

Manual de una técnica para el repoblamiento de la luga corta, *Mazzaella laminarioides* (Bory) Fredericq (Rhodophyta, Gigartinales), en roqueríos intermareales, 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 corta, *Mazzaella laminarioides* (Bory) Fredericq (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 (Ci²CC), 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 corta, *Mazzaella laminarioides* (Bory) Fredericq (Rhodophyta, Gigartinales), en roqueríos intermareales, Región del Biobío. Proyecto FONDEF-HUAM AQ12I0004. 40 páginas.

Registro de propiedad intelectual N° 258540

Diagramación: Karla Osses, patagonmedia.com.

Contenido

Introducción	02
1. Biología de la luga corta	06
1.1 Distribución, hábitat y herbívoros de la luga corta	06
1.2 Morfología y crecimiento de la luga corta	08
1.3 Ciclo de vida de la luga corta	10
1.4 Tipos de reproducción de la luga corta	13
1.5 Ciclo productivo de la luga corta	14
2. Técnica de repoblamiento de la luga corta	17
2.1 Planificación de las actividades	19
2.2 Selección de los sitios y de época del año	21
2.3 Producción de juveniles en sustratos artificiales en laboratorio	24
2.4 Preparación de las perforaciones en las rocas	26
2.5 Siembra de las perforaciones con juveniles incubados en sustratos artificiales	30
2.6 Variantes del método para la siembra de luga corta en roqueríos	32
2.7 Procedimiento de control	34
Agradecimientos	36
Referencias sobre la luga corta	38





Fig. 1. Roquerío intermareal con una pradera de luga corta y diversas otras algas rojas, pardas y verdes en la Región del Biobío.

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 en los fondos rocosos. Además, algunas pueden formar bosques o praderas, siendo parte del hábitat donde se desarrollan otros organismos (Fig. 1).

MACROALGAS COMO RECURSOS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA

Algunas especies de macroalgas son recursos de importancia económica. 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 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. 2). 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 proviniedo 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 la luga corta ha disminuido ya sea por explotación, por desastres naturales (ver Fig. 18) 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 corta 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. 2. Secado de luga corta (centro) y luga negra (abajo) en Coliumo, Región del Biobío.

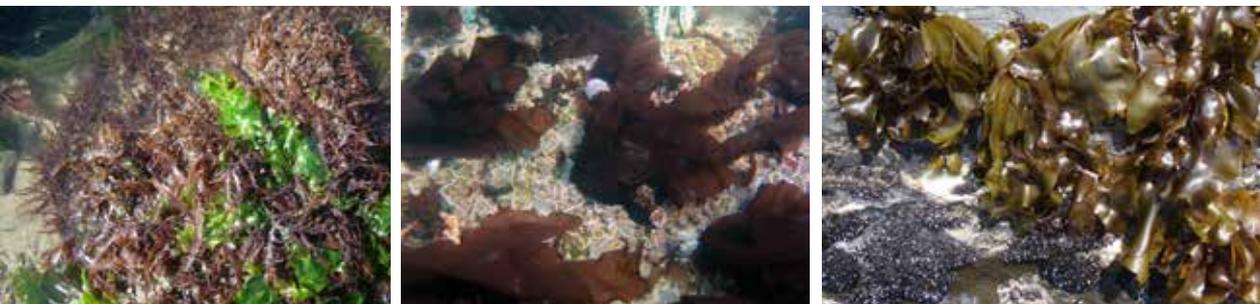


Fig. 3. Recursos algales estudiados en el proyecto FONDEF-HUAM AQ12I0004. De izquierda a derecha: chicoria de mar (*Chondracanthus chamissoi*), luga negra (*Sarcothalia crispata*), y luga corta (*Mazzaella laminarioides*).

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 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"**. En este proyecto propusimos generar técnicas de repoblamiento para tres recursos algales (Fig. 3): la chicoria de mar (*Chondracanthus chamissoi*), la luga negra (*Sarcothalia crispata*) y la luga corta o luga cuchara (*Mazzaella laminarioides*).

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. 4). 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. 4. Actividades en terreno con pescadores de los tres sindicatos participantes en el proyecto (de izquierda a derecha): Sindicatos 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 corta. Esta técnica está basada en los resultados experimentales obtenidos durante la ejecución del proyecto FONDEF-HUAM AQ12I0004. Una de las condiciones propuestas fue que la técnica fuera **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.

Este manual está dividido en dos partes. En la primera parte se presentan algunos aspectos de la biología de la luga corta. Se comienza con una breve descripción de la distribución y hábitat de la luga corta, 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 y de época del año (2.2). Luego, se describe el procedimiento para la producción de juveniles en sustratos artificiales en laboratorio (2.3). Esta sección está dirigida a quienes proveerán de juveniles para la siembra. A continuación se explica la forma para preparar las perforaciones en las rocas (2.4) y realizar la siembra (2.5). Se incluye, además, una descripción de variantes del método de siembra (2.6). Al final se incluye la descripción de un procedimiento de control de la siembra (2.7). Este manual también incluye una lista de estudios recientes sobre la luga corta.

Fig. 5. Luga corta formando una banda en un roquerío expuesto al oleaje.



Fig. 6. Luga corta creciendo sobre grandes bolones de roca.



1. BIOLOGÍA DE LA LUGA CORTA

1.1 DISTRIBUCIÓN, HÁBITAT Y HERBÍVOROS DE LA LUGA CORTA

El nombre científico actual de la luga corta o luga cuchara es *Mazzaella laminarioides* (Bory) Fredericq (Rhodophyta, Gigartinales). Sin embargo, hace algunos años, esta especie fue conocida como *Iridaea laminarioides*, y en los Anuarios de SERNAPESCA 2001 o anteriores es reportada como luga-luga en conjunto con la luga negra (*Sarcothalia crispata*) y otra luga (*Mazzaella membranacea*). En Chile la luga corta se encuentra desde la Región de Coquimbo hasta Tierra del Fuego (28-56°S).

Actualmente hay evidencia molecular que indica que la luga corta corresponde a tres especies que se distribuyen latitudinalmente en Chile. Aún no se ha determinado el nombre



Fig. 7. Luga corta y otras algas creciendo sobre choritos.

Fig. 8. Herbívoros de la luga corta.

que le correspondería a cada especie ni los caracteres de la morfología que permitan identificarlas. La luga corta de la Región del Biobío formaría parte de la especie del centro.

HÁBITAT DE LA LUGA CORTA

La luga corta es abundante desde la zona media a la zona baja de roqueríos intermareales de mediana y alta exposición al oleaje. En muchos sitios forma una banda claramente distinguible que se superpone parcialmente con la banda de chorito maico (*Perumytilus purpuratus*) (Fig. 5). También puede ser abundante en playas de grandes bolones expuestos al oleaje (Fig. 6).

Es abundante principalmente en superficies bien iluminadas por el sol y escasa en roqueríos sombríos. Está ausente de pozas intermareales y de superficies de roca que son cubiertas estacionalmente por arena. No es abundante en superficies verticales de roca.

Crece adherida a la roca y puede ser muy abundante creciendo a partir de grietas. También es frecuente encontrar luga corta creciendo sobre la concha de choritos (Fig. 7) y en algunos casos incluso sobre picorocos (*Jehlius cirratus*). La luga corta usualmente crece junto con otras algas rojas que tienen forma laminar o filamentosas.

ORGANISMOS QUE AFECTAN A LA LUGA CORTA

Otros organismos pueden afectar la abundancia de la luga corta. Estos son principalmente los herbívoros que pueden consumir las láminas o sus estructuras reproductivas, las esporas o los juveniles. Los principales herbívoros de la luga corta son diferentes tipos de lapa (*Fissurella* spp. *Scurria* spp.), chitones y caracoles (Fig. 8).



Fig. 9. Luga corta. Individuo esporofítico (izquierda) y gametofito femenino con cistocarpos (derecha).



1.2 MORFOLOGÍA Y CRECIMIENTO DE LA LUGA CORTA

La luga corta tiene una morfología bastante distintiva (Fig. 9). Cada individuo está compuesto por muchas láminas que crecen a partir de un mismo disco basal. El color de las láminas varía según la altura a la cual crecen en los roqueríos intermareales. Las que crecen en las zonas más bajas son café rojizas, mientras que las que se ubican en las zonas superiores son gradualmente más amarillentas (Figs. 5, 6 y 21). Cuando están sumergidas presentan un brillo iridiscente (Fig. 10).

