



FONDEF
Fondo de Fomento al Desarrollo
Científico y Tecnológico

III Concurso de Proyectos
Programa FONDEF-HUAM
“Hacia una Acuicultura
Mundial”

Manual de Técnicas de REPOBLACION Y CULTIVO DE LUGA NEGRA (Sarcothalia crispata)



División de Investigación
en Acuicultura
Departamento de
Repoblación y Cultivo

Proyecto Fondef AQ 0811031:

“Diversificación de la actividad productiva de las áreas de manejo y concesiones acuícolas mediante la transferencia de tecnologías de repoblación y cultivo de luga negra y luga roja altamente demandadas por la industria regional productora de carragenina”

Institución Beneficiaria: Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)

Se agradece la colaboración de:

Sindicato Pescadores Artesanales “La Pampina”

Sindicato Pescadores Artesanales “El Esfuerzo de Hua Huar”

Sindicato Pescadores Artesanales “Caleta Chauman”

Sindicato Pescadores Artesanales “Capilla Tenglo”

Acuicultor Sr. Luis Marín

Acuicultor Sr. Enrique Ruiz

Ilustre Municipalidad de Los Muermos

Ilustre Municipalidad de Ancud

Investigadores participantes del Proyecto:

Arturo Candia, Mario Nuñez, Francisco Galleguillos, Gélica Aroca, Sandra Saavedra, Carolina Oyarzo, Yasna Cortés.

Técnico: Adán Navarro y Raúl Ruiz.

Consultores: Sr. Humberto Pavéz
Dr. Álvaro Israel

Este documento debe ser citado como:

Candia A. M. Nuñez, 2016. Manual de Técnicas de repoblación y cultivo de “luga negra” (*Sarcothalia crispata*). Proyecto HUAM-FONDEF AQ 0811031. Instituto de Fomento Pesquero, 35 pp.

Registro de Propiedad Intelectual: ISBN N°



Prefacio

El litoral centro sur de Chile se caracteriza por presentar una gran diversidad de macroalgas rojas productoras del ficocoloide carragenina. Entre ellas *Sarcothalia crispata* (“luga negra”), es una de las principales carragenófitas utilizadas por la industria procesadora y exportadora nacional. El creciente interés comercial por este recurso algal, ha provocado alta intervención en sus praderas, lo que ha generado, en algunas localidades de la región de Los Lagos, una drástica disminución en su producción.

La creciente importancia económica y social de “luga negra”, sumado al interés de los usuarios de incrementar su producción, nos estimuló a desarrollar este proyecto, que permitió generar

conocimiento básico del recurso, como también metodologías de repoblación y cultivo de “luga negra”, que damos a conocer en este Manual y que corresponden a resultados del proyecto HUAM-FONDEF AQ 0811031 “Diversificación de la actividad productiva de las áreas de manejo y concesiones acuícolas mediante la transferencia de tecnologías de repoblación y cultivo de luga negra y luga roja altamente demandadas por la industria regional productora de carragenina”, ejecutado por el Instituto de Fomento Pesquero. El conocimiento y bases tecnológicas contenidas en este manual permitirán iniciar actividades de repoblación para sustentar la producción de las praderas de luga negra y actividades de acuicultura de este recurso para contribuir a la diversificación de la acuicultura del país.

Este manual está dirigido a pescadores artesanales y pequeños acuicultores que deseen emprender actividades de repoblación y cultivo de “luga negra” en sus Áreas de Manejo y en sus concesiones acuícolas, respectivamente, como también a instituciones del sector público y privado con el propósito de que los resultados presentados en este manual contribuyan a recuperar praderas de “luga negra” en áreas de libre acceso, para su conservación y sustentabilidad. Se ofrece también este manual a profesionales, técnicos, estudiantes y a instituciones como Universidades, Institutos Profesionales, Centros de Formación Técnica, Colegios y Liceos Técnicos, relacionados con la Acuicultura, Biología Marina y Pesquerías.

Arturo Candia y Mario Nuñez

Índice

1. Introducción	3		
2. Antecedentes biológicos de <i>Sarcothalia crispata</i> (Bory) Leister comb. nov.	5		
2.1. Descripción	6		
2.2. Reproducción	6		
3. Antecedentes Ecológicos y de Importancia Comercial	6		
3.1. Distribución geográfica y mareal	8		
3.2. Fenología reproductiva de luga negra en un ciclo anual	8		
3.3. Dinámica de la producción de biomasa en un ciclo anual	8		
3.4. Desembarque de luga negra	9		
3.5. Importancia Comercial de las Carrageninas	10		
4. Repoblación de luga negra	11		
4.1. Antecedentes de repoblación de luga negra	12		
4.2. Técnicas desarrolladas para la repoblación de luga negra	12		
4.2.1. Selección de sitio de la pradera para realizar repoblación	13		
4.2.2. Prospección del sitio a repoblar	14		
4.2.3. Recolección de frondas maduras de luga negra	14		
4.2.4. Selección de material reproductivo	14		
4.2.5. Elaboración de las unidades de repoblación y marcaje de rocas	15		
4.2.6. Instalación de las unidades de repoblación y rocas marcadas	16		
4.2.7. Muestreo de rocas marcadas; seguimiento del reclutamiento de esporas y crecimiento de plántulas en el sitio repoblado	17		
		4.2.8. Cosecha de la biomasa producida por actividad de repoblación	19
		4.2.9. Secado y comercialización	20
		5. Cultivo de luga negra	21
		5.1. Antecedentes de Cultivo de luga negra	21
		5.2. Técnica desarrollada para el cultivo de luga negra	22
		5.2.1. Habilitar invernaderos	22
		5.2.2. Preparar sustratos para captación de esporas	22
		5.2.3. Lavar estanques de fibra de vidrio e instalar los bastidores	23
		5.2.4. Recolectar material reproductivo	24
		5.2.5. Preparar material reproductivo para obtención de esporas	24
		5.2.6. Siembra de esporas sobre cuerdas	26
		5.2.7. Mantenimiento de los cultivos en invernadero	26
		5.2.8. Traslado de las cuerdas con plántulas del invernadero al mar	27
		5.2.9. Instalar las cuerdas en sistemas de cultivo suspendido en el mar	28
		5.2.10. Control del crecimiento de plántulas en cultivo en el mar	28
		5.2.11. Cosecha de frondas de luga negra	29
		5.2.12. Secado	29
		5.2.13. Ciclos Productivos de Repoblación y Cultivo de "luga negra"	30
		6. Bibliografía	31
		7. Glosario	33



I. Introducción

El litoral centro sur de Chile presenta una gran diversidad de macroalgas carragenófitas. La importancia comercial de estas carragenófitas, es por la presencia y producción de polisacáridos en la matriz de la pared celular de las células que estructuran las frondas, conocidas como carrageninas, que tienen un amplio uso en la industria de los alimentos y cosmética como agentes espesantes, gelificantes y estabilizantes.

La explotación de praderas naturales de macroalgas carragenófitas ha seguido un aumento sostenido con volúmenes de desembarques total de 45.760 ton en 1995 a 66.775 ton en el 2014. La necesidad de carragenófitas como materia prima, va incrementando años tras años. La demanda de este recurso, ha provocado una alta intervención en las praderas, generando en algunas de ellas una disminución en su producción.

La repoblación y el cultivo de macroalgas como actividades para sustentar e incrementar la producción, ha sido ampliamente demostrada en el recurso *Gracilaria chilensis* (pelillo), las que permitieron, desde la década del 90 a la fecha, recuperar e incrementar los volúmenes de desembarques de este recurso, por su alta demanda como materia prima para la producción de agar. Las praderas de este recurso fueron altamente intervenidas durante la década del 80, disminuyendo drásticamente la producción. La propagación vegetativa característica de esta especie y la propagación por esporas, fueron utilizadas para implementar diferentes metodologías de trasplantes de talos para repoblación y el cultivo de este recurso. Estas actividades sustentan hoy más del 90 % de la producción de pelillo a nivel nacional.

Una de las principales especies de carragenófitas utilizada por las empresas exportadoras y procesadoras nacionales es *Sarcothalia crispata*, conocida comúnmente como "luga negra". Esta especie endémica de nuestras costas, se distribuye desde Valparaíso a Tierra del Fuego y se ha explotado por más de 35 años en praderas naturales de la Región del Bío Bío y de Los Lagos y en esta última década se ha incorporado en la producción, praderas de la Región de Aysén. El volumen total desembarcado de este recurso para el año 2014, fue de 34.693 ton.

