación en forma extensiva podría requerir de un esfuerzo y costos altos que deberán ser considerados por los interesados.

Una vez que se haya realizado la acción de repoblamiento, y que haya sido exitosa, es necesario dar el tiempo para que las láminas crezcan y se reproduzcan en forma natural. Esto podría demorar uno o dos ciclos productivos. Los nuevos individuos establecidos promoverán la colonización natural de los sectores circundantes, favoreciendo la recuperación de la pradera y permitiendo finalmente su explotación.



## 2.1 PLANIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Una parte importante del éxito de la acción de repoblamiento depende de la capacidad de las personas para actuar en forma planificada. Cada grupo tiene sus propias formas de coordinarse. Queremos resaltar aquí que es esencial tanto la planificación de las actividades como el seguimiento de los sitios una vez hecha la siembra. Por esta razón, se sugiere fuertemente que se mantenga al día un **cuaderno de protocolo** en el que se registre toda la información relevante en relación con la actividad. Para mantener este cuaderno es conveniente que una persona actúe como "secretario" encargado de esta tarea. En este cuaderno se recomienda llevar un registro escrito de todas las decisiones que se tomen, las acciones que se realicen y la descripción de la forma como se realizan. Además, es necesario anotar los resultados que se obtengan en las diferentes etapas de control. La información registrada será importante para evaluar la actividad y sus resultados. Además, en base a estas anotaciones podrán proponerse modificaciones y recomendaciones para futuras acciones.

A continuación se sugieren algunos aspectos que deberían registrarse en el cuaderno de protocolo.

- **Actividades de planificación, siembra y control de la siembra.**

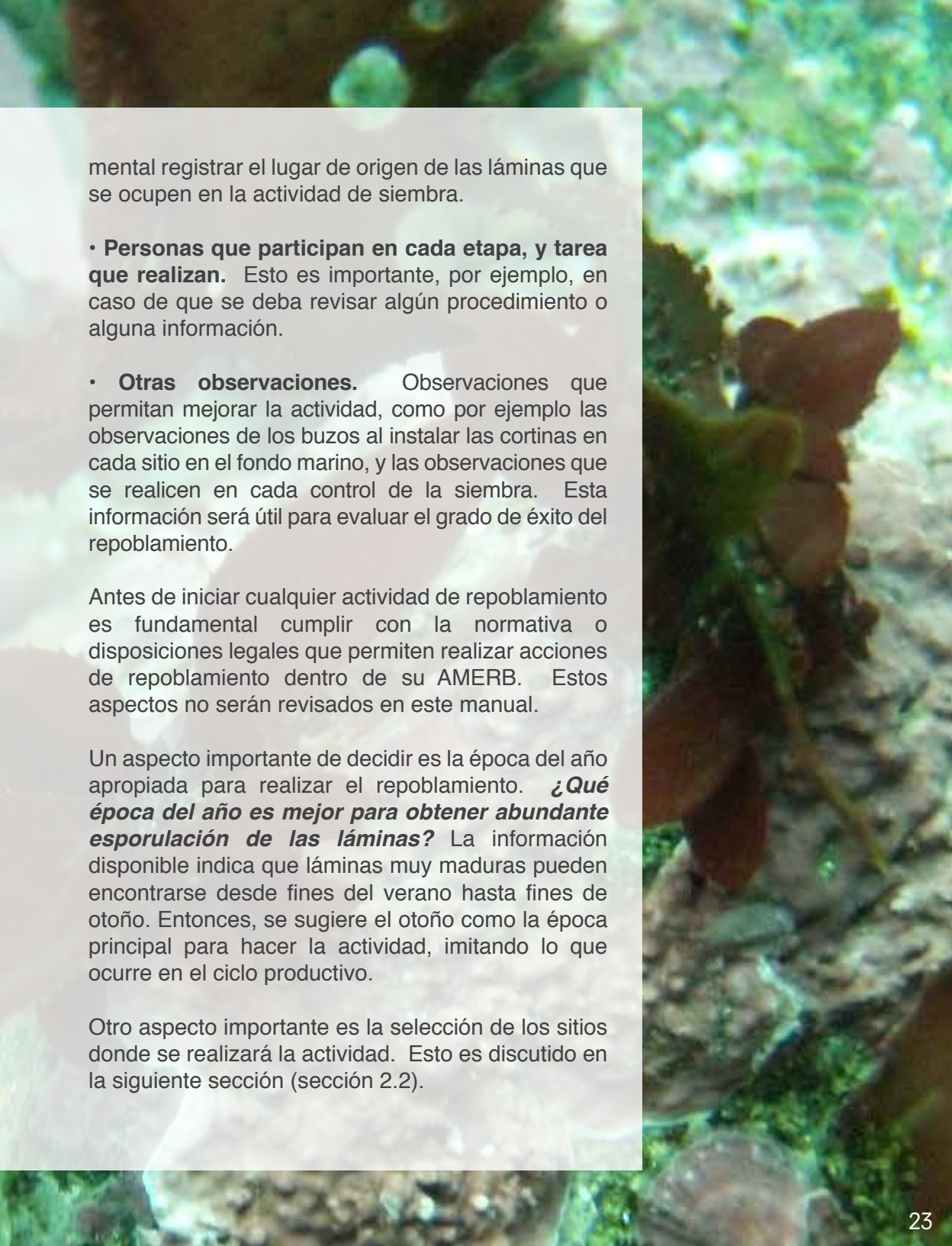
Para las actividades principales se debe mantener un registro de las fechas de la planificación, descripción de las actividades realizadas, fechas en que se realiza cada actividad, y los resultados obtenidos.

- **Selección y caracterización de los sitios.**

Debe anotarse los criterios usados para seleccionar los sitios. Una vez que han sido seleccionados los sitios (ver sección 2.2), se debe registrar su ubicación y hacer una caracterización de cada uno, registrando información como su profundidad, tipo de fondo, la ocurrencia de luga negra y de otros organismos importantes para este recurso, y otras características que se consideren relevantes. Ponerle un nombre (o un número) a cada sitio facilita su seguimiento.