Las láminas son alargadas, con forma de punta de lanza. Carecen de ramificaciones, y sólo rara vez presentan algunas dicotomías. Son aplanadas o con una curvatura cóncavo-convexa (Fig. 10). De ahí su nombre común de "luga cuchara". Su superficie es lisa. El estipe es largo, de varios centímetros de longitud, angosto,

y acanalado en el mismo sentido que la curvatura de la lámina (Fig. 11).

El tamaño de las láminas es variado (Fig. 9). Desde un mismo disco basal usualmente crecen varias láminas grandes y anchas, de hasta 10 o 15 cm de longitud y hasta de 5 cm de ancho, aunque es posible encontrar láminas de hasta 30 cm de longitud y de cerca de 7 u 8 cm de ancho. Las láminas grandes usualmente están reproductivamente maduras. Las demás láminas pueden ser muy numerosas (a veces más de 50) y son cortas y angostas, y corresponden usualmente a láminas vegetativas (aún no maduras).

Es muy frecuente encontrar láminas que se han roto, perdiendo usualmente la zona más cercana a la punta. La zona de ruptura cicatriza (Fig. 9). En la luga corta, estos bordes cortados nunca



Fig. 10. Brillo iridiscente en la luga corta cuando las láminas están sumergidas bajo agua.

presentan rebrotes o pequeñas laminitas, como lo hacen otras algas.

El disco basal (o disco de adhesión) es aplanado y relativamente circular, y puede alcanzar 1-2 cm de diámetro (Figs. 11 y 12). Su color es usualmente café rojizo, aunque puede tener sectores más verdosos. En el margen del disco crecen numerosos brotes de

láminas nuevas que son cada vez más pequeños a medida que están más cerca del margen. En algunas situaciones, como por ejemplo en algunas grietas, es posible encontrar numerosos discos que crecen juntos y se han fusionado. En estos casos la morfología del disco es variada y no es posible distinguirlos individualmente en forma visual.

Los discos aparentemente duran varios años, pudiendo producir láminas a lo largo de diferentes estaciones de crecimiento. Cuando son cosechadas, las láminas son arrancadas manualmente, pero el disco basal permanece y rebrota. Dependiendo de la época del año, al cabo de algunos meses estos discos ya pueden presentar nuevas láminas de tamaño cosechable. Dada esta capacidad de rebrote, 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.

Fig. 11. Disco basal con pequeñas láminas y estipes acanalados de láminas grandes.



Fig. 12. Disco basal creciendo sobre un chorito. Se distinguen brotes, láminas jóvenes y los estipes de láminas más grandes.



1.3 CICLO DE VIDA DE LA LUGA CORTA

La luga corta, al igual que la mayoría de las algas rojas, presenta tres etapas o **fases** a lo largo de **su ciclo de vida** (Fig. 13). Estas son las fases **tetraesporofítica, gametofítica y carpoesporofítica**. Este ciclo de vida se denomina "ciclo de vida trifásico". En la luga corta 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 gametofitos 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 mas-

culinas 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 las láminas femeninas 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.

Este tipo de ciclo de vida es común entre las algas rojas. 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 carposporofitos. El paso de una fase a otra ocurre sólo a través de la reproducción por esporas o a través de la fecundación.

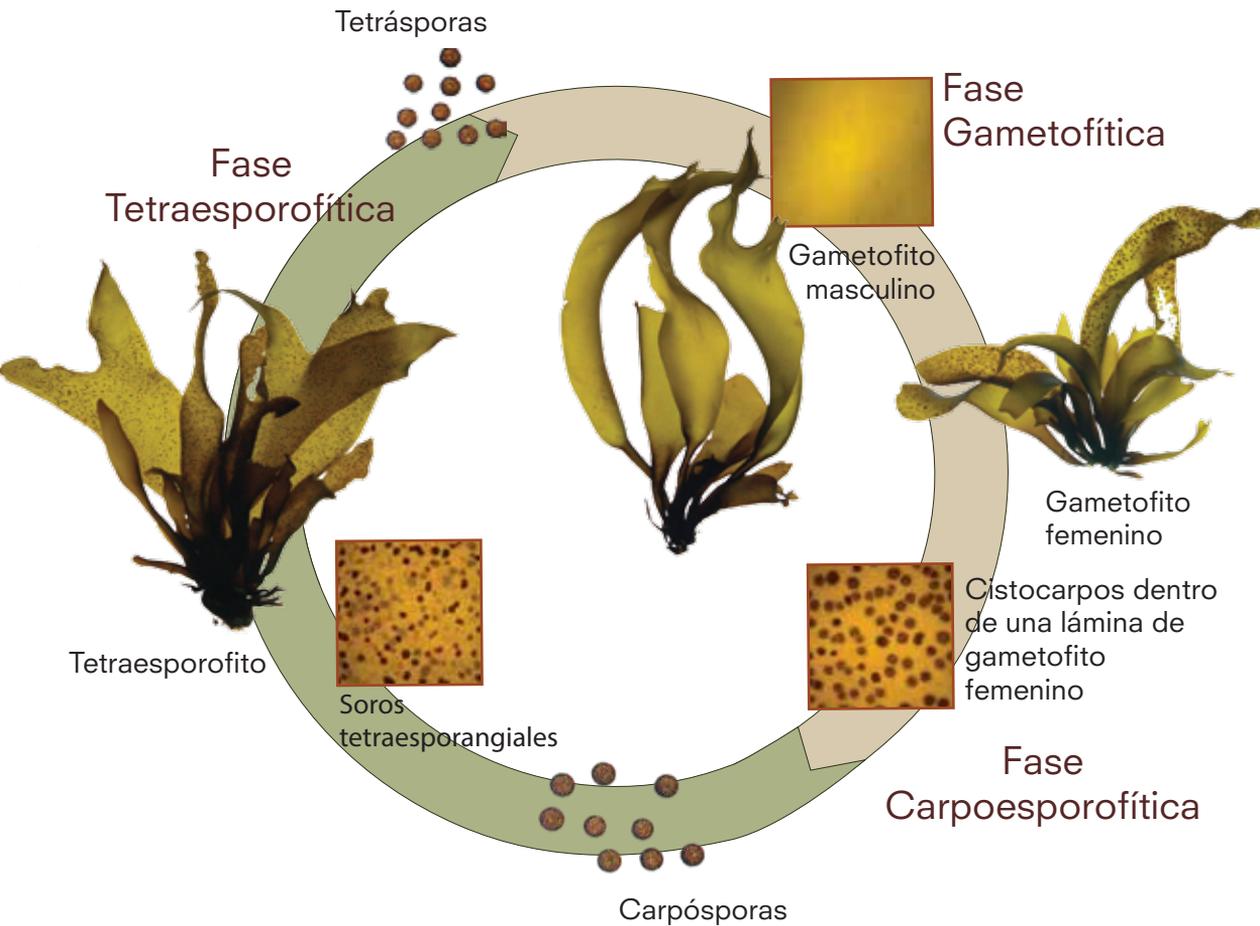


Fig. 13. Ciclo de vida de la luga corta. Las diferentes figuras no están a la misma escala.



1.4 TIPOS DE REPRODUCCIÓN DE LA LUGA CORTA

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 corta?**

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 corta, la reproducción sexual produce los carposporofitos, pero estos individuos crecen en forma parásita dentro de las láminas femeninas (ver Fig. 15), por lo que no pueden ser usados en forma directa para repoblamiento.

El segundo tipo de **reproducción** ocurre **a través de las esporas**. En la luga corta, al igual que en la mayoría de las algas rojas, se producen dos tipos de esporas: las tetrásporas y las carpósporas (Fig. 13). Estos dos tipos de espóra presentan algunas diferencias en viabilidad y supervivencia de los juveniles en

condiciones de cultivo de laboratorio, pero no se tiene resultados claros sobre si estas leves diferencias producirían resultados distinguibles en una siembra en el ambiente natural. 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 (ver Fig. 13).

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 a como se enterrarían "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 ha sido descrito para la luga corta.

Entre estos tres tipos de reproducción, la reproducción a través de esporas es la más apropiada para realizar actividades de repoblamiento.

1.5 CICLO PRODUCTIVO DE LA LUGA CORTA



Aparte del ciclo de vida, donde se alternan las fases y tipos de reproducción, es posible describir otro ciclo para las algas. Las láminas pasan por las etapas de crecimiento, maduración y liberación de esporas, y finalmente la etapa de senescencia. Un mismo disco de luga corta presenta numerosas láminas que pueden estar en diferente estado de maduración (ver Fig. 9). A pesar de esto, hay épocas del año cuando las láminas de una determinada etapa son dominantes o muy visibles en la población. La etapa dominante va cambiando a lo largo de las estaciones del año. Este es el ciclo productivo. Esta secuencia de etapas se repite año tras año. La descripción que sigue está basada en las etapas de desarrollo y maduración que sufren las láminas de luga corta. Se indica también la época del año en que esa

Fig. 14. Etapas en la maduración de láminas esporofíticas. a) lámina vegetativa; b) aparición de soros tetraesporangiales en los costados de la lámina; c) extensión de las zonas con soros hacia el centro de la lámina; d) lámina senescente que ha perdido parte del tejido.

etapa es más frecuente en la población.