En esta especie, se han realizado estudios sobre fenología reproductiva y comportamiento productivo de praderas en un ciclo anual, así también se ha determinado las bases biológicas para el manejo de praderas. Se han realizado estudios experimentales en laboratorio sobre el ciclo de vida, germinación y desarrollo de esporas. Estudios de cultivo, en condiciones semicontroladas de invernadero, permitieron determinar condiciones que favorecen la liberación masiva de esporas, la germinación y el desarrollo de plántulas de luga negra en sustratos seleccionados. Así también, se han desarrollado metodologías de repoblación de luga negra y estudios experimentales de cultivo de "luga negra" en sistema de cultivo suspendido en el mar en la Región del Bío Bío y de Los Lagos.

El interés de los usuarios por disponer de metodologías que permitan incrementar la producción de "luga negra", incentivó a los investigadores del Departamento de Repoblación y Cultivo del Instituto de Fomento Pesquero a desarrollar este proyecto, generando metodologías de repoblación y de cultivo de "luga negra", que se entrega en este manual y de esta forma contribuir a la diversificación de la acuicultura. Esto permitirá en el corto y/o mediano plazo aumentar la disponibilidad de biomasa en las praderas y además, sustentar la conservación de este recurso.

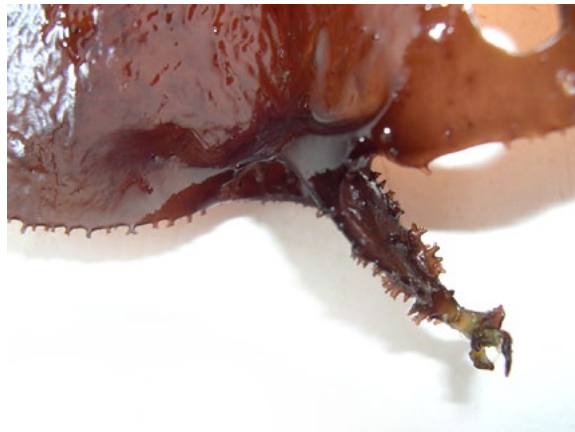
2. Antecedentes biológicos de *Sarcothalia crispata* (Bory) Leister comb. nov.

Basónimo: *Iridaea ciliata* Kützting 1849

Nombre vernacular: Luga negra, Luga luga, luga paño, luga larga, luga nama.

2.1. Descripción

S. crispata presenta una fronda laminar, generalmente más largo que ancho y de forma orbicular, oval a lanceolada, de color marrón, pardo a pardo amarillento. Se adhiere al sustrato rocoso mediante un disco, a partir del cual se forma un corto estipe que da origen al talo laminar, además el disco tiene la capacidad de generar nuevas frondas. El borde de la fronda presenta cortas proliferaciones semejantes a cilios, que son más notorias en su borde basal. La forma de la fronda puede cambiar notoriamente cuando maduran sus estructuras reproductivas y liberan sus esporas. El tamaño de las frondas maduras puede fluctuar entre 20 a 80 cm, pero se han



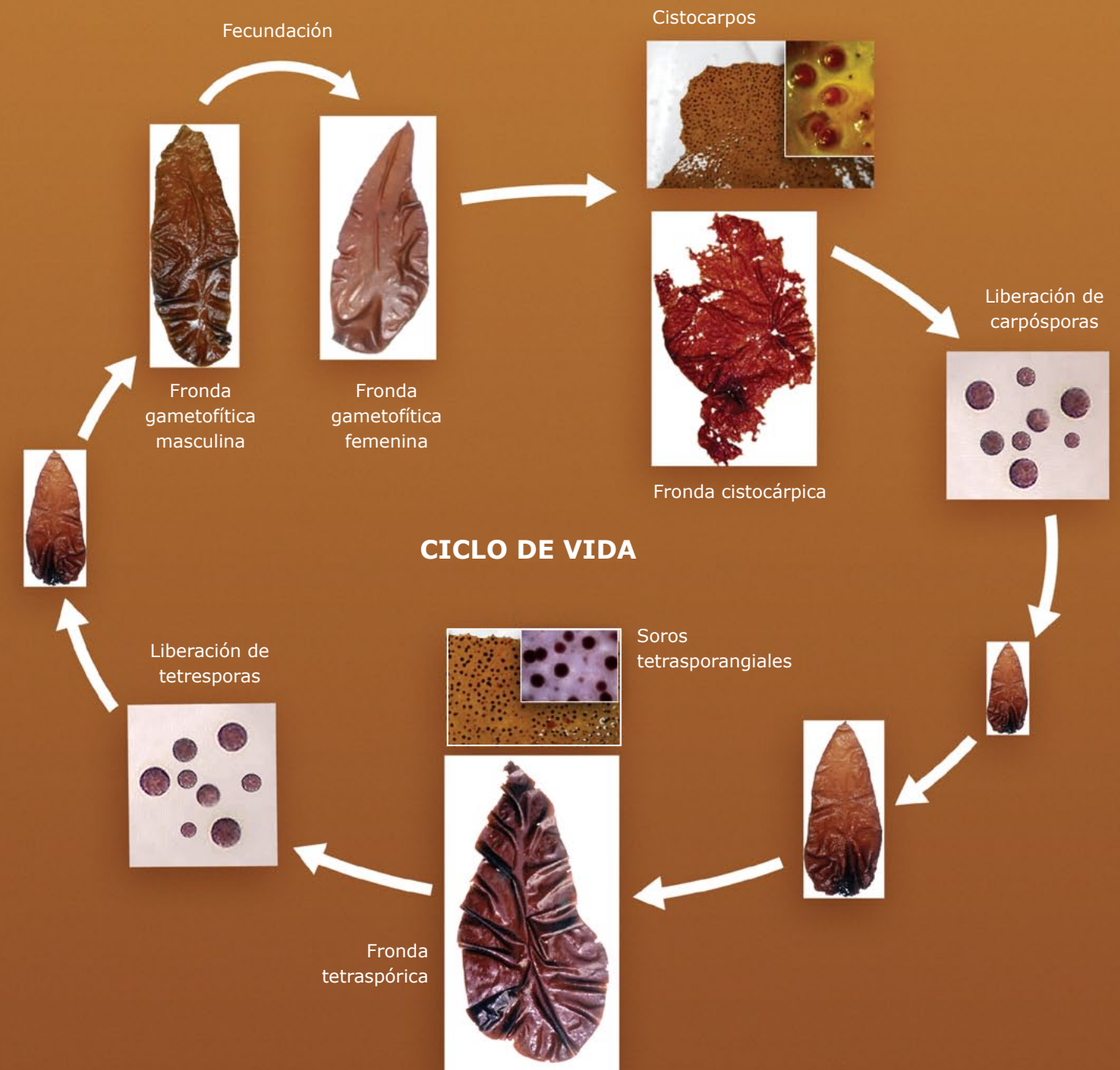
registrado tamaño de fronda de 1,5 a 2 m de longitud. La fronda de luga negra está estructurada por dos formaciones celulares que constituyen la corteza y la médula. La médula está formada por filamentos celulares incoloros o hialinos, unidos por conexiones secundarias. La corteza está constituida por células pequeñas y pigmentadas y que dan origen a filamentos corticales de 5 a 10 células ovadas a esféricas y ramificadas.

2.2. Reproducción

Esta especie, presenta un ciclo de vida isomórfico de tres fases reproductivas, gametofito, carposporofito y tetrasporofito, siendo las frondas gametofíticas dioicas y tetrasporofíticas morfológicamente iguales. Las frondas gametofíticas masculinas forman, generalmente en el ápice del filamento cortical, espermatangios que cuando maduran liberan gametos no móviles denominados espermacios. Las frondas gametofíticas femeninas forman en sus células corticales carpogonios que contiene en su interior el gameto femenino denominado oocélula. Procesos de desarrollo y morfogénesis posteriores a la fecundación llevan a la formación, en los tejidos de la fronda femenina, a la fase carposporofito que forma carposporangios y carposporas. Esta fase una vez madura forma un cuerpo esférico que sobresale levemente de la superficie del talo, denominándose cistocarpo. Este cistocarpo libera células reproductivas asexuales denominadas



carposporas cuya germinación y desarrollo en el sustrato rocoso, va a originar la fronda tetrasporofítica. Estas frondas que corresponden a la fase tetrasporofito, forman en sus células las estructuras reproductivas denominados tetrasporangios que se dividen en forma cruciada originando las tetrasporas. La germinación y el desarrollo de estas tetrasporas en el sustrato rocoso van a dar origen a las frondas gametofíticas femeninas y masculinas, completando así el ciclo reproductivo de esta especie. Todas estas fases reproductivas descritas, se pueden observar en una pradera natural durante un ciclo anual.