- **Información sobre los materiales usados.**

Registrar el tipo de material y la forma como se adquirió. Es funda-



mental registrar el lugar de origen de las láminas que se ocupen en la actividad de siembra.

- **Personas que participan en cada etapa, y tarea que realizan.** Esto es importante, por ejemplo, en caso de que se deba revisar algún procedimiento o alguna información.

- **Otras observaciones.** Observaciones que permitan mejorar la actividad, como por ejemplo las observaciones de los buzos al instalar las cortinas en cada sitio en el fondo marino, y las observaciones que se realicen en cada control de la siembra. Esta información será útil para evaluar el grado de éxito del repoblamiento.

Antes de iniciar cualquier actividad de repoblamiento es fundamental cumplir con la normativa o disposiciones legales que permiten realizar acciones de repoblamiento dentro de su AMERB. Estos aspectos no serán revisados en este manual.

Un aspecto importante de decidir es la época del año apropiada para realizar el repoblamiento. ***¿Qué época del año es mejor para obtener abundante esporulación de las láminas?*** La información disponible indica que láminas muy maduras pueden encontrarse desde fines del verano hasta fines de otoño. Entonces, se sugiere el otoño como la época principal para hacer la actividad, imitando lo que ocurre en el ciclo productivo.

Otro aspecto importante es la selección de los sitios donde se realizará la actividad. Esto es discutido en la siguiente sección (sección 2.2).



## 2.2 SELECCIÓN DE LOS SITIOS

### ***¿Cómo elegir los sitios para realizar una actividad de repoblamiento de luga negra? ¿Qué condiciones buscar?***

La selección de sitios apropiados es uno de los puntos más importantes para el éxito de la actividad. Los sitios donde se instalarán las cortinas deben haber sido elegidos con anterioridad a la actividad principal de repoblamiento. Para elegir los sitios se pueden aplicar diferentes criterios. A continuación se indican tres alternativas.

1- Una primera alternativa es elegir sitios donde hubo luga negra pero donde se ha perdido o su abundancia ha disminuido. Si no han cambiado las condiciones ambientales, la presencia anterior del recurso debiera ser un indicador confiable para el éxito de la siembra.

2- Una segunda alternativa es basarse en la experiencia del grupo de personas que ha trabajado con este recurso. Si ya se tiene conocimiento de las condiciones requeridas por la luga negra se puede buscar sitios con condiciones de hábitat similares. La información incluida en la primera parte de este manual, junto con otra información publicada, puede ser usada para este propósito.

Si no se tiene información previa, o las condiciones ambientales han cambiado ***¿Cómo determinar si un sitio en particular tiene potencial de éxito para una acción de repoblamiento?***

3- Como tercera alternativa se sugiere realizar una prueba piloto en los sitios cuya potencialidad se quiere evaluar. Primero es necesario "fijar" láminas de luga negra a un sustrato, como bolones o adocretos. Esto se puede hacer con elásticos para billetes (no muy apretados para que no corten las láminas) o envolviendo algunas láminas en una malla plástica (como la malla en la que se venden algunas verduras) y amarrándola a los sustratos. Luego, se instalan varios sustratos en cada uno de los sitios que están a prueba. Habrá que volver a estos sitios para recuperar los sustratos, por lo que es conveniente marcarlos con una pequeña boya (botella plástica, cuerda y un mecanismo de fondeo) o con otro sustrato pintado de un color brillante.

Luego de 2-4 semanas se recuperan los sustratos (y se retiran las boyas o sustratos pintados) y se revisa el estado de las láminas de luga negra. ***¿Las láminas están completas o perdieron algunas partes? ¿Acumularon mucho sedimento? ¿Mantienen el***

**color original o se han puesto amarillentas o blanquecinas? ¿Su textura es similar a la original o se han puesto blandas y fáciles de romper?**

Las respuestas a estas preguntas ayudarán a evaluar si el sitio será apropiado para que crezca la luga negra. Estos resultados no aseguran que un repoblamiento va a ser exitoso, pero permiten distinguir la presencia de problemas, como por ejemplo, presencia de herbívoros o de condiciones ambientales desfavorables, como el exceso de luz o presencia de sedimentos.

A continuación se indican algunos factores a tener en cuenta al momento de elegir un sitio porque pueden afectar la abundancia de la luga negra. Estos son factores importantes en praderas naturales, como se indicó en la primera parte de este manual. Sin embargo, la importancia relativa de algunos de estos factores puede depender de la zona geográfica del país y de las características mismas de la localidad.