La importancia de conocer el ciclo productivo es que indica la época cuando es más frecuente encontrar láminas con algunas características particulares. Además, es posible conocer la época del año en que ocurren los procesos naturales de reproducción, como la liberación de esporas. Esta información puede usarse en la planificación de las actividades de repoblamiento.

Como etapa inicial se puede considerar las láminas "jóvenes", o también llamadas vegetativas (Figs. 14a y 15a, ver también Fig. 9), ya que no han desarrollado aun las estructuras reproductivas (soros o cistocarpos). En la luga corta, esta etapa corresponde a las láminas pequeñas y angostas. Se puede encontrar láminas vegetativas durante todo el año, pero son las láminas más abundantes a fines del invierno y durante la primavera.

La siguiente es la etapa de maduración reproductiva y liberación de esporas (Figs. 14b y 15b y c). Las láminas crecen rápidamente, extendiéndose en longitud y ancho, llegando a tamaño mediano o grande. El crecimiento de las láminas ocurre en toda su superfi-

cie, aunque es mayor en la parte central, marginal y especialmente apical. Esta etapa se extiende desde que se comienzan a distinguir las estructuras reproductivas hasta que estas estructuras se encuentran por toda la lámina. Láminas en este estado son más abundantes a fines de primavera y durante el verano.

La última etapa en el ciclo productivo es la de senescencia. Láminas en estado de senescencia pueden ser encontradas con mayor frecuencia desde fines del verano hasta fines del invierno. Estas láminas ya han liberado muchas de las esporas y se debilitan en algunos puntos. Algunas zonas se ponen blandas y se decoloran, y finalmente se desprenden como pequeños pedazos. Esto frecuentemente ocurre desde la punta hacia la base de la lámina, por lo que su margen distal parece roto en forma irregular (Fig. 14d y 15d, ver también individuo femenino en Fig. 13).

Fig. 15. Etapas en la maduración de láminas cistocárpicas. a) lámina vegetativa; b) aparición de cistocarpos en los costados de la lámina; c) extensión de las zonas con cistocarpos hacia el centro de la lámina; d) lámina senescente que ha perdido parte de su tejido.

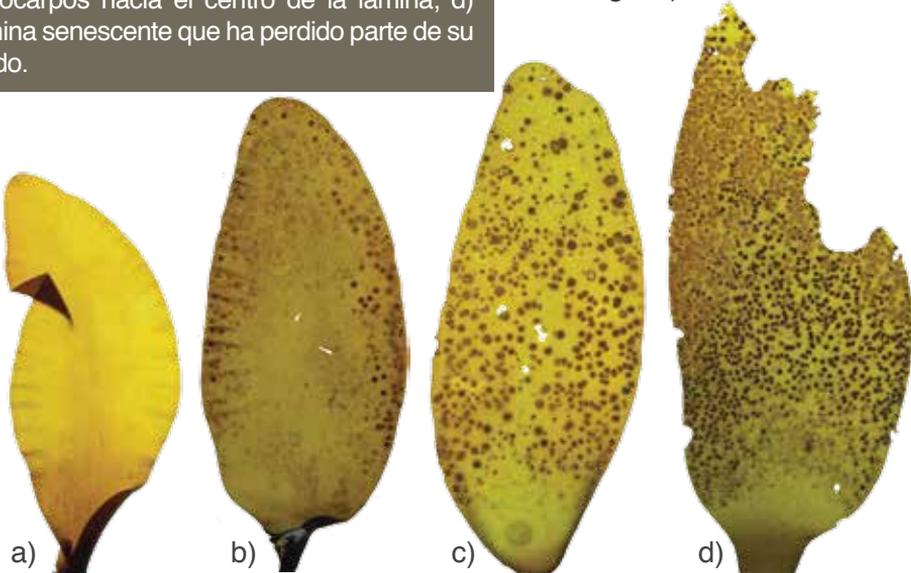




Fig. 16. Láminas tetraesporicas plenamente maduras. Los soros maduros apenas se distinguen en su superficie.



Fig. 17. Láminas cistocárpicas plenamente maduras. Los cistocarpos maduros se distinguen claramente en su superficie.

¿Cómo distinguir las láminas más 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 (Fig. 14), los soros aparecen primero en los costados y, a medida que avanza la maduración, progresivamente van apareciendo en la zona central y hacia la punta de la lámina, hasta abarcarla en forma completa, excepto por un área de forma triangular en la base. Cuando están maduros, los soros son muy oscuros, y apenas sobresalen de la superficie de la lámina (Fig. 16).

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 formándose en el interior de las láminas femeninas (Fig. 15). En la luga corta los cistocarpos tienden a aparecer primero en el margen de la lámina, extendiéndose hacia el centro y luego hasta la punta.

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. 17).

Las estructuras reproductivas se hacen visibles y se ponen oscuras porque se van llenando de miles de esporas. Los soros tetraesporangiales usualmente liberan las tetrásporas de una sola vez. Los soros ya evacuados se ven como manchas de color más claro que la lámina (Fig. 13 y 14c y d). En cambio, los cistocarpos que han evacuado usualmente presentan un tono más pálido en el centro (Fig. 13 y Fig. 15b, c y d) pero el color oscuro indica que aún conservan esporas en su interior.

Una lámina tiene muchas estructuras reproductivas en diferente grado de maduración. Esa lámina puede estar liberando esporas por varias semanas o incluso meses. La mayor liberación de esporas ocurre principalmente durante el verano y otoño.

2. TÉCNICA DE REPOBLAMIENTO DE LA LUGA CORTA

El repoblamiento o restauración de algas en roqueríos intermareales es un gran desafío, pero puede ser realizado con buena planificación y organización de las actividades. Estos roqueríos son hábitats extremos para las algas marinas ya que las rocas intermareales quedan expuestas periódicamente al sol directo y a la desecación, y también al agua de lluvia y a bajas temperaturas en invierno. Las algas adultas que habitan los roqueríos intermareales tienen la capacidad de resistir estas condiciones ambientales, pero sus esporas y los juveniles son mucho más frágiles. Esto hace que la tarea de intentar repoblar roqueríos intermareales con macroalgas a partir de esporas sea compleja. De hecho, a nivel mundial, son pocos los trabajos que reportan resultados de repoblamiento o restauración de roqueríos con algas intermareales. Esos trabajos se refieren a trasplantes o instalaciones imposible de implementar a escala mediana o grande. Sin embargo, otras alternativas son posible.

En la Región del Biobío la luga corta disminuyó su abundancia o desapareció completamente de muchos roqueríos intermareales como consecuencia del levantamiento tectónico producido por el terremoto de febrero, 2010 (Fig. 18). Observaciones



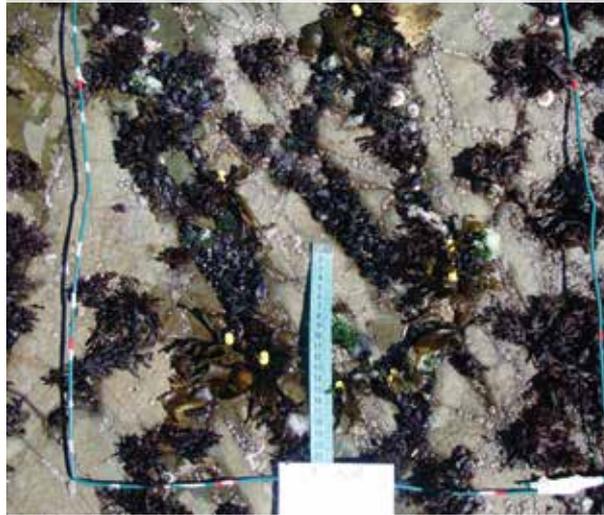
Fig. 18 . Roquerío en Punta Lavapié antes (arriba) y después (abajo) del levantamiento de la costa como consecuencia del terremoto de febrero 2010. Se observa el dramático efecto sobre la diversidad de organismos intermareales.

realizadas en algunos de estos roqueríos indicaron que la recolonización por algunas algas y picorocos se iniciaba en grietas en las rocas (Fig. 19). Los pocos individuos de luga corta que habían recolonizado las rocas intermareales también crecían desde grietas (Fig. 20), sugiriendo que las grietas representan refugio. En las

Fig. 19. Recolonización por macroalgas laminares e incrustantes, y por picorocos, a partir de grietas en roqueríos intermareales de Punta Lavapié.