3. Antecedentes Ecológicos y de Importancia Comercial

3.1. Distribución geográfica y mareal

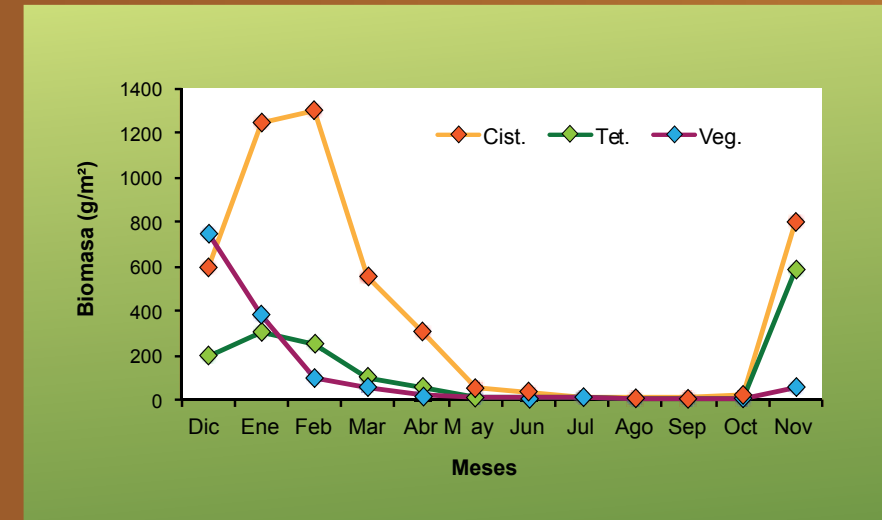
Esta especie de carragenófito, es endémica de nuestro litoral, se distribuye en aguas templadas y frías, desde Valparaíso hasta el Estrecho de Magallanes. Su distribución mareal va desde la zona intermareal inferior hasta el submareal. Las praderas de luga negra crecen en sustratos formados por macizos rocosos o rocas de diferentes tamaños, y generalmente forman franjas entre los 2 a 6 m de profundidad, dependiendo de la disponibilidad de sustrato rocoso. En bahías protegidas como en la Región del Bío Bío y en algunas zonas de la Región de Los Lagos, la especie puede extender su distribución hasta los 10 m de profundidad.



3.2. Fenología reproductiva de “luga negra”.

“Luga negra”, presenta un comportamiento estacional en la producción de su biomasa, con un máximo crecimiento en verano e inicios de otoño y desprendimiento y senescencia de las frondas a fines de invierno cuando las frondas alcanzan su máxima madurez reproductiva y liberación de sus esporas.

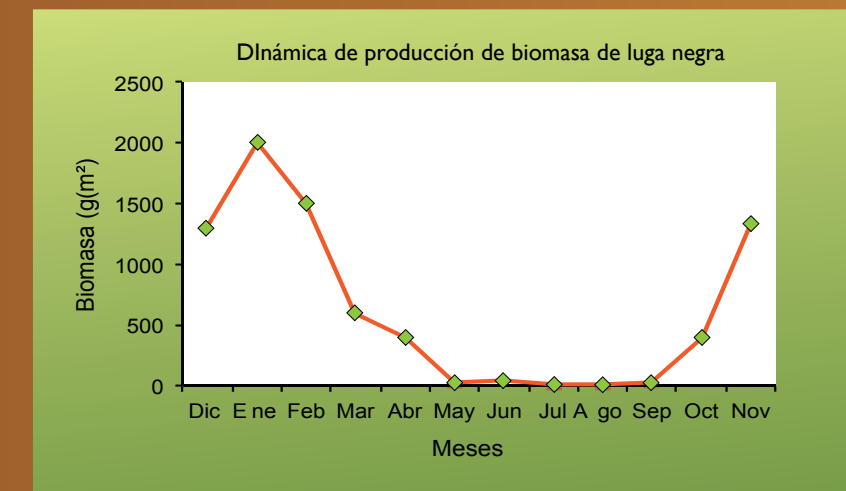
La mayor biomasa reproductiva de “luga negra” se observa en los meses de verano a otoño. Las frondas gametofíticas femeninas comienzan la formación y maduración de fase carposporofito durante primavera-verano, alcanzando la máxima madurez de los cistocarpos (Cist.) y liberación de carposporas en otoño-invierno. Como consecuencia de la liberación de las carposporas, se disgregan y necrosan las áreas de las frondas en donde se ubican los cistocarpos, dando origen a una fronda senescente y con numerosas perforaciones. Estas frondas disminuyen



ello, también se produce necrosis de las frondas. Frondas vegetativas (Veg.) se presentan abundante entre primavera-verano.

3.3. Dinámica de la producción de biomasa en un ciclo anual

En un ciclo anual, las praderas de “luga negra” siguen un marcado patrón estacional, con alta producción de biomasa, principalmente frondas reproductivas, durante verano-otoño y mínima biomasa a fines de invierno, principios de primavera, observándose en este último período predominancia de frondas vegetativas de pequeño tamaño. Estas fluctuaciones de biomasa se han observado en praderas de “luga negra” de la Región del Bío Bío, como también en praderas de la región de Los Lagos. Estos estudios realizados en praderas de *S. crispata* de ambas regiones coinciden en destacar que la cosecha puede ser optimizada durante el período de enero a marzo.



su biomasa y densidad durante invierno, permaneciendo sobre la roca el disco de fijación que dará origen a nuevas frondas gametofíticas durante primavera. Frondas tetraspóricas con soros tetrasporangiales maduros (Tet.) se pueden observar durante todo el ciclo anual, alcanzando su máxima abundancia durante otoño e invierno. La liberación de tetrasporas ocurre con mayor frecuencia y abundancia durante otoño e invierno y producto de

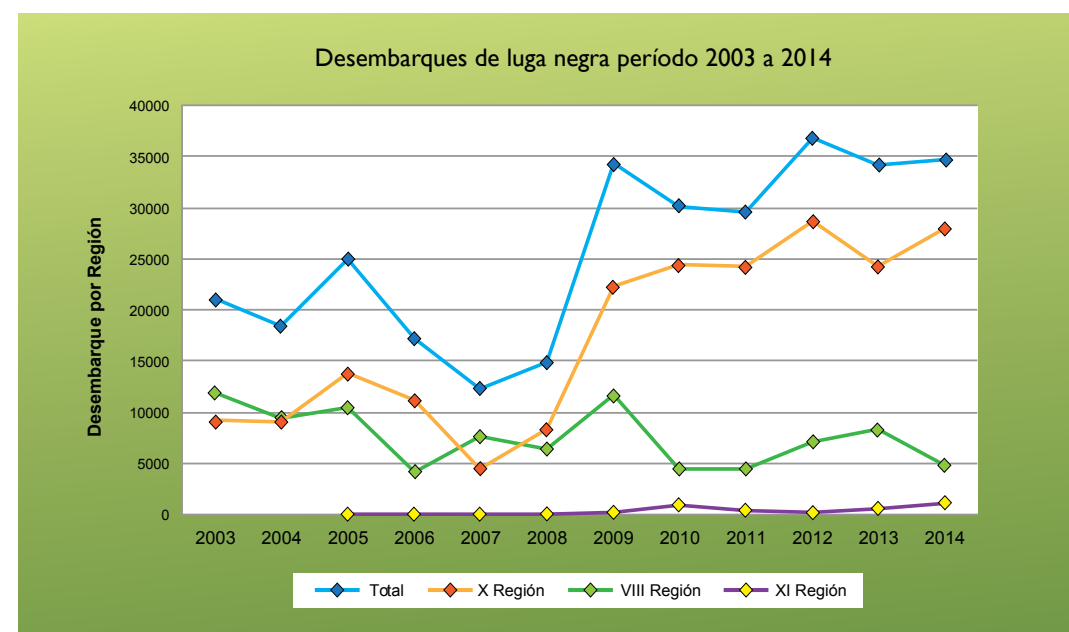


3.4. Desembarque de “luga negra”

Las principales áreas de explotación de praderas de “luga negra” se distribuyen en las regiones de Bío Bío y de Los Lagos. Estas regiones contribuyen con el mayor volumen de desembarque de este recurso y en menor volumen lo hace la Región de Aysén. También han contribuido, esporádicamente, en los desembarques de “luga negra” las regiones de Valparaíso, O’Higgins, del Maule y de Los Ríos.