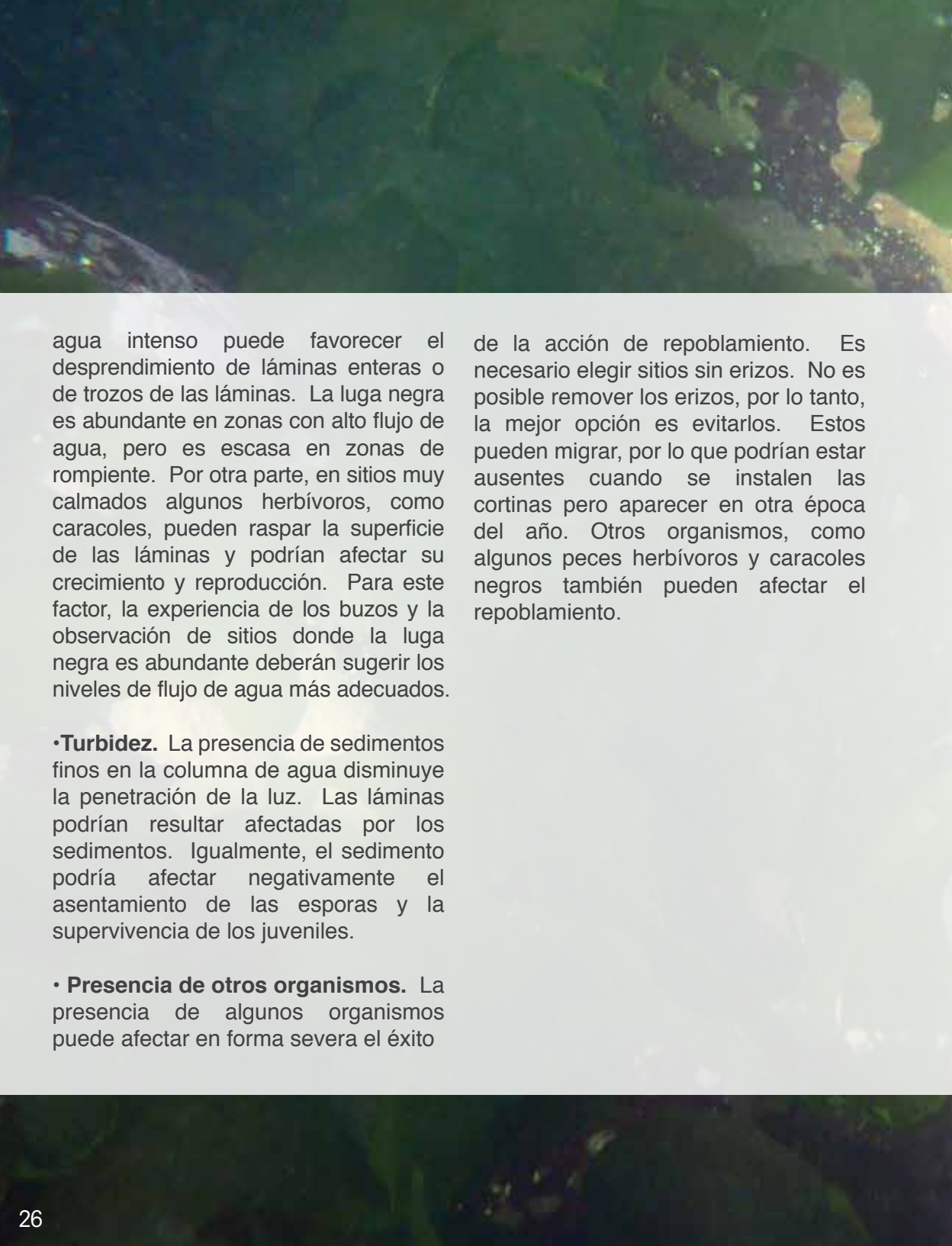
• **Tipo de sustrato donde instalar las cortinas.** La instalación de las cortinas debe ser sobre superficies rocosas. Se debe evitar las zonas que sean cubiertas por arena o por otros sedimentos. Dado que los sedimentos pueden desplazarse por el fondo, la invasión de sedimentos podría no ser visible en un determinado momento,

pero aparecer en otra estación del año. Por lo tanto, conocer la historia de la dinámica de los sitios es importante.

Las algas crustosas calcáreas, que se ven como costras rosadas que cubren muchas rocas en los fondos someros (Figs. 8 y 9), no toleran ser enterradas por sedimentos, por lo que su presencia puede usarse como indicador de que no ha habido intromisión de sedimentos.

• **Profundidad.** La profundidad es relevante porque afecta dos factores importantes. Sitios muy someros quedan expuestos a gran intensidad de luz durante el verano, lo que puede ser perjudicial para las láminas. Sitios someros también quedan más expuestos a los efectos de la acción del oleaje y de la rompiente que pueden favorecer el desprendimiento de las nuevas láminas. Se recomienda una profundidad entre 3 y 8 metros, pero es necesario valorar la experiencia personal y la observación de la profundidad de ocurrencia de luga negra en el área específica en la cual se va a sembrar.

• **Flujo de agua.** El flujo de agua es importante porque las algas obtienen los nutrientes directamente desde el agua de mar. Además, el flujo de agua mantiene las láminas en movimiento y roce entre sí. Pero también el flujo de



agua intenso puede favorecer el desprendimiento de láminas enteras o de trozos de las láminas. La luga negra es abundante en zonas con alto flujo de agua, pero es escasa en zonas de rompiente. Por otra parte, en sitios muy calmados algunos herbívoros, como caracoles, pueden raspar la superficie de las láminas y podrían afectar su crecimiento y reproducción. Para este factor, la experiencia de los buzos y la observación de sitios donde la luga negra es abundante deberán sugerir los niveles de flujo de agua más adecuados.

• **Turbidez.** La presencia de sedimentos finos en la columna de agua disminuye la penetración de la luz. Las láminas podrían resultar afectadas por los sedimentos. Igualmente, el sedimento podría afectar negativamente el asentamiento de las esporas y la supervivencia de los juveniles.

• **Presencia de otros organismos.** La presencia de algunos organismos puede afectar en forma severa el éxito

de la acción de repoblamiento. Es necesario elegir sitios sin erizos. No es posible remover los erizos, por lo tanto, la mejor opción es evitarlos. Estos pueden migrar, por lo que podrían estar ausentes cuando se instalen las cortinas pero aparecer en otra época del año. Otros organismos, como algunos peces herbívoros y caracoles negros también pueden afectar el repoblamiento.





## 2.3 MATERIALES Y ACTIVIDADES DE MONTAJE

La técnica que se propone es muy sencilla. Consiste en la siembra directa de esporas de luga negra en los fondos marinos. Para lograrlo se propone armar "cortinas de cuerdas verticales" en las que se instalarán láminas maduras de luga negra. Las cortinas deben tener un mecanismo de fondeo para fijarlas al fondo marino, y un mecanismo de flotación para que se levanten verticalmente en la columna de agua. Luego, las cortinas serán instaladas durante unas semanas en los sitios elegidos para permitir que ocurra la esporulación, lo que sembrará esporas en el fondo marino que rodea la cortina.

Las cortinas pueden ser hechas en forma "modular" o "desarmable" de tal manera que sea muy fácil instalarlas y retirarlas, permitiendo recargarlas y volver a usarlas en otro lugar sin dejar residuos que contaminen el sitio.

Uno de los aspectos que es necesario decidir es la cantidad total de "cortinas" que se instalarán en cada sitio, y el número de sitios, considerando el objetivo que se han propuesto, el

esfuerzo necesario y las capacidades del grupo de personas.