Fig. 20. Recolonización de luga corta (marcas amarillas) y otros organismos a partir de grietas en roqueríos de Punta Lavapié.



actividades experimentales realizadas durante el proyecto FONDEF-HUAM AQ12I0004 se usaron grietas y perforaciones taladradas en la roca como puntos para instalar los nuevos individuos. A partir de los resultados obtenidos se propone un procedimiento para repoblar o restaurar poblaciones de luga corta. La primera técnica ocupada fue la siembra directa de grietas, pero tuvo un éxito limitado. Se implementó una segunda técnica que consistió en **la inoculación de esporas en sustrato artificial e incubación de juveniles en laboratorio, seguida por su trasplante a perforaciones en los roqueríos**. Esta técnica fue más exitosa, y se describe con detalle.

Esta técnica de repoblamiento, desarrollada por el equipo técnico de este proyecto y descrita en este manual, es una herramienta que permitirá restaurar praderas de luga corta en roqueríos donde ha desaparecido. Esta

técnica también puede ser aplicada para aumentar la abundancia de luga corta en praderas ya existentes, e incluso para instalar praderas en zonas con condiciones apropiadas para el desarrollo de la luga corta. En todos estos casos se estará aumentando la capacidad de producción de este recurso.

La técnica está pensada como esfuerzos focalizados en sitios seleccionados, como por ejemplo, algunas zonas acotadas en los roqueríos. Una vez realizada la acción de repoblamiento y confirmado el establecimiento de los nuevos individuos, se debe dar el tiempo necesario para que las láminas crezcan y se reproduzcan en forma natural. Esto podría demorar uno o dos ciclos productivos. Los nuevos individuos establecidos formarán pequeños manchones de luga corta a partir de los cuales ocurrirá la colonización natural de los sectores circundantes, favoreciendo la producción de la pradera.

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 de personas tiene sus propias formas de coordinarse, pero es esencial realizar una planificación de las actividades y luego hacer 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 se podrá proponer modificaciones y recomendaciones para futuras acciones.

A continuación se sugieren algunos aspectos que debieran 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 los sitios han sido seleccionados (ver sección 2.2), se debe caracterizar cada uno, registrando información como su ubicación, exposición, pendiente, la ocurrencia y abundancia de luga corta y de otros organismos importantes para este recurso, y otras características que se considere relevantes. Ponerle un nombre (o un número) a cada sitio facilita su seguimiento.
- Información sobre los materiales usados. Se debe registrar el tipo de materiales usados en las actividades y la forma como fueron adquiridos. Es fundamental registrar el lugar de origen de las láminas de luga corta que se ocupen en la actividad de siembra.
- Nombre de las personas que participan en cada etapa, y tarea que realizan. Esto es importante, por ejemplo, en caso

Fig. 21. Roquerío intermareal con luga corta.



de que se deba revisar algún procedimiento o alguna información.

- Anotaciones que permitan mejorar la actividad. Se sugiere dejar constancia de las observaciones que realicen los diferentes participantes al momento de hacer la siembra y, más tarde, las observaciones que realicen en cada control de la siembra. Estas observaciones pueden permitir distinguir los procedimientos que fueron más

exitosos y los que no lo fueron, y será útil para evaluar el grado de éxito de la actividad.

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

2.2 SELECCIÓN DE LOS SITIOS

¿Cómo elegir los sitios para realizar una actividad de repoblamiento de luga corta? ¿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 los juveniles deben haber sido elegidos con anterioridad a la actividad principal de repoblamiento. La selección de los sitios puede ser hecha con diferentes criterios.

Una alternativa es elegir las mismas superficies de roca donde hubo luga corta, pero donde se ha perdido o su abundancia ha disminuido. La presencia anterior del recurso debiera ser un indicador confiable para el éxito de la siembra. Este procedimiento es aplicable en algunos casos pero, en los sitios donde la costa se elevó, ahora hay roqueríos con nuevas características en la zona intermareal.

Otra alternativa es basarse en la experiencia del grupo de personas que ha trabajado con este recurso. Se tiene conocimiento del hábitat de la luga corta y las condiciones en las que es abundante. La información resumida en la primera parte de este manual, junto con otra información publicada, y la experiencia de las personas puede ser usada para buscar sitios.

A continuación se indican algunos factores que pueden afectar la abundancia de la luga corta y que es necesario considerar al momento de elegir un sitio. Estos son factores importantes en su hábitat natural, como se indicó en la primera parte de este manual, aunque 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 sembrar los juveniles.** El método propuesto consiste en sembrar juveniles en perforaciones taladradas en las rocas. Es fácil taladrar algunas rocas, como la arenisca, pero el granito es más duro y difícil de perforar.

- **Altura intermareal.** La altura a la que se encuentra un sitio en la zona intermareal afecta varios factores relevantes para la supervivencia de los juveniles. Tal vez el factor más importante es la desecación. Para disminuir los riesgos de desecación se sugiere elegir la zona intermareal media o baja. Esta corresponde a la franja donde abundan los choritos, y se extiende hasta el límite superior de los huiros negros o chascones (*Lessonia spicata*) (Fig. 5). Un segundo factor es la abundancia de herbívoros de luga corta. Las zonas más bajas pueden

tener mayor cantidad de herbívoros que las zonas medias y altas.

- **Exposición al oleaje.** Se recomienda elegir zonas de mediana a alta exposición al oleaje. Para trabajar en forma más segura, es conveniente realizar las actividades durante los períodos de las mareas más bajas y en condiciones de mar tranquilo.

- **Exposición al sol.** Se recomienda elegir zonas expuestas directamente al sol, y evitar las zonas permanentemente sombrías.

- **Pendiente de la superficie de la roca.** Se recomienda elegir superficies horizontales o con poco declive, y evitar las superficies verticales.

- **Zona de bolones.** La luga corta habita plataformas rocosas y también bolones de gran tamaño (mayores a 0,8 o 1 m de diámetro, ver Fig. 6). Los bolones grandes son más estables, y usualmente presentan picorocos y varios tipos de algas en su superficie. La siembra puede ser efectiva en algunas caras de los bolones, sin embargo los espacios entre bolones pueden esconder caracoles u otros herbívoros que podrían consumir los juveniles.

- **Pozas intermareales.** Se recomienda evitar las pozas intermareales y las zonas cercanas a ellas (30-50 cm desde su margen). Las pozas pueden mantener caracoles u otros herbívoros que afecten la siembra.



- **Presencia de arena.** Se debe evitar las zonas que sean cubiertas por arena o por otros sedimentos. Dado que la arena puede avanzar o retroceder en forma estacional, podría no ser visible en un determinado momento, pero aparecer en otra estación del año.

- **Presencia de otros organismos.** La presencia de algunos organismos puede afectar en forma severa el éxito de la siembra. Algunos herbívoros son siempre visibles ya que son poco móviles, como algunas "lapas o sombreritos" (*Scurria* spp.) y chitones (*Chiton granosus*) (Fig. 8), mientras que otros son muy móviles y se esconden durante el día, como algunos caracoles.

¿Qué época del año es mejor para lograr la mayor supervivencia de juveniles?

Un aspecto importante de decidir es la época del año apropiada para realizar el repoblamiento. La mayor liberación de esporas ocurre durante el verano y otoño. Sin embargo, la supervivencia de juveniles se ve afectada por las condiciones ambientales de los roqueríos durante el verano. Entonces, se sugiere el otoño como la época principal para hacer la actividad, imitando lo que ocurre en el ciclo productivo. Es necesario indicar que lo anterior no descarta la posibilidad de éxito si la actividad se realiza en otras épocas del año.



2.3 PRODUCCIÓN DE JUVENILES EN SUSTRATOS ARTIFICIALES EN LABORATORIO

Esta sección está dirigida a quienes proveerán los sustratos con juveniles incubados en laboratorio.

Para obtener juveniles de luga corta que puedan ser trasplantados a los roqueríos, se requiere obtener esporas y sembrarlas sobre un sustrato, y luego incubarlo en laboratorio por unas semanas para permitir su crecimiento. Este es un procedimiento directo y común para técnicos o profesionales con un poco de experiencia de trabajo de laboratorio con macroalgas.