La explotación de las praderas de “luga negra” se realiza bajo régimen de libre acceso y en amerbs. La extracción es realizada en forma manual por pescadores artesanales, como recolectores de orilla en praderas intermareales en baja marea o de “algazos” que son frondas llevadas a la costa por acción del oleaje. Las praderas submareales son cosechadas por buzos.

En los años 2013 y 2014, el desembarque nacional de “luga negra” fluctuó de 34.153 ton a 34.623 ton, respectivamente. En donde el mayor aporte al desembarque lo constituyeron las praderas de la Región de Los Lagos con 26.390 ton y 27.970 ton, respectivamente. La Región del Bío Bío disminuyó sus aportes de 8.333 ton a 4.892 ton en este período, y en la Región de Aysén el volumen desembarcado incrementó de 655 ton en el 2013 a 1.154 ton el 2014.



Gentileza empresa Gelymar



3.5. Importancia Comercial de las Carrageninas

Las carrageninas son polisacáridos de alto peso molecular y son extraídos de algas marinas denominadas algas rojas (Rhodophyta), que en Chile corresponden principalmente a *Gigartina skottsbergii* “luga roja”, *Sarcothalia crispata* “luga negra”, *Chondracanthus chamissoi* “chicorea de mar”, *Mazzaella laminariodes* “yapín”, *Mazzaella membranacea* “luga”, *Ahnfeltiopsis furcellata* “líquen gomoso”, *Chondrus canaliculatus* y *Mastocarpus papillatus* “luga gallo”. La carragenina posee la capacidad de formar una amplia variedad de texturas de gel a temperatura ambiente, además pueden ser utilizadas como espesantes, agentes en suspensión, retención de agua, gelificación y estabilización en diversas aplicaciones de la industria de los alimentos.

Los principales tipos de carrageninas son: tipo kappa (κ), tipo iota (ι) y tipo lambda (λ). La carragenina kappa I es la de mayor poder de gelificación en agua y una de las carrageninas más usadas en productos cárnicos. Debido a sus características este tipo de carragenina con alta sinéresis, produce geles firmes y quebradizos. La carragenina tipo kappa II es la carragenina con mayor reactividad con las proteínas de la leche. Forma geles elásticos en agua y leche con moderada sinéresis. La carragenina tipo iota forma un gel muy elástico en agua, resistente a ciclos de congelado y descongelado. La carragenina tipo lambda, es la más soluble en agua y leche. Su composición química imposibilita la gelificación, dando alta viscosidad en los sistemas en que se aplica.

Sarcothalia crispata “luga negra” al igual *Gigartina skottsbergii* “luga roja” producen ficocoloides de los tres tipos mencionados; las frondas gametofíticas producen principalmente kappa carragenina y las frondas tetrasporofíticas producen en mayor proporción carrageninas tipo lambda. De acuerdo a los antecedentes dados, el uso de esporas para repoblación y/o el cultivo de algas carragenofitas, permitirá producir biomasa seleccionada desde el punto de vista de la calidad y del tipo de carragenina contenida en las frondas de estas algas y que la empresa procesadora necesita para satisfacer el mercado nacional e internacional de las carrageninas.



4. Repoblación de “luga negra”

4.1. Antecedentes de repoblación de “luga negra”

Según la Ley general de Pesca y Acuicultura, en su Título I (Disposiciones generales) artículo N° 2, se define repoblación como: “la acción que tiene por objeto incrementar el tamaño o la distribución geográfica de la población de una especie hidrobiológica, por medios artificiales”. También se define la repoblación como “acciones tendientes a lograr el crecimiento en número o en biomasa de una determinada especie que era abundante en un área geográfica y que por motivos antrópogénicos o catástrofes naturales, sus niveles de abundancia se han reducido”.

En Chile, los primeros antecedentes sobre repoblación de “luga negra”, fueron realizadas en Concepción, en Ensenada Reque. Los resultados de este estudio indicaron que se podía incrementar la producción de biomasa de la pradera adicionando rocas, esta acción incrementa la disponibilidad de sustrato para el asentamiento de las esporas.

Tres metodologías de siembra de esporas como actividad de repoblación de luga negra, han sido probadas a nivel experimental. Una de ellas consiste en obtener rocas con desarrollo de plántulas de “luga negra” en invernadero y posterior traslado de las mismas al sitio de repoblación. Otra metodología denominada repoblación por dispersión, consiste en entrelazar frondas maduras a una cuerda de 1.5 m de longitud la que se ancla al fondo marino, una boya instalada en su extremo permite mantener vertical la cuerda el conjunto de frondas maduras entrelazada y, como resultado, las esporas se liberan alrededor de las unidades de siembra fijándose al sustrato rocoso. La otra técnica consiste en disponer un trozo de fronda con estructuras reproductivas maduras sobre una roca (guijarro) y se envuelve con un trozo de malla de algodón degradable, de esta forma se mantiene sujeto el trozo de luga a la roca y facilita la adhesión de la espora una vez liberada del cistocarpo o del soro, este proceso se produce cuando se instalan las unidades en el fondo marino seleccionado para la repoblación.

De estas metodologías, la siembra directa, ha sido utilizada para repoblación masiva de “luga negra”, obteniéndose incremento de la producción de biomasa. Sin embargo, su implementación para una producción masiva de esta alga, utilizando esta forma de repoblación resulta muy onerosa y de intenso trabajo para la preparación de las unidades de siembra.

4.2. Técnicas desarrolladas para la repoblación de “luga negra”

La repoblación tiene como finalidad, recuperar praderas con alta intervención antrópica, incrementar la producción de biomasa de la pradera o bien seleccionar la producción de biomasa para una fase reproductiva determinada de esta macroalga, al usar carposporas o tetrasporas. El desarrollo de acciones de repoblación en praderas de luga negra involucra el uso de las esporas (tetrasporas y carposporas) y por lo tanto es necesario un conocimiento acabado de la fenología reproductiva de la especie, lo que significa, conocer cuando las frondas están con sus estructuras reproductivas maduras (cistocarpos y soros) y cuando se producen y liberan las esporas.

La repoblación de “luga negra” requiere el desarrollo de varias actividades relacionadas con las siguientes etapas:

1. Seleccionar un sitio del área de manejo en donde se realizará la repoblación.
2. Prospeccionar el sitio a repoblar.
3. Recolectar frondas con estructuras reproductivas maduras.
4. Elaborar las unidades de repoblación y rocas testigo.
5. Instalar las unidades de repoblación y rocas marcadas en el sitio seleccionado.
6. Muestrear rocas marcadas y seguimiento del reclutamiento de esporas y crecimiento de plántulas en el sitio repoblado,
7. Cosechar la biomasa producida por actividad de repoblación,
8. Secado de las frondas de luga negra cosechadas.



4.2.1. Selección de un sitio del área de manejo en donde se va a realizar la repoblación



La selección del sitio o lugar de repoblación se debe realizar en conjunto con los interesados, que son los pescadores artesanales en sus áreas de manejo o bien recolectores de orilla en áreas de libre acceso. En la selección del sitio se debe tener en cuenta que el tipo de fondo marino sea sustrato rocoso (macizo rocoso o bolones), para el reclutamiento y adhesión de las esporas y posterior crecimiento de las plántulas de luga. Este sitio una vez seleccionado, debe ser delimitado mediante boyas, idealmente se puede delimitar este sitio mediante un GPS.

4.2.2. Prospección del sitio a repoblar

La prospección se debe desarrollar antes de realizar la repoblación y permitirá conocer la distribución y abundancia de luga en el sitio, antes de la acción de repoblación. Posteriormente, esta información se puede comparar con la producción de biomasa obtenida por la repoblación. Una vez seleccionada el área, se delimita y se programa un muestreo sistemático mediante transectos perpendiculares a la línea de costa. En cada transecto se debe obtener muestras de lugas presentes en un cuadrante de 0.25 m². El número de transectos y el número de muestras a obtener en el sitio a prospectar dependerá del tamaño del sitio. Luego de la prospección, las muestras obtenidas deben ser procesadas para determinar, biomasa, densidad y talla de las frondas.