Debido al aprendizaje necesario al aplicar por primera vez una técnica, se recomienda avanzar gradualmente. Se sugiere instalar algunas cortinas en un par de sitios y, dependiendo de los resultados, ampliar la acción a otros sitios, haciendo los ajustes y modificaciones que sean necesarios.

Para realizar la actividad se requieren diferentes materiales. La mayor parte son materiales comunes que pueden ser obtenidos fácilmente por la agrupación de pescadores artesanales. Es aconsejable obtenerlos con anterioridad al montaje. A continuación se indican los materiales más específicos que se requerirán para implementar esta técnica y su instalación en el fondo marino.

Todas las observaciones sobre la ubicación de los sitios, las características de éstos, y el desarrollo del procedimiento de montaje deben quedar registradas en el cuaderno de protocolo.



Fig. 29. Cortina de cuerdas de 2x1 m.

## MATERIALES Y FABRICACIÓN DE LAS CORTINAS, FONDEOS Y FLOTADORES

### • Cortina de cuerdas

La cortina se construye con cuerda de polipropileno trenzada de 3-4 mm. Para que el armado y manipulación de la cortina en el fondo marino sea fácil, se sugiere que sus dimensiones sean de 1 m de alto y 2 m de longitud (Fig. 29).

La cortina está formada por dos cuerdas horizontales, de 2 m cada una, y 11 cuerdas verticales, de 1 m cada una (en ambos casos es necesario considerar un poco más de cuerda para las amarras). Una de las cuerdas de 2 m será la cuerda horizontal superior y la otra será la cuerda horizontal inferior. Entre estas dos cuerdas horizontales se amarran las cuerdas verticales cada 20 cm a lo largo

de las cuerdas horizontales. El objetivo es que las cuerdas verticales queden dispuestas en forma perpendicular a las cuerdas horizontales, espaciadas cada 20 cm. Con estas dimensiones, para una cortina se requiere en total alrededor de 22 m de cuerda.

Los amarres o uniones de la cortina misma y para los flotadores y fondeos pueden ser hechos de diferentes maneras, pero lo importante es que deben ser resistentes para soportar la tensión mientras las cortinas estén en el mar. Si se van a realizar las uniones con nudos, es necesario considerar que la cuerda debe tener unos 20 cm de longitud adicional.

Una alternativa para armar la cortina es destorcer un pequeño segmento de las cuerdas horizontales y entrelazar ahí



Fig. 30. Eslabón de cadena de plástico para unir las cortinas a flotadores y fondeos.

las puntas de las cuerdas verticales.

Una tercera alternativa es amarrar eslabones de cadena de plástico en las puntas que tienen que ser unidas (Fig. 30). La ventaja de usar eslabones plásticos es que permiten fácilmente armar y desarmar las uniones entre la cortina y los fondeos y flotadores. Además, los eslabones son resistentes y no permitirán que se desarme la cortina si están instaladas con cierta tensión.

Todas las uniones pueden ser reforzadas con cinta adhesiva resistente al agua. Esta cinta no se suelta al estar sumergida, especialmente si se ha tenido la precaución de instalarla cuando los materiales están secos.

#### • Fondeos

Para fijar la cortina al fondo se requiere preparar un mecanismo de fondeo que será amarrado a la cuerda horizontal inferior de la cortina. Se sugiere preparar tres fondeos para cada cortina, uno para cada extremo y uno

Fig. 31. Sistema de fondeo de la cortina, hecho de malla y relleno con bolones.



para la zona media de la cortina.

Una forma de hacer un fondeo es usar cuadrados de red de pesca de 1 m<sup>2</sup>. Cuando se deba armar el fondeo en el fondo marino, se ubica el cuadrado de red en el fondo y se ponen 4-6 bolones sobre la red (Fig. 31). Los bolones pueden ser colectados en el mismo sitio. Luego, se cierra el cuadrado uniendo las cuatro puntas, resultando una especie de saco. En la Fig. 40 se muestra un fondeo similar para una boya de demarcación del sitio.

Una alternativa para armar el fondeo es que, previo a la instalación en el sitio elegido, se pase una cuerda de polipropileno delgado por el borde del cuadrado, como para hacer un chinguillo, y al momento de instalar la cortina en el fondo marino se ponen las piedras en su interior.





Fig. 32. Cortina instalada en el fondo marino. Se observa la cortina desplegada verticalmente.



Fig. 33. Cortina instalada en el fondo marino. Se observa la unión entre la cortina y la boya con un eslabón de cadena de plástico.

Hay otras formas de hacer fondeos y también pueden ser usadas si resulta más fácil o económico. Lo importante es que la cortina quede adecuadamente fija en el fondo.

#### • Flotadores

Para que la cortina se eleve verticalmente es necesario preparar un mecanismo de

flotación que será amarrado a la cuerda horizontal superior de la cortina. Se sugiere instalar al menos tres boyas, una en cada extremo de la cortina y una en el centro.

Esto puede ser hecho con boyas o botellas plásticas vacías (de 1 litro o más), debidamente amarradas. En la Fig. 40 se muestra una boya de este tipo para demarcación del sitio. Alternativamente se pueden fabricar boyas a partir de trozos de "pluma vit" (poliestireno expandido) (Figs. 32 y 33). Lo importante es que el mecanismo de flotación quede firmemente unido a la cortina y la levante para que quede en forma vertical.

También es fundamental que estas boyas tenga la flotabilidad suficiente para mantener la cortina elevada. Sin embargo, debe cuidarse de que la flotabilidad no sea excesiva para que la cortina no sea arrastrada por la corriente.