El primer paso es la obtención de una suspensión de esporas. Para ésto, se debe coleccionar láminas tetraspóricas y/o cistocárpicas con muchas estructuras reproductivas maduras (ver sección 1.5) y transportarlas al laboratorio. Se recomienda hacerlo en bolsas plásticas en un contenedor con temperatura controlada (tipo hielera o "cooler"). Las láminas deben ser coleccionadas en la misma área donde se hará el repoblamiento o desde un lugar cercano, pero no se debe trasladar láminas desde otras regiones hacia la Región del Biobío.

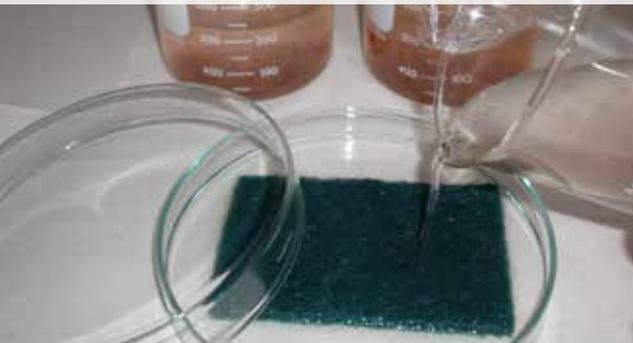
En el laboratorio, y trabajando las láminas tetraspóricas y cistocárpicas por separado, las láminas deben ser lavadas rápida pero eficazmente en agua potable y luego puestas en agua de mar filtrada

(usando filtros de 0,45 μm o más fino) y esterilizada. Se puede usar una esponja blanda (esponja de uso doméstico, limpia y sin uso previo con detergentes) para limpiar la superficie de las láminas. No se debe usar escobillas de cerdas plásticas o esponjas abrasivas que raspen o rompan la superficie de las láminas.

Con respecto a las láminas, se recomienda cortar y retener sólo las zonas reproductivas, eliminando el estipe y base de las láminas. También se recomienda recortar zonas que tengan tejido blando, decolorado o de aspecto no sano o senescente. Luego, en forma opcional, las láminas ya lavadas pueden ser puestas a desecar sobre papel absorbente sobre una bandeja o mesón a temperatura ambiente, a la sombra, durante 2 a 4 horas. Este breve período de desecación usualmente favorece la esporulación.

Cumplido el plazo, y trabajando por separado las láminas tetraspóricas y cistocárpicas, se pone cada tipo de lámina en un vaso de precipitado de 1000 mL y se agrega agua de mar filtrada y esterilizada hasta cubrirlas totalmente. Luego, los vasos de precipitado deben ser instalados por 12 a 24 horas en un lugar con

Fig. 22. Inoculación de una suspensión de esporas sobre un sustrato artificial (esponja abrasiva de uso doméstico) en laboratorio.



condiciones de cultivo controladas, ya sea una cámara de cultivo o una sala de cultivo con temperatura de 13 ± 1 °C, luz blanca, intensidad de flujo fotónico de 20-50 $\mu\text{moles de fotones m}^{-2}\text{seg}^{-1}$ y fotoperiodo 12:12 (luz:oscuridad). Es conveniente instalar un sistema que provea aireación constante dentro de cada vaso de precipitado.

Transcurrido el tiempo de esporulación, se retiran las láminas, se tamiza el agua y se revisa una muestra bajo microscopio para confirmar la presencia de esporas. Si el agua ha tomado un tono rosado (Fig. 22), es una buena indicación que hay abundantes esporas. Esta suspensión de esporas no puede ser almacenada sino que debe ser usada de inmediato para la inoculación de los sustratos.

El segundo paso consiste en la inoculación de las esporas sobre los sustratos artificiales. Para realizar los trasplantes a perforaciones en las rocas es necesario que los sustratos con juveniles puedan ser instalados con facilidad, y que haya numerosos juveniles creciendo sobre ellos. El sustrato ocupado en las experiencias del proyecto FONDEF-HUAM AQ1210004 fue una esponja abrasiva de

uso doméstico (Fig. 22). La esponja no debe haber tenido uso previo. Para soltar y remover parte del material sólido que la compone, debe ser apretada y arrugada con la mano y luego enjuagada varias veces con agua potable. Finalmente debe ser hervida unos minutos y luego dejar que se seque.

Para la inoculación de las esporas, se recomienda que los sustratos sean puestos en cápsulas de Petri grandes (25 mm de alto y 15 cm de diámetro). La inoculación se realiza vertiendo la suspensión de esporas sobre los sustratos (Fig. 22). Sólo si es necesario, se debe agregar agua de mar hasta que el sustrato totalmente cubierto. Luego las cápsulas deben ser tapadas y puestas en las mismas condiciones de cultivo que se indicaron más arriba y sin movimiento por 24-48 horas para permitir que las esporas se adhieran a los filamentos de la esponja. Cumplido este tiempo, se reemplaza cuidadosamente el agua de mar por medio de cultivo (e.g., f/2 o medio Provasoli).

Se recomienda incubar los sustratos al menos por cuatro semanas en las condiciones de cultivo indicadas anteriormente, reemplazando el medio de cultivo semanalmente. Si en vez de cápsula de Petri se usa un contenedor de borde más alto, entonces se puede agregar un sistema que provea aireación en forma suave para mantener el medio de cultivo en movimiento. Se puede prolongar el período de incubación para obtener juveniles de mayor tamaño y desarrollo.

2.4 PREPARACIÓN DE LAS PERFORACIONES EN LAS ROCAS

Los sustratos con juveniles serán trasplantados a perforaciones taladradas en las rocas. La preparación de estas perforaciones es tarea del grupo de personas que hará la siembra. El trabajo es sencillo, particularmente si los roqueríos están hechos de rocas blandas. La cantidad de perforaciones depende del esfuerzo que se quiera realizar.

¿Dónde hacer las perforaciones?
¿Cómo distribuir las perforaciones en los roqueríos? **¿Cuántas perforaciones taladrar?** Primero se debe decidir cuántos sitios se va a trabajar y cuál será su ubicación en los roqueríos (ver sección 2.2). Hecho ésto, se puede comenzar el trabajo de perforación. Para organizar o distribuir las perforaciones en las rocas se sugiere trabajar a tres escalas espaciales (Fig. 23): una escala mayor (el "sitio"), una escala mediana (el "cuadrante") y una escala menor (el "grupo"). Si se organizan las perforaciones de esta manera se facilita el trabajo para la perforación de la roca, la siembra de los sustratos y también el seguimiento de la actividad en los meses siguientes. Además, el resultado final serán pequeños manchones de luga corta a partir de los cuales se producirá la siembra natural de los sitios circundantes.

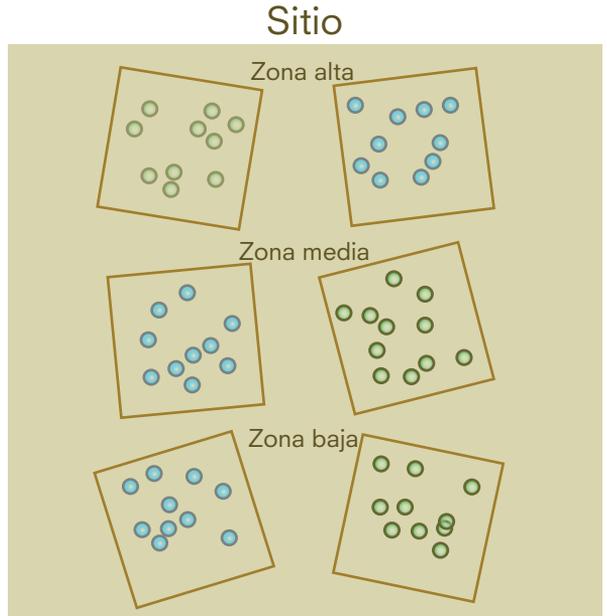


Fig. 23. El esquema muestra, como ejemplo, una posible distribución de los grupos de perforaciones para la siembra de luga corta en un sitio. En este ejemplo se han definido tres zonas (alta, media y baja) dentro de la banda que corresponde a la luga corta. En cada zona se ha marcado dos cuadrantes. Los círculos verdes representan grupos de 10 perforaciones sembradas con esporofitos, y los círculos azules representan grupos de 10 perforaciones sembradas con gametofitos.

Como se indicó, la escala mayor será el sitio. En el ejemplo ilustrado en la Fig. 23, cada sitio corresponde a una franja imaginaria de 1-2 m de ancho, orientada verticalmente (de tierra a mar) en la superficie de los roqueríos.