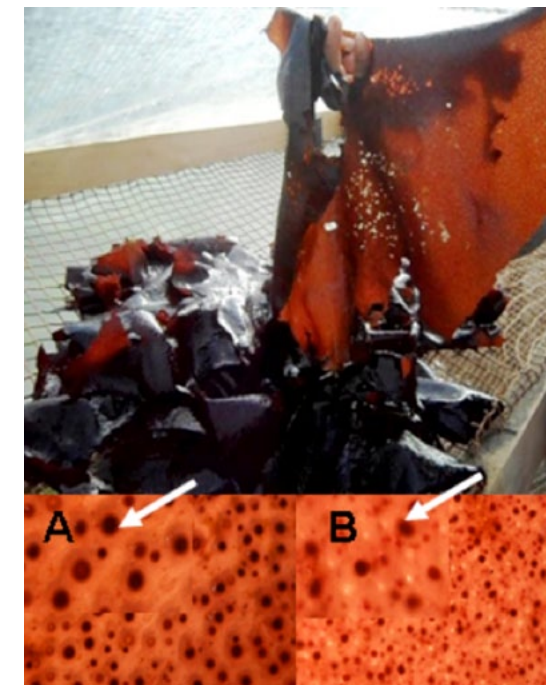


4.2.3. Recolección de las frondas maduras de “luga negra”

Las frondas de “luga negra” con estructuras reproductivas maduras, que se van a utilizar para elaborar las unidades de repoblación se deben recolectar mediante buceo, desde praderas naturales del área de manejo o bien de áreas libres aledañas al sitio de repoblación, el mismo día en que se van a instalar en las cuerdas, esto permite obtener algas frescas y de buena calidad para la obtención de esporas. El algazo (frondas de luga negra a la deriva, que llega a la orilla por acción del oleaje), no es recomendable debido a que estas algas pueden haber permanecido por largas horas a la exposición de la lluvia y del sol. Además,

es deseable que el buzo recolecte el material reproductivo preferentemente en su pradera local, estas algas son las que están más adaptadas al hábitat donde se realizará la repoblación.

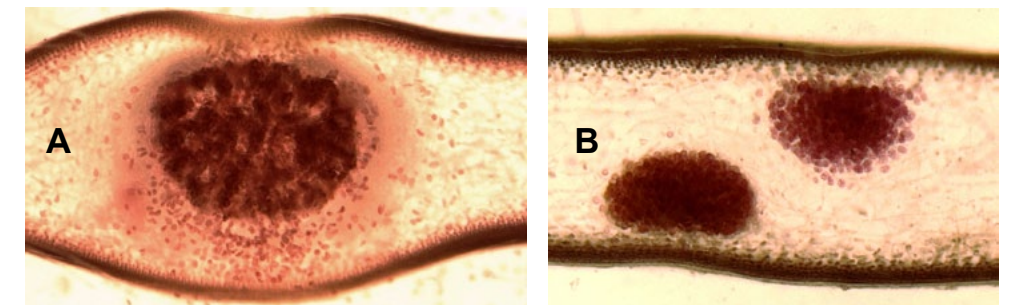
La selección de frondas se relaciona directamente con la fase que se desea obtener en el sitio de repoblación. Se debe seleccionar frondas con cistocarpos maduros que liberarán carposporas, para obtener biomasa de frondas tetraspóricas. Se debe seleccionar frondas tetraspóricas con soros maduros que liberarán tetrásporas, para obtener biomasa de frondas gametofíticas. Se deben recolectar 60 a 80 Kg de frondas maduras, para tener suficiente material reproductivo para la elaboración de las unidades a utilizar para una hectárea. El material recolectado debe ser usado dentro de 2 días, para mantener la opción de una buena liberación de esporas. En un ciclo anual, se sugiere recolectar el material reproductivo entre abril y julio, pero este período debe ser definido con observaciones para cada localidad y debe corresponder al periodo en que las frondas de “luga negra” presenten abundantes estructuras reproductivas maduras. El período de recolección puede extenderse hasta septiembre, pero se corre el riesgo de obtener una escasa liberación de esporas y poco viables. Una vez recolectadas las frondas son transportadas al lugar en donde se van a instalar en las cuerdas, que puede ser en un galpón o un lugar en donde se mantenga fresco el material y no se deshidrate.



4.2.4. Selección de material reproductivo

Las algas reproductivas son trasladadas al galpón, para evitar que se deterioren por la lluvia o se dessequen por efecto del sol. Allí se procede a limpiar de impurezas especialmente de otras algas y a seleccionar el estado reproductivo que se desea para la repoblación.

La selección visual de las frondas reproductivas requiere de un ambiente bien iluminado, de preferencia luz natural, las frondas de “luga negra” deben ser expuestas a contraluz para diferenciar las frondas reproductivas. Las frondas cistocárpicas se pueden diferenciar porque los cistocarpos sobresalen de la fronda, a diferencia de los soros tetrásporangiales que se observan como pequeñas manchas más oscuras, no sobresalen de la superficie de la fronda y son de menor tamaño.



A. Corte transversal de cistocarpo
B. Corte transversal de soros tetrásporangiales

4.2.5. Elaboración de las unidades de repoblación y rocas testigo

a) Confección de unidades de repoblación

Para la repoblación de luga negra, se utiliza una red lobera en desuso de 10 pulgadas de apertura de malla y de 11 m de largo x 3 m de ancho encabalgada en su contorno con un cabo de polipropileno trenzado de 8 mm. Para dar sustentabilidad y flotabilidad a la unidad de repoblación en la columna de agua, se instalan de 8 a 12 boyas a cada red. Estas redes deben estar listas antes de instalar las cuerdas con el material reproductivo. Cuerdas de polipropileno de 2 mm de diámetro se cortan en longitudes de 3 m. En cada una de estas cuerdas, se disponen entrelazados 20 trozos de 3 x 10 cm de frondas reproductivas maduras previamente seleccionadas. Cada una de estas cuerdas con trozos de fronda reproductiva se instala de forma equidistante a lo largo de los 11 m de la red y se aseguran con amarra cables plásticos. Se colocan de 27 a 30 cuerdas por red. Para repoblar una hectárea de "luga negra" se recomienda utilizar 35 unidades de repoblación, que se disponen verticalmente en el fondo marino.



Se puede utilizar un sistema más barato y de fácil implementación que consiste en confeccionar un rectángulo con cuerdas de 11 m de largo x 3 m de ancho y 8 mm de grosor. Una vez confeccionado el rectángulo, se amarra una cuerda de 11 m de largo, en el centro dividiéndolo el rectángulo a lo largo en dos áreas iguales. Para dar sustentabilidad y flotabilidad a esta unidad de repoblación en la columna de

agua, se instalan de 8 a 12 boyas en la cuerda central.

Cuerdas de polipropileno de 3 mm de diámetro se cortan en longitudes de 3 m. En cada una de estas cuerdas, se disponen entrelazados 20 trozos de 3 x 10 cm de frondas reproductivas maduras previamente seleccionadas.

Cada una de estas cuerdas con trozos de fronda reproductiva



se instala de forma equidistante a lo largo de los 11 m de la red y se aseguran con amarra cables plásticos. En terreno, estas unidades de siembra se sustentan al fondo marino con lastres, de manera que el sistema de siembra queda dispuesto en forma paralela al fondo.



b) Marcaje de rocas y confección de lastres



Para observar y evaluar el reclutamiento de esporas y posteriormente el crecimiento de frondas en el sitio de repoblación de "luga negra", se deben recolectar en la playa, rocas del tamaño adecuado para evitar ser desplazadas por las corrientes de fondo y marejadas. Se recomienda marcar con masilla epóxica rocas, que permitirán identificarlas para su recolección y verificar en ellas el reclutamiento de esporas y crecimiento de frondas. La faena de marcaje de las rocas debe ser realizada en lugar cercano al embarque para su traslado al sitio de repoblación.

Para el sistema de anclaje de las unidades de repoblación, se debe preparar lastres de unos 30 kilos, consistentes en sacos sintéticos rellenos con rocas, los que servirán de anclaje. Se ocupan 3-6 lastres por red dependiendo de la posición de la unidad de repoblación, esto es, vertical u horizontal respecto al fondo marino.