## OBTENCIÓN DE LÁMINAS DE LUGA NEGRA Y CARGADO DE LAS CORTINAS

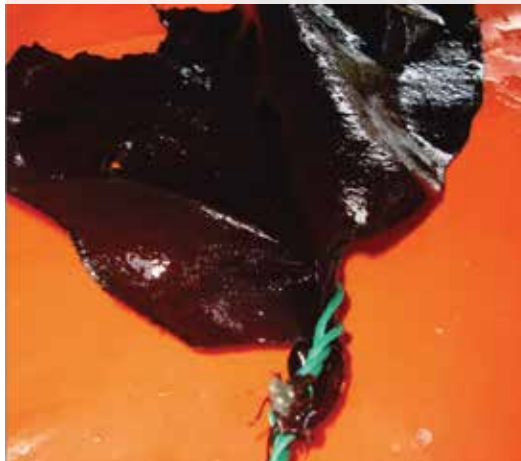
#### • Láminas de luga negra

Las láminas de luga negra son un aspecto clave para el éxito de esta actividad. Las láminas deben ser colectadas en la misma área donde se hará el repoblamiento o desde un lugar cercano. No se debe trasladar láminas desde otras regiones hacia la Región del Biobío.



Fig. 34. Luga negra en contenedor aislado que las protege durante su traslado

Fig. 35. Lámina de luga negra cuya base fue entrelazada en la cuerda de polipropileno.



### ***¿Qué características deben tener las láminas?***

Dado que la técnica propuesta está basada en la producción de esporas, no sólo se requiere que las láminas estén plenamente maduras, sino que estén en etapa de esporulación (ver sección 1.5). Varias pistas pueden ayudar a elegir las láminas más maduras. Primero, elegir láminas que tengan estructuras reproductivas repartidas por toda su superficie, y que sean estructuras reproductivas muy oscuras e incluso que haya algunas de color más claro, indicando que ya han esporulado (Figs. 23 y 25). Otro indicador que las láminas están muy maduras es que las puntas ya estén desintegrándose por necrosis (Figs. 14d y 27). Esto sugiere que las láminas están en las primeras etapas de la senescencia y liberando muchas esporas.

### ***¿Cuándo obtener las láminas?***

Para mantener la mayor viabilidad de las esporas, se recomienda que las láminas sean colectadas sólo pocas horas antes del montaje, o a lo sumo el día anterior. Además, se recomienda obtener láminas desde praderas naturales y no usar las que puedan estar varadas en la playa.

### ***¿Cómo trasladar y mantener las láminas?***

En todo momento se debe evitar exponer las láminas a desecación o exposición directa al sol, tanto durante la colecta desde la pradera como en su traslado en bote y durante el cargado de las cortinas. Al colectarlas, las láminas deben ser puestas en bolsas plásticas y mantenidas a la sombra en el bote, o dentro de una caja con aislamiento de temperatura (como en una hielera, Fig. 34).

Además, durante la colecta de láminas y luego durante el traslado de las cortinas al mar es necesario cuidar que las láminas no tomen contacto con el agua del fondo del bote ya que puede contener gasolina o aceite.

Durante el montaje de las cortinas, las láminas deben ser mantenidas en fuentes o baldes plásticos (no metálicos) con agua de mar limpia (nunca agua dulce),



Fig. 36. Una de las cuerdas verticales de la cortina cargada con seis láminas de luga negra.

en un lugar frío (temperatura similar a la del mar) y en lo posible oscuro, o al menos a la sombra. En estas condiciones, el agua puede tomar un color rosado pálido si es que las láminas están liberando esporas.

### ***¿De qué fase deben ser las láminas?***

La luga negra tiene tres tipos de lámina, pero sólo los esporofitos y los gametofitos femeninos con cistocarpos producen esporas (ver sección 1.3). Las láminas masculinas y las vegetativas no sirven para esta actividad. En el trabajo experimental no se detectaron diferencias en el éxito de colonización entre estos dos tipos de lámina. Entonces, ambas pueden ser usadas.

### **• Cargado de las láminas en las cuerdas**

El cargado de las láminas en las cuerdas debe hacerse en un espacio a la sombra. Es más fácil si se trabaja sobre un mesón. Lo primero es seleccionar las láminas para tener la



Fig. 37. Cortina completamente cargada de láminas de luga negra y lista para ser envuelta con un trozo de polietileno.

Fig. 38. Cortina completamente cargada con luga negra.



mayor esporulación. Estas serán las láminas que estén más maduras y que sean más grandes. Durante todo este proceso se debe cuidar que las láminas no se dessequen y que no queden expuestas directamente al sol.

Luego, en cada cuerda vertical se instalan 4-6 láminas (Figs. 35 a 38). Para ésto, se destuerce un pequeño segmento de la cuerda vertical, se entrelaza ahí la lámina, y se permite que la cuerda se vuelva a torcer. Se debe intentar que la tensión de torsión de la cuerda atrape un segmento angosto de la lámina, por ejemplo cercano a la base, pero, al mismo tiempo se debe asegurar que esta unión sea suficientemente firme para que las láminas no se suelten o sean removidas por las corrientes.

#### TRASLADO AL MAR E INSTALACIÓN DE LAS CORTINAS EN EL FONDO MARINO

##### • **Mantenimiento de las cortinas cargadas y traslado al mar**

Una vez que una cortina ya está cargada, es necesario mantenerla en un espacio oscuro y húmedo, mientras se termina de cargar el resto de las cortinas. Además, hay que prepararlas para ser trasladadas al mar. Para mantener y trasladar las cortinas, es recomendable envolverlas en un trozo de manga plástica para evitar la desecación.



Fig. 39. Láminas maduras de luga negra instaladas en una cortina.





Fig. 40. Sistema para marcar el sitio que consiste en una botella como boya y una malla para permitir el fondeo.

Terminado el cargado, las cortinas son llevadas al mar en bote para ser instaladas por buzos en los sitios seleccionados por el grupo de trabajo. Durante el traslado, las cortinas deben ir protegidas, evitando que tomen contacto con el agua del fondo del bote, que puede tener aceite o gasolina de motor.

Una vez en el fondo marino, los buzos deben unir las cortinas con los fondeos y con los flotadores. Es necesario asegurar que la cortina quede en posición vertical (Figs. 32, 33 y 39), y no quede enredada. Además, es importante que las cortinas queden orientadas en forma perpendicular a la dirección de la corriente (Fig. 28) para favorecer una mayor dispersión de las esporas.