Dentro de cada sitio se deberá definir la ubicación de los cuadrantes. Esta es la

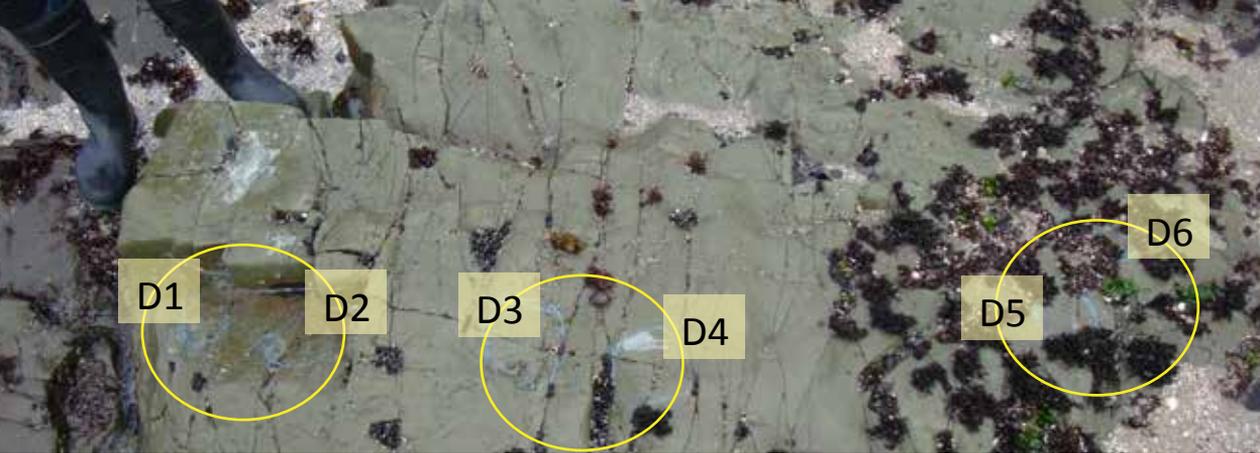


Fig. 24. Fotografía de un sitio experimental. En este ejemplo se instalaron tres cuadrantes (círculos amarillos), cada uno con dos grupos de perforaciones (dibujados en la roca con lápiz celeste). Correspondía al sitio D, y los grupos fueron numerados D1 a D6. Una fotografía como ésta permite volver a encontrar las perforaciones con facilidad.

escala mediana. Un cuadrante es un área delimitada, que puede ser cuadrada, pero también puede tener otra forma (ver fig. 24). Se sugiere que los cuadrantes tengan un área cercana a 50x50 cm. Al igual que para la ubicación de los sitios, la ubicación de los cuadrantes también es muy importante para el éxito de la siembra. Se sugiere repartir los cuadrantes a lo largo del sitio, a diferentes niveles en el roquerío.

Dentro de cada cuadrante se sugiere repartir las perforaciones en pequeños grupos (Fig. 25). Esta es la escala más pequeña. Se sugiere que los grupos estén formados al menos por 10 perforaciones, separadas 1-3 cm entre sí. De esta manera, cuando crezcan los individuos sembrados se formarán pequeños manchones de luga corta. Se sugiere que todos los grupos tengan la misma cantidad de perforaciones para facilitar y ordenar las tareas de perforación, siembra y luego seguimiento de la actividad.

Si se ha decidido sembrar juveniles de ambas fases del ciclo de vida (esporofitos y gametofitos), entonces es necesario incluir esta variable al hacer las perforaciones. Se puede designar algunos cuadrantes para gametofitos juveniles y otros para esporofitos juveniles (por ejemplo, ver esquema en Fig. 23). Alternativamente, se puede decidir que algunos de los grupos en cada cuadrante serán sembrados con gametofitos juveniles y otros con esporofitos juveniles. Todas estas decisiones deben quedar registradas en el cuaderno de protocolo.

¿Cómo hacer las perforaciones?

Se recomienda que la tarea de perforación sea realizada unos días antes de la siembra, permitiendo que el agua de las olas lave las perforaciones. Es más fácil organizar el trabajo de perforación si se hacen marcas con lápices-plumones permanentes y/o con cinta para enmascarar (Fig. 25 y 26), que debe ser removida al terminar la jornada de trabajo.



Fig. 25. Perforaciones en la roca sembradas con trozos de un sustrato artificial que contiene juveniles de luga corta. Las flechas indican seis de las diez perforaciones de este grupo. Las marcas azules fueron hechas con un marcador indeleble.

Para hacer las perforaciones se requiere un taladro manual a batería y contar con algunas baterías recargables de reemplazo. Nunca se debe usar taladros eléctricos conectados a la red eléctrica con cables extensores o conectados a un generador de electricidad. El ambiente marino en los roqueríos es húmedo y salino, y el peligro de un cortocircuito o un golpe eléctrico es muy alto, poniendo en riesgo a las personas.

Las perforaciones deben ser pequeñas y poco profundas. Se sugiere que sean de 3-4 mm de diámetro y de 5 mm de profundidad (ver Fig. 25). Para taladrarlas se requiere brocas para concreto. Se sugiere hacer las perforaciones a lo largo de grietas finas que ocurren en forma natural (Fig. 27, ver también Figs. 32 a 34). Estas grietas permanecen húmedas y por su interior escurre agua que puede favorecer la supervivencia de los juveniles.

Al taladrar la roca se produce polvo y la broca se calienta. Para remover los residuos y enfriar la broca basta con agregar agua de mar mientras se hace la perforación y remover los residuos con una escobilla fina o un pincel de cerdas duras.

¿Cómo marcar los sitios?

Para facilitar el trabajo durante la siembra y el seguimiento de los organismos sembrados en los meses siguientes es necesario asegurar que cada uno de los sitios, cuadrantes y grupos de perforaciones pueden ser encontrados nuevamente. El aspecto de la roca alrededor de los grupos de perforaciones puede cambiar en uno o dos meses, ya sea porque crecen algas o aparecen picorocos o choritos que pueden taparlas. Si no es posible encontrar las perforaciones, no será posible evaluar si el esfuerzo tuvo éxito.

A continuación se sugieren varias formas para identificar las áreas con perforaciones y facilitar su reencuentro. Se pueden usar más de una forma para asegurar que estos puntos pueden ser encontrados nuevamente. El tipo de marca y su ubicación deben quedar descritas en el cuaderno de protocolo.

- Se puede hacer marcas en la roca usando un cincel y un martillo. Con estas herramientas se puede "tallar" cruces o líneas cortas en la roca, en un lugar prominente y visible en la parte superior de la franja imaginaria que delimita el sitio, o cercano a los cuadrantes. Estas marcas deben ser pequeñas pero claramente visibles y distinguibles por las personas que hicieron la actividad. En forma similar, se puede hacer perforaciones usando el taladro. Incluso en estas perforaciones

para marcas se puede poner tarugos plásticos (que son de colores dependiendo de su tamaño).

- Se puede tomar fotografías digitales desde cierta distancia (ver Fig. 24 y 26), y poner objetos señalando la posición de los cuadrantes o grupos. Para señalar los grupos y cuadrantes se puede marcar la roca con plumones permanentes. Algunas fotografías deben ser tomadas desde cerca, pero otras desde más lejos asegurando que se incluye aspectos identificables del sitio, como por ejemplo, la presencia de una poza o de una grieta grande, o una roca claramente identificable. Para el trabajo posterior se requerirá imprimir las fotografías y protegerlas en bolsas plásticas para poder trabajar con ellas en terreno sin que se deterioren. A partir de las fotografías se puede dibujar o complementar esquemas en papel.

- Se puede dibujar esquemas señalando la posición de los sitios en la playa, de los cuadrantes en un sitio, y de los grupos en un cuadrante. Si el esquema incluye los aspectos morfológicos principales, se

facilita el reconocimiento de los cuadrantes y grupos. La ventaja de un esquema es que al hacerlo se puede hacer anotaciones específicas de aspectos relevantes y distintivos del lugar que faciliten volver a encontrarlos.

El uso de marcas en las rocas, de fotografías y a la elaboración de esquemas son métodos complementarios, y se sugiere que se usen en conjunto.

Otros métodos son menos recomendables. El uso de un GPS podría ser útil para ubicar los sitios en la playa, pero un GPS no es muy útil para distinguir puntos separados entre sí por sólo un par de metros. Por otra parte se debe evitar hacer marcas con elementos que puedan ser tóxicos para los organismos, como tornillos hechos de bronce o que contengan cobre. No se recomienda el uso de pintura spray o de masilla epóxica ya que tienen un impacto visual permanente. Además, la pintura spray no permanece mucho tiempo en las rocas.