4.2.6. Instalación de unidades de repoblación y rocas marcadas en el sitio seleccionado

a) Traslado al mar

Luego de terminada la elaboración de las unidades de repoblación, deben ser mantenidas en un lugar fresco y en lo posible cubierto con una esponja húmeda con agua de mar, evitando una desecación prolongada de los trozos de luga. Las unidades deben ser trasladadas a la brevedad al sitio de repoblación, evitando la exposición a la desecación y lluvia. Para sitios submareales, el traslado se hace en bote,



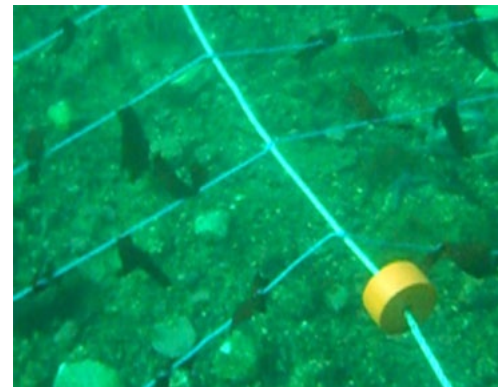
se requiere la participación de dos embarcaciones, dotadas con ayudantes y buzos para el traslado e instalación de las unidades de repoblación, materiales necesarios para lastrar las redes al fondo del mar, así también de las rocas marcadas. Para sitios muy expuestos, el transporte puede realizarse con flotadores, que cumple adecuadamente la función de traslado de las redes en la zona intermareal inferior.

b) Instalación de las unidades de repoblación

La disposición en el mar de las unidades de repoblación, debe ser considerando las características propias de cada sitio elegido. En sitios someros, intermareal o submareal, las redes deberán ser instaladas paralelas al fondo marino, utilizando lastres para la fijación de las redes al fondo y en la parte central se deben colocar boyas para que la red flote, estas boyas pueden ser botellas plásticas en desuso, lo que permite abaratar costos. En ambientes submareales con mayor profundidad, es recomendable instalar

las redes en forma perpendicular al fondo marino. Cada unidad de repoblación, se mantiene vertical en la columna de agua, disponiendo flotadores, el sistema de repoblación se debe lastrar con mallas o sacos plásticos con rocas en su interior.

Alrededor de las unidades de repoblación se deben instalar las rocas marcadas, esto se debe realizar mediante buceo, disponiendo ordenadamente las rocas con la marca de masilla epóxica hacia la superficie del mar. Estas rocas deben distribuirse uniformemente bajo cada unidad de repoblación.

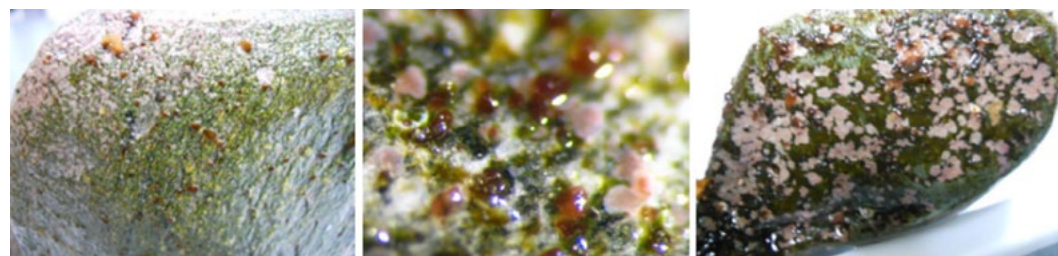


4.2.7. Muestreo de rocas marcadas y seguimiento del reclutamiento de esporas y crecimiento de plántulas en el sitio repoblado

a) Control del reclutamiento

El seguimiento de la repoblación se debe realizar mensualmente, a partir del primer mes, y se recomienda muestrear al menos unas 5 rocas marcadas por unidad de repoblación.

Para observar y evaluar reclutamiento de esporas de "luga negra", las rocas una vez extraídas del sitio de repoblación, se trasladan en contenedores a baja temperatura y protegidos de la deshidratación a un lugar habilitado (galpón, invernadero o laboratorio), en donde se puedan observar las rocas bajo lupa



manual o estereoscópica para verificar la densidad de discos o plántulas fijadas a la roca. Si la repoblación se realiza en los meses de mayo a julio, el seguimiento del reclutamiento debe hacerse por un lapso de 2 a 3 meses.

b) Control del crecimiento

Para observar y evaluar el crecimiento de frondas de "luga negra", se procede de la misma forma descrita en el control del reclutamiento. Si las frondas alcanzan tamaños mayores a 1 cm, la medición se hace en forma directa con una regla o huincha. Debido al rápido crecimiento de las frondas, la medición puede hacerse en el mismo bote. Se recomienda realizar en cada roca, mediciones de la longitud máxima de 10 frondas. La evaluación se puede realizar mensualmente por un lapso de 5 a 6 meses.

Cuando el tamaño de las frondas alcanza aproximadamente los 20 cm de longitud, se puede llevar a cabo un seguimiento directo del crecimiento en longitud y biomasa de las frondas repobladas, para ello se realiza un muestreo abarcando toda la pradera repoblada. La unidad recomendada corresponde a un cuadrante de 0,25 m², que se distribuye en transectos dispuestas en la pradera en forma equidistante, de manera de asegurar un muestreo que represente toda la pradera repoblada. En cada cuadrante, se extrae toda la biomasa y el buzo la guarda en una malla plástica numerada. En instalaciones en tierra, se procesan las muestras, se mide la longitud de las frondas y se pesan las algas cosechadas de cada cuadrante. Los valores de biomasa obtenidos deben promediarse y extrapolarse al área repoblada, de esta manera se obtiene una estimación de la biomasa de la pradera y el tamaño de las frondas. Con esta información se puede tomar una determinación acerca de cosechar la pradera o esperar hasta el siguiente control.

4.2.8. Cosecha de biomasa producida por actividad de repoblación

La cosecha de frondas de "luga negra", en cada sitio repoblado, se debe realizar durante el período de diciembre a abril. Este período, se puede extender o acortar dependiendo de las condiciones climáticas de cada año. Se debe cosechar las frondas de luga en forma manual y mediante buceo, arrancando las frondas de la roca cuidando de no extraerla junto con la roca. El disco adhesivo debe permanecer en el sustrato, ya que genera nuevas frondas en el siguiente período de cosecha, permitiendo sustentar la producción de biomasa en las



próximas temporadas. Se recomienda la cosecha de frondas con tallas mayores a 20 cm, las frondas de tallas menores a 20 cm formarán parte de la biomasa que puede ser cosechada durante la misma temporada. El sitio repoblado con "luga negra" puede ser sometido a cosecha después de 5 a 7 meses de realizada la repoblación, esto como consecuencia del rápido crecimiento de sus frondas y durante el período de crecimiento (diciembre a abril), se pueden realizar tres cosechas. También es recomendable repoblar al término de cada temporada de cosecha para asegurar una buena producción al siguiente año.

Los discos remanentes post actividad de cosecha, tienen la capacidad de regenerar nueva biomasa en el mismo período de crecimiento. Este proceso regenerativo observado constituye, junto con las esporas, la sustentabilidad de las praderas de “luga negra”, cada año. Se recomienda cosechar en el período que habitualmente los extractores intervienen las praderas, es decir de diciembre a abril. En este período hay mayor producción de biomasa y buena calidad del alga, sin embargo, puede ser modificado por las condiciones climáticas de cada temporada. En praderas de “luga negra”, se pueden realizar varias cosechas en la misma temporada puesto que a partir del disco se forman numerosas frondas y no todas ellas crecen simultáneamente.

4.2.9. Secado y Comercialización

Una vez cosechada las frondas de luga negra, mediante buceo o recolección de orilla, estas se deben separar de otras algas y otras impurezas para proceder a comercializarlas en verde o bien someterlas a un presecado (semi húmedo) o secado antes de su comercialización. Esto último favorece un mejor valor de venta del alga. Generalmente, las empresas compradoras de lugas consideran dos parámetros para determinar el precio a pagar por el producto y su calidad, esto es el porcentaje de impurezas que no debiera superar el 3% y el porcentaje de humedad (contenido de agua) que no debiera ser mayor a un 50%.

Una vez cosechada la fronda de luga, puede someterse a un presecado, para disminuir la humedad, esto depende de la naturaleza de la costa, el secado se puede hacer sobre rocas, arena o pasto. Las frondas deben disponerse en una sola capa y no aglomeradas, puesto que puede en este último caso favorecer la mantención de humedad y el alga se descompone rápidamente, perdiéndose la producción. Se pueden construir secadores artesanales de bajo costo, similares a los usados para secar “pelillo”, contruidos de madera y redes, de manera de mantener las algas a cierta altura del suelo o de la arena.

El secador se construye de marcos de madera con mallas de redes en desuso en donde se instalan las frondas de luga, dejando que el viento y el sol procedan a secar las frondas. Se pueden construir secadores más elaborados de madera y plástico a manera de galpón, en cuyo interior se disponen bandejas con mallas de red en desuso, en las cuales se instalan las frondas de luga para su secado. (fotos de secadores)

La comercialización de luga negra cosechada de áreas repobladas, puede lograr mejores precios al ofrecer una biomasa con fases reproductivas seleccionadas según el tipo de espora que inició la repoblación y por su tratamiento de cosecha, limpieza y secado.