- **Marcaje de los sitios donde se instalarán las cortinas**

Es necesario marcar los sitios donde se instalan las cortinas para poder volver a ellos y realizar el seguimiento de la actividad. Este marcaje puede ser hecho con un dispositivo de GPS, pero usualmente el método más tradicional de usar pequeñas boyas (botellas plásticas), cuerda y fondeo hace más fácil volver a encontrar los sustratos en el fondo marino (Fig. 40), especialmente cuando la visibilidad es baja. También se puede pintar algunos bolones de un color brillante para facilitar su visibilidad bajo el mar e instalarlo junto a las cortinas.

- **Instalación de sustratos para control**

Se debe instalar bolones naturales del sector u otro sustrato (como adocretos de cemento) para hacer un seguimiento y control de la siembra (ver sección 2.4). Los sustratos deben ponerse a 1-2 m a ambos lados de la cortina (Fig. 41), cuidando que queden instalados en lugares donde sea fácil encontrarlos

nuevamente. La cantidad de sustratos a instalar depende de la frecuencia de los controles. Se deben instalar al menos tres sustratos para cada muestreo que se planea realizar.

#### • Retiro de las cortinas

Las cortinas deben dejarse instaladas entre 2 y 4 semanas para que ocurra abundante esporulación a partir de las láminas. Luego, deben ser retiradas y pueden ser usadas nuevamente en el mismo sitio, en un sitio adyacente o en otro sitio distante.

### VARIANTES EN LA INSTALACIÓN DE LAS CORTINAS

El principio biológico en este montaje es que las corrientes de agua dispersarán las esporas a medida que son liberadas desde las láminas. Las láminas que crecen en forma natural en el fondo rocoso se elevan poco sobre el nivel de la superficie de las rocas, sólo el equivalente a su longitud. Por ésto, sólo las corrientes de agua más cercanas al fondo pueden atrapar las esporas y dispersarlas. Pero como las láminas se elevan poco, la dispersión también será restringida. Al elevar las láminas en una cortina, como se propone en esta técnica, se favorece que la dispersión de esporas sea mayor. Por otro lado, también puede tener una desventaja, por ejemplo si la dispersión es mayor, la densidad de esporas que colonizan un sitio particular será menor.

Por esta razón es posible considerar algunas variantes, especialmente para lugares con alto flujo de agua. Una alternativa es aumentar la densidad de láminas en las cortinas de cuerdas verticales para que de esta forma la cantidad de esporas liberadas sea también mayor. Una segunda alternativa es armar e instalar cortinas de cuerdas verticales que no sean tan altas, y que estén puestas más cercana al fondo marino. Una tercera alternativa es armar una cortina de cuerdas de dimensiones similares, pero instalarla horizontalmente sobre el fondo, de tal manera que las esporas lleguen directamente sobre el fondo marino, aunque el área sembrada será menor.

Sin embargo, es necesario considerar que, al elevar las cortinas de cuerdas a cierta distancia desde el fondo, también se disminuye el posible efecto directo de caracoles herbívoros que puedan subirse a ellas y consumir las esporas. Entonces, si las láminas se ubican muy cerca del fondo, o incluso tocándolo, es posible que un número mayor de caracoles pueda consumir las estructuras reproductivas o las esporas. Para instalar alguna variante es necesario revisar el procedimiento para determinar el requerimiento de materiales, que pueden variar con respecto a lo indicado para las cortinas verticales.



Fig. 41. Adcretos como sustratos instalados alrededor de la cortina para el control de la siembra.

## 2.4 PROCEDIMIENTO DE CONTROL

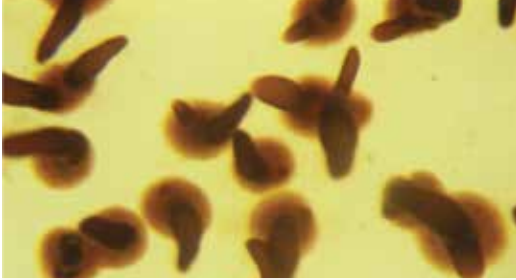


Fig. 42. Juveniles de luga negra de 1 mes de edad incubados en laboratorio.

Se debe planificar un programa de control o revisión de la siembra. El objetivo de este programa es evaluar en forma periódica y sistemática el grado de éxito de la actividad. Para evaluar el grado de éxito de la siembra es necesario revisar la superficie del fondo marino en busca de los juveniles de luga negra, pero la dificultad de que cualquier buzo pueda visualizar los juveniles de sólo unos meses de edad (Fig. 42) hace que esta tarea sea impracticable. Por lo anterior, se sugiere instalar algún tipo de sustrato que pueda permanecer en el fondo varios meses, y luego pueda ser removido y revisado en tierra. Estos sustratos pueden ser bolones naturales del sector, pero también pueden ser adcretos.

El crecimiento de las primeras etapas del desarrollo de la luga negra es muy lento, por lo que se sugiere que el primer

control se realice luego de 3 meses. Aun en este momento, se requerirá una lupa (lupa cuentahilo, Fig. 43) y "buen ojo" para distinguir los juveniles. ¿Cómo se puede hacer esta evaluación? La base de esta lupa es un pequeño cuadrante (es de una pulgada cuadrada). Mirando por la lupa se puede contar el número de juveniles incluidos en este cuadrante. Se debe contar entre 3 y 5 cuadrantes por cada sustrato, fijándose que no se sobrepongan para no contar dos veces los mismos juveniles. En el cuaderno de protocolo se debe anotar el nombre del sitio donde había sido instalado, el número del sustrato (en caso de que hayan sido numerados), y el número de juveniles en cada cuadrante. Además, en el cuaderno de protocolo se debe anotar las observaciones sobre el estado y tamaño de los juveniles, así como una breve descripción del estado de cada sitio al momento de este muestreo. Esto incluye, por ejemplo, el estado del fondo y la presencia de sedimentos, la presencia de otros organismos, o cualquier cambio en las condiciones físicas del fondo marino.