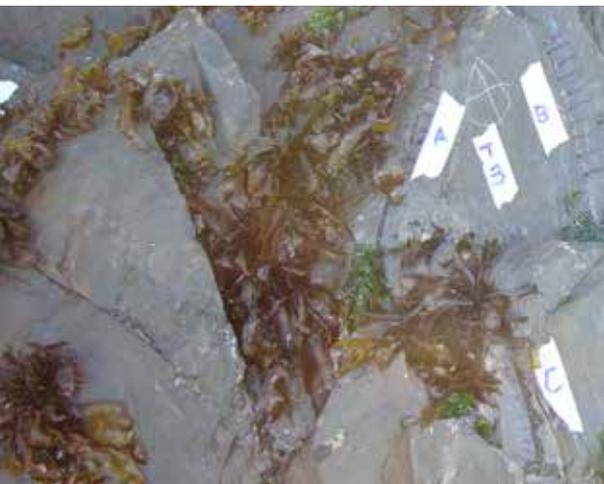


Fig. 26. Ejemplo de un sitio en el que no se han definido cuadrantes, pero se han hecho grupos de perforaciones en la roca y se han puesto marcas temporales que los identifican.

2.5 SIEMBRA DE LAS PERFORACIONES CON JUVENILES INCUBADOS EN SUSTRATOS ARTIFICIALES

Para el momento de la siembra se debe contar con los sustratos artificiales que contengan juveniles en crecimiento. Es necesario recordar que estos juveniles son organismos marinos vivos de muy pequeño tamaño. Las láminas de luga corta pueden resistir las condiciones de los roqueríos, pero los juveniles son mucho más frágiles y el aire seco puede desecarlos fácilmente. Por esta razón, los sustratos con juveniles deben ser mantenidos protegidos en cajas plásticas en un lugar a la sombra y fresco.

Si los juveniles fueron incubados en trozos "grandes" de sustrato artificial (como las esponjas abrasivas), entonces es necesario cortarlos en cuadrados pequeños de 5x5 mm (ver Fig. 29). Esto debe ser hecho con cuidado, manipulando los sustratos lo menos posible, evitando doblarlos o arrugarlos ya que algunos juveniles podrían ser desprendidos. Una vez cortados, estos cuadrados deben ser mantenidos en una caja plástica con sólo un poco de agua de mar en el fondo.

Hay elementos que pueden dañar los juveniles y deben ser evitados. Por ejemplo, al momento de cortarlos los sustratos no deben ser marcados con plumones marcadores permanentes ya que el solvente de la tinta puede ser tóxico para

los juveniles. Tampoco se debe usar agua potable con los juveniles, sólo se debe usar agua de mar fresca. Si se requiere usar objetos metálicos como tijeras o pinzas, lo más recomendable es que sean de acero inoxidable. Todos los materiales que entren en contacto con los sustratos deben estar limpios y sin restos de detergente o de otros compuestos que pueden ser dañinos para los juveniles.

En cuanto a las perforaciones, es recomendable que hayan sido hechas unos días antes de la siembra, permitiendo que se laven en forma natural con el oleaje. Sin embargo, al momento de la siembra deben ser limpiadas con una escobilla fina o un pincel de cerdas duras para remover sedimentos y pequeños caracoles, gusanos o cualquier otro organismo que pueda haber entrado.

La siembra de los juveniles es un proceso fácil y directo. En una caja plástica se lleva un grupo de sustratos, ya cortados en pequeños cuadrados, al sitio que se va a sembrar. El resto de los trozos de sustrato deben ser mantenidos en un lugar seguro y protegido, que no vaya a ser volteado por el viento o llevado por las olas, y que no quede expuesto al sol. Se identifican y limpian las perforaciones de uno de los cuadrantes. Luego, con

una pinza fina, se toma uno de los cuadrados de sustrato y se introduce en la perforación, asegurando que no quede sobresaliente de la superficie de la roca. Se repite esta acción hasta que todas las perforaciones estén sembradas (Fig. 25). Se sugiere terminar la operación mojándolos con un poco de agua de mar.

Los trozos de sustrato artificial son más grandes que la perforación. Esto favorece que queden apretados y no sean removidos por el oleaje. Sin embargo, para meter los sustratos en las perforaciones habrá que apretarlos, pero debe ser lo más suave posible, evitando torcerlos o moverlos mucho ya que algunos

juveniles pueden resultar desprendidos. Es importante que los sustratos no queden muy holgados en la perforación ya que podrían ser removidos con facilidad por el oleaje.

Si se está usando juveniles de las dos fases del ciclo de vida, es importante estar atento y realizar la siembra de cada fase en la forma como fue planeada. Finalmente, si la planificación lo permite, se sugiere que la siembra sea hecha cuando la marea baja ocurra en horas de la tarde. De esta manera los juveniles no serán expuestos inmediatamente a condiciones desecantes durante ese día.

Fig. 27. Grupo de perforaciones que ya están sembradas con sustratos artificiales inoculados en laboratorio. El grupo y las perforaciones están identificados con marcas temporales.



2.6 VARIANTES DEL MÉTODO PARA LA SIEMBRA DE LUGA CORTA EN ROQUERÍOS

¿Se puede hacer la siembra de luga corta si no se cuenta con juveniles creciendo en sustratos artificiales?

La luga corta puede ser sembrada en perforaciones en los roqueríos a pesar de que no se cuenta con juveniles creciendo en sustratos artificiales. Una forma de hacerlo es preparar perforaciones de la misma manera descrita anteriormente (ver sección 2.4). La diferencia es que lo que se sembrará serán fragmentos de láminas reproductivas.

Se sugiere usar láminas cistocárpicas muy maduras (ver sección 1.5). Las láminas deben ser colectadas sólo pocas horas antes de la siembra. Una vez que

se tiene las láminas, se recortan pequeños rectángulos de alrededor de 5×15 mm, asegurándose de incluir varios cistocarpos muy maduros (Fig. 28).

Para realizar la siembra, el fragmento de lámina se pone atravesado sobre la perforación. Luego, con una pinza se toma un trozo de esponja (esponja abrasiva de uso doméstico, cortada en cuadrados de 5×5 mm) y se empuja el fragmento hacia el interior de la perforación. Hecho ésto, se puede mojar la perforación con un poco de agua de mar. La esponja debe permanecer en la perforación afirmando el fragmento (Fig. 28). El fragmento permanecerá unos

Fig. 28. Siembra directa de fragmento de lámina en una perforación. A la izquierda se distingue la perforación, el fragmento de lámina reproductiva, la punta de la pinza y la esponja que se usará para fijar el fragmento en la perforación. A la derecha se observa el fragmento de lámina sembrado, con sólo el margen asomando desde la perforación.



Fig. 29. Grieta sembrada con sustratos inoculados en laboratorio.



días antes de necrosarse, y liberará esporas que se asentarán dentro o en el borde de la perforación.

En esta variante la siembra de la roca es con esporas, por lo que se espera que el crecimiento inicial sea más lento que el crecimiento de juveniles incubados en condiciones de laboratorio.

¿Se puede hacer la siembra de luga corta si la roca es muy dura para ser perforada?

Se ha planteado aquí la siembra de luga corta en perforaciones taladradas en la roca. Sin embargo hay rocas que son muy duras y difíciles de taladrar. En estos casos se puede obtener juveniles creciendo en sustratos artificiales y sembrar grietas naturales (Fig. 29). Se propone buscar grietas delgadas que tengan condiciones apropiadas para la luga corta. Se recomienda raspar las paredes de la grieta, dejando roca desnuda. Luego se puede sembrar sustratos

artificiales inoculados de la misma forma como fue explicado para las perforaciones (ver sección 2.5).

La desventaja de esta variante es que el tamaño, cantidad y ubicación de las grietas naturales es variable. Entonces, no siempre habrá grietas apropiadas en los lugares que se desea sembrar. Otra desventaja es que las paredes de las grietas usualmente ya contienen organismos que podrían afectar negativamente a los juveniles sembrados, por lo que es recomendable raspar esa roca para removerlos.

¿Se puede combinar estos dos métodos alternativos? Finalmente, si no se cuenta con juveniles creciendo en sustratos artificiales y tampoco se cuenta con perforaciones hechas en la roca, se puede intentar sembrar fragmentos de luga corta en grietas naturales, combinando los procedimientos descritos en esta sección.

2.7 PROCEDIMIENTO DE CONTROL

Fig. 30. Lupa cuentahilo.