5. Cultivo de “luga negra”

5.1. Antecedentes de Cultivo de luga negra

El incremento por la demanda de carrageninas a nivel mundial, principalmente por la industria de alimentos, ha aumentado la demanda por materia prima por parte de la industria procesadora nacional e internacional, como también para la exportación de alga seca. Esto ha generado una mayor presión de extracción sobre las praderas naturales de las principales carragenófitas, *S. crispata* y *G. skottsbergii*.

Los desembarques de ambas especies, si bien han presentado fluctuaciones, durante estos últimos 10 años, no han incrementado de acuerdo a la demanda del producto elaborado, que año tras año incrementa entre un 4 a un 5%.

La alternativa para responder a esta demanda es la implementación de metodologías de cultivo que puedan ser transferidos, mediante capacitación, a usuarios interesados de incorporar los cultivos de carragenófitas como actividad productiva.

La luga negra es una de las carragenófitas que ha captado interés en incrementar su producción mediante cultivo por esporas. Al respecto, se han desarrollado a nivel experimental cultivos en laboratorio para establecer factores que estimulen la liberación de esporas, su germinación y su desarrollo, factores que estimulen el crecimiento de las plántulas de “luga negra”. Se han llevado a cabo cultivos en laboratorio y en hatchery para obtener liberación masiva de esporas y determinar sustratos favorables para la adhesión de las esporas. También se han desarrollado experiencias en sistemas de cultivo suspendido en el mar para determinar viabilidad de las plántulas de luga negra adheridas a diferentes sustratos, crecimiento y producción de biomasa a diferentes profundidades en la columna de agua. Los resultados han demostrado la factibilidad técnica del cultivo de “luga negra” mediante el uso de esporas.

A continuación se detalla las metodologías implementadas con el proyecto, para el cultivo de esta especie.

5.2. Técnica desarrollada para el cultivo de “luga negra”

El cultivo de “luga negra” a partir de esporas, es una alternativa para incrementar la producción del recurso. Además, al iniciar el cultivo con carposporas o tetrasporas, se está seleccionando la biomasa de fronda tetrasporofítica o fronda gametofítica a producir masivamente, seleccionando a su vez el tipo de carrageninas a producir en mayor proporción cuando esta biomasa seleccionada es procesada.

Para obtención masiva de esporas y captación en sustrato cuerdas, se recomienda iniciar las actividades de cultivo en invernadero durante otoño e invierno, dado que las frondas presentan abundantes cistocarpos y soros tetrasporangiales maduros. Se recomienda que las actividades de cultivo en el mar, se inicien durante fines de invierno, para crecimiento de frondas y producción de biomasa durante primavera y verano por las condiciones ambientales favorables.



5.2.1. Habilitar un invernadero

La infraestructura básica para desarrollar actividades de cultivo de “luga negra” requiere de un invernadero, con estructura de madera. El invernadero debe estar cubierto con material transparente que permita utilizar al máximo la luz natural, puede ser de plástico para invernadero o bien planchas de fibra de vidrio transparente. El exceso de iluminación externa puede ser controlado con cortinas negras de malla plástica sombreadora. Esta infraestructura debe estar sustentada en piso de material sólido, con

disposición de canaletas que permita el desagüe del agua de mar contenido en los estanques, cada vez que ella deba renovarse.

El invernadero debe disponer de un sistema de aporte de agua de mar filtrada (1 μm), y estanques de fibra de vidrio (1m de ancho x 5 m de largo y 0.5 m de alto), que contendrán agua de mar y los sustratos que se dispondrán para la fijación de esporas y desarrollo de plántulas de “luga negra”. Es importante destacar, que cada invernadero debe ser acondicionado de acuerdo a la producción que se desee obtener, pudiendo disminuir costos con infraestructura reciclada e innovaciones.

5.2.2. Preparar los sustratos para captación de esporas y desarrollo de plántulas

Para la captación y reclutamiento de esporas y posterior crecimiento de plántulas de “luga negra”, se utilizó un cordel de polipropileno de 2 mm de diámetro. Este cordel se dispone enrollado en un armazón de PVC denominado “bastidor” (80cm de largo x 40 cm de ancho). En cada bastidor se enrollan 50 a 60 m de cuerda. Antes de usar los bastidores con cuerdas, son mantenidas en agua dulce por 24 horas para



limpiar las cuerdas de material particulado, posteriormente se lavan con agua de mar filtrada y se disponen en los estanques con agua de mar filtrada (1 μm) para luego proceder a la siembra con esporas.

5.2.3. Lavar estanques de fibra de vidrio e instalar los bastidores.

Antes de disponer los bastidores con cuerdas y proceder a la siembra de esporas, se deben lavar los estanques con una solución de agua dulce e hipoclorito de sodio al 1%, posteriormente los estanques son lavados con agua de mar filtrada para finalmente instalar en cada estanque, los bastidores con cuerdas. En el fondo de los estanques se instalan 36 bastidores en forma horizontal, una vez dispuesto se

procede a poner agua de mar filtrada a 1 μm , dejando una columna de agua de 15 cm, luego esta agua de mar se enriquece con solución de nutriente foliar comercial antes de sembrar con la suspensión de esporas.

5.2.4. Recolectar material reproductivo

Una vez preparada la infraestructura de cultivo, se debe obtener de la pradera natural de “luga negra”, frondas con cistocarpos o soros tetrasporangiales maduros, según la fase reproductiva que se quiere cultivar. De acuerdo al ciclo de vida, si se quiere cultivar frondas tetrasporofíticas, se recolectarán de pradera natural frondas gametofíticas con cistocarpos maduros, o si se quiere cultivar frondas gametofíticas, se recolectarán frondas tetrasporofíticas con soros tetrasporangiales maduros. Las frondas una vez recolectadas deben depositarse en



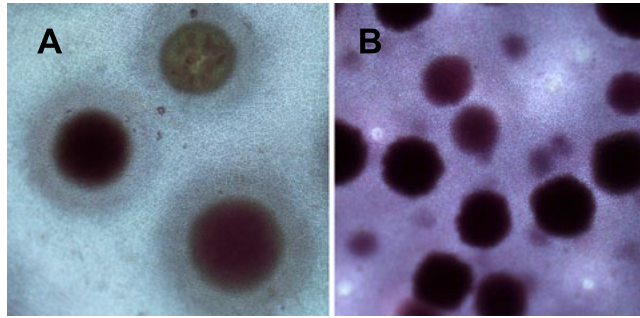
contenedores que permitan mantenerlas a baja temperatura, evitando su desecación y trasladarlas al invernadero. Se recomienda realizar esta actividad entre abril y julio. En este período, esta etapa de recolección de frondas se puede repetir durante el período de madurez de las frondas reproductivas y de acuerdo a las necesidades productivas del centro de cultivo.

5.2.5. Preparación de material reproductivo para obtención de esporas.

Las siguientes etapas describen el tratamiento de las frondas reproductivas recolectadas, para obtener liberación masiva de esporas de “luga negra”.

a. Separación de fases:

Una vez recolectadas las frondas reproductivas de “luga negra”, son trasladadas al invernadero, en donde se procede a la separación de frondas según la fase que se quiere cultivar. Esta separación debe realizarse en un lugar bien iluminado, las frondas deben exponerse a contraluz para diferenciar las frondas con cistocarpos (A), de las frondas con soros tetrasporangiales (B).



b. Limpieza de frondas seleccionadas:

Las frondas seleccionadas por fase, se limpian de epifitas e impurezas y se lavan repetidas veces con agua de mar filtrada de 1 µm. Luego, se pueden eliminar de las frondas el disco de fijación y partes deterioradas o vegetativas, para disminuir contaminación del agua de mar, en donde se va a realizar la esporulación. Posteriormente, se estilan antes de pasar a la etapa de desecación.



c. Desecación de frondas:

Las frondas lavadas y estiladas se disponen en una superficie plana (mesón), que previamente fue limpiada y esterilizada con alcohol (70%). En esta superficie se coloca papel absorbente, antes de instalar las frondas estiladas. Se debe realizar esta etapa en forma separada por cada fase reproductiva, para no contaminar la suspensión de esporas a obtener. Una vez cubierta toda la superficie del mesón con las frondas, se disponen sobre ellas nuevas capas de

papel absorbente para facilitar la deshidratación de las frondas. Las frondas se mantienen en desecación por 1 a 2 horas dependiendo de la madurez de los cistocarpos o soros. Una forma de determinar el tiempo favorable de deshidratación de la fronda con estructuras reproductivas maduras, es observar el papel que presenta manchas de color pardo a marrón que corresponden a liberación de esporas.