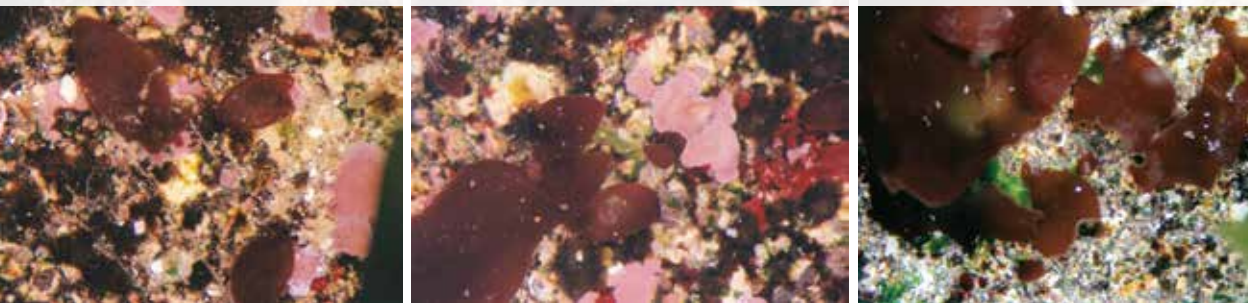
Muestras posteriores, cada tres meses (mes 6 y mes 9),



Fig. 43. Lupa cuentahilo.



Fig. 44. Juveniles de luga negra de varios meses de edad en sustratos naturales.



permitirán determinar si la siembra fue exitosa. Para realizar estos muestreos es necesario recuperar nuevamente tres sustratos de cada sitio en que se realizó la siembra y evaluar la densidad de juveniles. Lo que se espera encontrar es que los sustratos que fueron puestos como control han sido cubiertos por diversos organismos, incluidas las algas crustosas calcáreas y diversas otras especies de algas y también de invertebrados. Es común encontrar juveniles de luga negra en los pequeños espacios entre las costras calcáreas (Figs. 44 y 45, y figura de la portada). Los juveniles se distinguen por las características descritas anteriormente (ver sección 1.5). El cambio en la cantidad de juveniles en el tiempo permitirá determinar si la supervivencia de los nuevos individuos ha tenido éxito, esperándose la aparición de al menos algunas láminas por  $m^2$  en la siguiente época de crecimiento.

Con un procedimiento de control como éste es posible determinar si la actividad ha sido exitosa. Si los sitios elegidos

fueron apropiados, el número de juveniles debiera mantenerse en el tiempo y debieran comenzar a producir láminas grandes luego de algunos meses. Esto último es variable, dependiendo de la época del año en que se haya instalado las cortinas. Es necesario dar el tiempo para que estas nuevas láminas crezcan y maduren reproductivamente según el ciclo productivo.

Como se indicó anteriormente, una vez que se haya realizado la acción de repoblamiento es necesario dar tiempo para que crezcan las láminas, maduren y se reproduzcan en forma natural, favoreciendo la recuperación de la pradera.

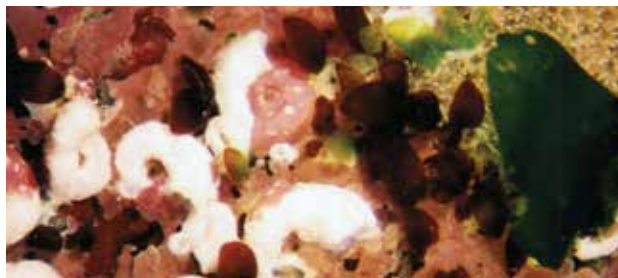


Fig. 45. Juveniles de luga negra en sustrato natural. Se observa también abundantes costras calcáreas.

# AGRADECIMIENTOS

Este manual fue realizado en base a los resultados del proyecto FONDEF-HUAM AQ12I0004 "ESTRATEGIAS TECNOLÓGICAS PARA LA RESTAURACIÓN Y AUMENTO PRODUCTIVO EN ALGAS ROJAS DE ALTO IMPACTO ECONÓMICO-SOCIAL: REPOBLAMIENTO COMO MECANISMO PARA POTENCIAR EL ROL DE LAS ÁREAS DE MANEJO DE LA REGIÓN DEL BÍO BÍO". Queremos manifestar nuestro agradecimiento al Programa "Hacia una Acuicultura de nivel Mundial" (HUAM) del Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF), que dio la oportunidad a investigadores de la Universidad Católica de la Santísima Concepción y a la Universidad Santo Tomas de trabajar de manera conjunta en esta iniciativa en favor del cultivo y repoblamiento de macroalgas.

Igualmente, queremos agradecer la confianza, apoyo y participación de las siguientes Instituciones, Empresas y Entidades Socias:

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Dirección Zonal de la Región del Biobío,

- Terranatur S. A.,
- Alimex S. A.,
- Cargill France SAS.,
- S.T.I. de la Pesca Artesanal Buzos Mariscadores y Actividades Conexas de Caleta Cerro Verde,
- S.T.I. Buzos, Mariscadores, Algueros Pescadores y Actividades Conexas de las Caletas de Cocholgue, y

S.T.I. de Pescadores Artesanales, Buzos Mariscadores, Recolectores de Algas Marinas Puerto Viejo Punta Lavapié.

Por su parte, el valioso apoyo de los pescadores artesanales de los tres sindicatos participantes fue esencial en las actividades experimentales de terreno y en las actividades de capacitación. A todos ellos nuestro reconocimiento.

Queremos agradecer a nuestras instituciones, en particular a la Dirección de Investigación e Innovación (UCSC), y la Dirección de Investigación Aplicada (UST) y el Centro de Investigación e Innovación para el Cambio Climático (CiiCC, UST) por el apoyo en las actividades administrativas del proyecto.

Finalmente queremos agradecer y destacar la contribución del equipo técnico y tesistas que nos apoyaron con su trabajo y entusiasmo en el desarrollo del proyecto.