Se debe planificar un programa de control o revisión de la siembra. Su objetivo es evaluar en forma periódica y sistemática el grado de éxito de la actividad. Estos procedimientos de control se hacen más fáciles si se ha preparado un buen material de apoyo, como fotografías en las que se indica la posición de los grupos de perforaciones (ver Fig. 24.).

El crecimiento de juveniles de pocas semanas de edad de la luga corta es lento, y en el ambiente natural dependerá de la estación del año cuando se hizo la siembra. Sin embargo, se recomienda hacer una primera revisión luego de 2 o 4 semanas desde la siembra. En este primer control los juveniles son aún muy pequeños para ser distinguidos, pero se debe revisar si las perforaciones aún contienen en su interior los sustratos que fueron sembrados. No es necesario tocar los sustratos, basta con revisar (y anotar) si aún están dentro de las perforaciones. Para estas observaciones se puede usar una lupa de mano (por ejemplo una lupa cuentahilo, Fig. 30). Además, es conveniente anotar las observaciones del estado de cada sitio, cuadrante y grupo de perforaciones al momento de esta revisión.

Si alguna de las perforaciones está vacía (sin la esponja), se puede intentar repetir

Fig. 31. Juveniles de pequeño tamaño creciendo sobre sustratos artificiales recuperados desde los roqueríos en actividades experimentales de siembra.



Fig. 32. *Mazzaella laminarioides* creciendo desde perforaciones sembradas con sustratos artificiales inoculados con juveniles.



la siembra en la medida de que se disponga de nuevos sustratos con juveniles. Como alternativa es posible usar algunas de las variantes descritas (ver sección 2.6).

Las siguientes revisiones pueden ser hechas cada tres meses a partir de la siembra (mes 3, mes 6 y mes 9). Se debe revisar cada una de las perforaciones de cada uno de los grupos que fue sembrado. ¿Se distingue aún el sustrato

sembrado? ¿Se distingue luga corta? Tal vez otros organismos crecieron en la perforación. Si los juveniles son muy pequeños (Fig. 31), será difícil distinguirlos de juveniles de otras algas rojas similares. En cambio, si las condiciones han sido favorables, se verán láminas pequeñas emergiendo desde algunos de los puntos sembrados (Fig. 32). Sin embargo, también es posible que los sustratos hayan sido colonizado por otras algas (Fig. 33) y no permitan determinar si hay juveniles de luga corta en la perforación. Se sugiere no intentar remover las otras algas, pero anotar esta situación en el cuaderno de protocolo.

Con un programa de control como éste es posible determinar si la actividad fue exitosa. Si los sitios elegidos fueron apropiados y la siembra fue exitosa, el número de individuos jóvenes de luga corta debiera aumentar luego de algunos meses (Fig. 32). ¿Cuántos meses? Esto es variable, pudiendo demorar hasta 6 u 8 meses, dependiendo de la época del año en que se realizó la siembra. Es necesario dar tiempo para que estas nuevas láminas crezcan y maduren reproductivamente según el ciclo productivo.

Fig. 33. *Ulva* sp. creciendo sobre los sustratos sembrados.



AGRADECIMIENTOS

Este manual fue realizado en base a los resultados del proyecto FONDEF-HUAM AQ1210004 "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 tesis que nos apoyaron con su trabajo y entusiasmo en el desarrollo del proyecto.

REFERENCIAS SOBRE LUGA CORTA

- Albornoz MM. 2014. Factores que favorecen la supervivencia de juveniles tempranos del alga intermareal *Mazzaella laminarioides* (Bory) Fredericq (Rhodophyta, Gigartinales). Tesis de Grado, Título de Biólogo Marino. Facultad de Ciencias, Univ. Católica Sma Concepción.
- 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 Sma Concepción.
- Beneventi R. 2012. Tasa de crecimiento de discos gametofíticos y esporofíticos de *Mazzaella laminarioides* (Bory) Fredericq (Rhodophyta, Gigartinales). Tesis de Grado, Título de Biólogo Marino. Facultad de Ciencias, Univ. Católica Sma Concepción.
- Fuentes CJ. 2014. Juveniles no adheridos como propágulos alternativos a las esporas en el ciclo de vida de *Mazzaella laminarioides* (Bory de Saint-Vincent) Fredericq (Rhodophyta, Gigartinales). Tesis de Grado, Título de Biólogo Marino. Facultad de Ciencias, Univ. Católica Sma Concepción.
- Gómez I & R Westermeier. 1991. Frond regrowth from basal disc in *Iridaea laminarioides* (Rhodophyta; Gigartinales) at Mehuin, southern Chile. Mar. Ecol. Progr. Ser. 73: 83-91.
- Hannach G & B Santelices. 1985. Ecological differences between the isomorphic reproductive phase of two species of *Iridaea* (Rhodophyta: Gigartinales). Mar. Ecol. Progr. Ser., 22: 291-303.
- Hoffmann AJ & B Santelices. 1997. Flora marina de Chile central. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. pp. 434.
- Hommersand MH, MD Guiry, S Fredericq & GL Leister. 1993. New perspectives in the taxonomy of the Gigartinaceae (Gigartinales, Rhodophyta). Hydrobiologia 260/261: 105-120.
- Luxoro C & B Santelices. 1989. Additional evidence for ecological differences among isomorphic reproductive phases of *Iridaea laminarioides* (Rhodophyta: Gigartinales). Journal of Phycology 25: 206-212.
- Ramírez ME & B Santelices. 1991. Catálogo de las algas marinas bentónicas de la costa templada del Pacífico de Sudamérica. Monografías Biológicas. 5: 437pp.
- Romo H & K Alveal. 1995. Técnicas para el cultivo experimental y el manejo de poblaciones de *Iridaea*. En: K. Alveal, 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, M Ávila, J Cáceres, S Abades, K Alveal V, P Barría, E Palma, M Piel, C Werlinger, K Alveal D & P Lobos. 2008. Informe Final FIP 2006-47 Evaluación de praderas de algas carragenófitas en el litoral de la VIII Región y estrategias de sustentabilidad 390 pp.
- Sanhueza A. 2005. Efecto del gradiente ambiental en la abundancia relativa de esporofitos y gametofitos masculinos y femeninos de *Mazzaella laminarioides* (Rhodophyta, Gigartinales) evaluando discos y láminas. Tesis de Grado, Título de Biólogo Marino. Facultad de Ciencias, Univ. Católica Ssma Concepción.
- Santelices B. 1989. Algas marinas de Chile. Distribución, Ecología, Utilización y Diversidad. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. 400pp.
- Santelices B & D Aedo. 2006. Group recruitment and early survival of *Mazzaella laminarioides*. J Applied Phycol 18:583-589.
- Santelices B & A Martinez. 1997. Hierarchical analysis of reproductive potential in *Mazzaella laminarioides* (Gigartinales, Rhodophyta). Phycologia 36: 195-207.
- Santelices B & R Norambuena. 1987. A harvesting strategy for *Iridaea laminarioides* in central Chile. Hydrobiologia 151/152: 329 – 333.
- Santelices B, D Aedo, M Hormazábal & V Flores. 2003. Field testing of inter- and intraspecific coalescence among mid-intertidal red algae. Mar. Ecol. Progr. Ser. 250: 91-103.
- Santelices B, Correa JA, D Aedo, M Hormazábal, V Flores & P Sánchez. 1999. Covergent biological processes among coalescing Rhodophyta. J. Phycol 35: 1127-1149.
- Varela D, B Santelices, J Correa, & MK Arroyo. 2006. Spatial and temporal variation of photosynthesis in intertidal *Mazzaella laminarioides* (Bory) Fredericq (Rhodophyta, Gigartinales). J Appl Phycol 18: 827-838.
- Vásquez JA & R Westermeier. 1993. Limiting factors in optimizing seaweed yield in Chile. Hydrobiologia 260/261: 313-320.
- Vásquez J, M Ávila, J Cáceres, S Abades, MI Piel, N Piaget, D Rodríguez & A Vega. 2011. Informe Final del proyecto FIP 2008-52. Evaluación de praderas y proposición de estrategias de sustentabilidad de algas carragenófitas en la V y VI Regiones. 293 pp.
- Westermeier R, P Rivera, M Chacana & I Gómez (1987) Biological bases for management of *Iridaea laminarioides* Bory in Southern Chile. Hydrobiologia 151/152: 313-328.

Manual de una técnica para el repoblamiento de la luga corta,
Mazzaella laminarioides (Bory) Fredericq (Rhodophyta, Gigartinales),
en roqueríos intermareales, Región del Biobío FONDEF-HUAM
AQ12I0004