# REFERENCIAS SOBRE LUGA NEGRA

- AQ08I1011. 2008. Masificación y escalamiento productivo del cultivo y repoblamiento de especies de algas nativas *Gigartina skottsbergii* y *Sarcothalia crispata* (luga roja y luga negra) en áreas de manejo de la X y XII Región.
- Ávila M, E Ask, B Rudolph, M Núñez & R Norambuena. 1999. Economic feasibility of *Sarcothalia* (Gigartinales, Rhodophyta) cultivation. *Hydrobiologia* 398/399: 435-442.
- Ávila M, J Cáceres, A Candia, H Plaza, R San Martín, J González, C Torrijos, M Núñez & P Camus. 2001. Investigación y manejo de praderas de luga en la X y XI Regiones. Proyecto FIP 99-21. 221 pp.
- Ávila M, R Otaíza, R Norambuena & M Núñez. 1996. Biological basis for the management of luga negra (*Sarcothalia crispata*; Gigartinales, Rhodophyta) in southern Chile. *Proc. Int. Sea. Symp. Hydrobiologia* 326/327:245-252.
- Ávila M, R Otaíza, R Norambuena, M Núñez, A Candia & A Poblete. 1994. Desarrollo de tecnología de cultivo y repoblación de luga negra en la X Región. Informe Final, Proyecto CORFO-IFOP. 129 pp.
- Ávila M, H Pavez, A Candia, R San Martín & J Cáceres. 2003. Effects of the temperature and irradiance on the germination and growth of *Sarcothalia crispata* in southern Chile. En: *Proceedings of the 17th International Seaweed Symposium*. Chapman A, R Anderson, VJ Vreeland & I Davison (Eds.). Oxford University Press. 27-33 pp.
- Baquedano M. 2004. Capacidad de fijación de juveniles no adheridos de algunas Gigartinales (Rhodophyta) en condiciones de laboratorio. Tesis de Grado. Título de Biólogo Marino. Facultad de Ciencias, Univ. Católica Ssma Concepción.
- Cáceres J. 2001. Cistocarpos y soros tetrasporangiales como agentes de dispersión en *Sarcothalia crispata* (Rhodophyta, Gigartinales). Tesis de Grado. Título de Biólogo Marino. Facultad de Ciencias, Univ. Católica Ssma Concepción.
- FDI. 2001. Cultivo de algas productoras de carragenanos. Escalamiento a nivel piloto del cultivo masivo de "Luga Negra" (*Sarcothalia crispata*)".
- Hannach G & B Santelices. 1985. Ecological differences between the isomorphic reproductive phase of two species of *Iridaea* (Rhodophyta: Gigartinales). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 22: 291-303.



- Hannach G & JKR Waaland. 1986. Environment, distribution and production of *Iridaea*. *Aquatic Botany* 26: 51-78.
- Hoffmann AJ & B Santelices. 1997. Flora marina de Chile central. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. 434 pp.
- Hommersand MH, MD Guiry, S Fredericq & GL Leister. 1993. New perspectives in the taxonomy of the Gigartinaceae (Gigartinales, Rhodophyta). *Hydrobiologia* 260/261: 105-120.
- Infante R & A Candia. 1988. Cultivo de *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Pappenfuss e *Iridaea ciliata* Kützing (Rhodophyta Gigartinaceae) en laboratorio: esporulación inducida y colonización de esporas en diferentes sustratos. *Gayana Bot.* 45: 297-304.
- Opazo LF & RD Otaíza. 2007. Vertical distribution of spores of blade-forming *Sarcothalia crispata* (Bory) Leister (Gigartinaceae) and crustose coralline (Corallinaceae) in the water column. *Botanica Marina* 50: 97-105.
- Poblete A, A Candia, I Inostroza & R Ugarte. 1985. Crecimiento y fenología reproductiva de *Iridaea ciliata* Kützing (Rhodophyta, Gigartinales) en una pradera submareal. *Biología Pesquera*. 14: 23-31.
- Ramírez ME & B Santelices. 1991. Catálogo de las algas marinas bentónicas de la costa templada del Pacífico de Sudamérica. *Monografías Biológicas* 5: 437 pp.
- Romo H & K Alveal. 1995. Técnicas para el cultivo experimental y el manejo de poblaciones de *Iridaea*. En: Alveal K, ME Ferrario, EC De Oliveira & E Sar (Eds.). *Manual de Métodos Ficológicos*. Pub. Universidad de Concepción, Concepción. Págs. 563-576.
- Romo H, A Pizarro & M Muñoz. 1985. Manejo de *Iridaea* sp. y la factibilidad de incremento en ambiente natural. Informe convenio SERPLAC VIII Región- Universidad de Concepción 154 pp.
- Romo H, K Alveal & C Werlinger. 2001. Growth of the commercial carrageenophyte *Sarcothalia crispata* (Rhodophyta, Gigartinales) on suspended culture in central Chile. *J. Appl. Phycol.* 13: 229-234.
- Santelices B. 1989. Algas marinas de Chile. Distribución, ecología, utilización y diversidad. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. 400 pp.
- Santelices B, JA Correa, D Aedo, M Hormazábal, V Flores & P Sánchez. 1999. Convergent biological processes among coalescing Rhodophyta. *J. Phycol.* 35: 1127-1149.

Vásquez J, M Ávila, J Cáceres, S Abades, MT Piel, N Piaget, D Rodríguez & A Vega. 2011. Evaluación de praderas y proposición de estrategias de sustentabilidad de algas carragenófitas en la V y VI Regiones. Informe Final Proyecto FIP 2008-52293.

Werlinger C, A Mansilla, A Villarroel & M Palacios. 2007. Effects of photon flux density and agricultural fertilizers on the development of *Sarcothalia crispata* tetraspores (Rhodophyta, Gigartinales) from the Strait of Magellan, Chile. J. Appl. Phycol. DOI 10.1007/s10811-007-9301-5.



Manual de una técnica para el repoblamiento de la luga negra,  
*Sarcothalia crispata* (Bory) Leister (Rhodophyta, Gigartinales), en  
praderas naturales, Región del Biobío.  
FONDEF-HUAM AQ12I0004