d. Hidratación de las frondas:

Una vez cumplido el tiempo de deshidratación y observado en las hojas de papel absorbente las manchas que evidencian liberación de esporas, las frondas se vuelven a hidratar (en baldes separados, si se han deshidratado fases distintas de luga negra). Para ello, las frondas se colocan en baldes plásticos de 20 litros previamente lavados con agua de mar de 1 µm y posteriormente llenados con agua de mar filtrada de 1 µm. Según la biomasa de frondas reproductivas deshidratadas y el número de bastidores a sembrar, se

usarán de 2 a 3 baldes para la esporulación. Las frondas se mantienen en hidratación por 2 horas y durante este lapso se va moviendo las frondas y observando si ha ocurrido liberación de esporas. El color café o café claro del agua de mar evidencia que se ha producido una esporulación masiva. La liberación de esporas puede confirmarse, tomando una alícuota de agua de mar contenida en el balde, que se coloca en una cápsula Petri para observar, bajo lupa, la presencia y abundancia de esporas.

e. Filtrar y Obtener suspensión de esporas:

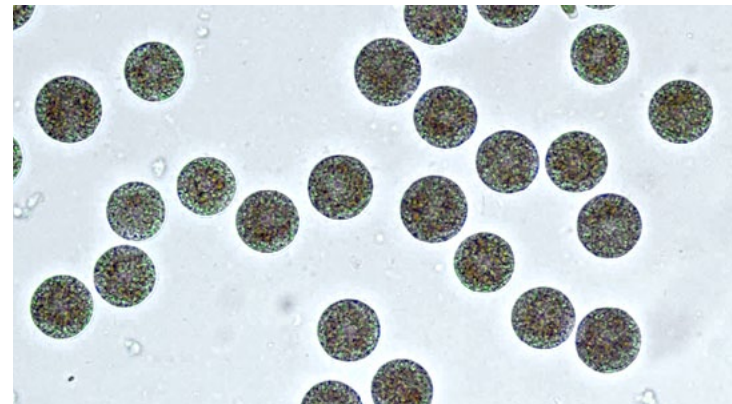
Una vez constatada la esporulación, se extraen cuidadosamente las frondas dejando escurrir el exceso de agua dentro de los baldes. De esta forma se obtiene una suspensión de esporas (carposporas o tetrasporas), que se filtra y se hace pasar por 2 a 3 tamices en un rango de 40 a 80 µm, para retirar impurezas y restos de frondas y se dispone esta suspensión en otro balde limpio. De esta manera se uniformiza la suspensión y queda lista para “sembrar” las esporas sobre las cuerdas dispuestas en los bastidores.



5.2.6. Siembra de las esporas sobre las cuerdas:

La siembra de esporas consiste en trasvasiar la suspensión de esporas desde los baldes a los estanques. Esto se realiza usando un jarro plástico graduado de 1 litro. Cada volumen se vacía y se dispersa en el agua de mar del estanque en forma uniforme, para cubrir todos los bastidores dispuestos en forma horizontal en cada estanque, hasta agotar la suspensión contenida en los baldes. De acuerdo a la necesidad de producción de una determinada fase, la siembra de carposporas o de tetrasporas se realizan en estanques separados.

Por la forma en que se disponen las cuerdas en los bastidores, la actividad de siembra debe realizarse en ambos lados del bastidor, por lo que debe repetirse esta actividad, una vez constatado que en el lado del bastidor en que se hizo la primera siembra, las esporas están adheridas a la cuerda. Generalmente, ocurre antes de los 10 días de la primera siembra. Así, se debe repetir los pasos 5.2.4; 5.2.5 y 5.2.6.



5.2.7. Mantenimiento de los cultivos en invernadero:

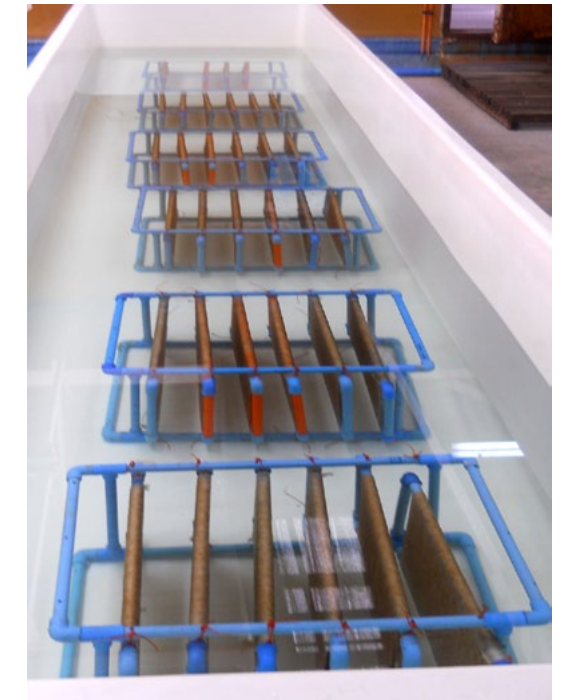
Una vez terminada la siembra en cada estanque, los cultivos son mantenidos por 10 días sin cambio de agua de mar filtrada, para favorecer la adhesión de las esporas a la cuerda. Esta adhesión se puede constatar, cada dos días, observando a la lupa, cubreobjetos o trozos de cuerdas dejados como testigos en cada estanque.

Al observar que las esporas están adheridas, se procede a realizar cambio de agua de mar filtrada y enriquecida con nutriente comercial, cada 15 a 20 días. Las condiciones de temperatura, iluminación y fotoperíodo del cultivo en invernadero son las condiciones naturales de invierno. El seguimiento del desarrollo y crecimiento de plántulas en las cuerdas, se realiza observando éstas bajo lupa. Generalmente, en condiciones de invernadero se puede alcanzar un desarrollo de discos y formación de un talo erguido entre 3 a 4 meses. Esta etapa de mantención puede acortarse si se cuenta con infraestructura de invernadero en que se controlan los parámetros de la temperatura (12°C), iluminación (20 a 40 $\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) y fotoperíodo (12 a 14 horas luz) y un “blower” para adicionar movimiento al agua de mar en los estanques.



Luego de sembrado el bastidor por ambos lados y constatado la germinación y el desarrollo del disco de adhesión de “luga negra” en las cuerdas, los bastidores se pueden disponer de manera vertical en los estanques, instalándolos en estructura de PVC adecuada, de tal forma que los bastidores queden en forma vertical expuestos a la iluminación que estimula el desarrollo y crecimiento de las plántulas de esta alga.

Cuando se realiza el cambio de agua de mar, los estanques y bastidores deben limpiarse del “fouling” que se acumula en su superficie. Los estanques se limpian con agua dulce utilizando un escobillón plástico y luego se lavan con agua de mar filtrada. Las cuerdas en los bastidores se limpian con escobillas de cerdas suaves, evitando sacar los discos en desarrollo.



5.2.8. Trasladar cuerdas con desarrollo de plántulas del invernadero al mar

Cuando las plántulas de “luga negra” tengan un tamaño de 0.5 a 1 mm aproximadamente, después de su cultivo en invernadero, se puede realizar el traslado de las cuerdas al mar. Para ello, las cuerdas del bastidor se cortan en trozos de 1,5 m, se separan en grupos de 50 cuerdas, se instalan en cajas plásticas o de poliestireno expandido y se cubren con esponja plástica de 1,5 a 2 cm de espesor empapada con agua de mar, para evitar la deshidratación de las plántulas. Se recomienda que el traslado de las cuerdas e instalación en sistema de cultivo en el mar sea durante el mismo día. El traslado de las cuerdas al mar debe hacerse



entre julio y septiembre, para que las plántulas una vez instaladas en el sistema de cultivo estén más crecidas y se minimice el efecto de sombreo del “fouling” y de epifitas que se incrementa durante los meses de primavera y verano.



5.2.9. Instalar cuerdas con plántulas de luga en sistemas de cultivo suspendido en el mar

El cultivo de “luga negra” en sistema de cultivo suspendido en el mar, está diseñado para desarrollarlo en una infraestructura de cultivo ya establecida y que corresponde al sistema “long-line” ocupada por los mitilicultores para el cultivo del “chorito”.

La instalación de las cuerdas en el sistema de cultivo suspendido en el mar, se puede hacer de dos formas:

a) Cada cuerda se amarra a la línea “madre” del sistema de cultivo suspendido o “long-line”, en forma individual y en el otro extremo es lastrada con una potala. Se disponen 10 cuerdas por m lineal, en una línea madre de 100 m de longitud.

b) Se debe confeccionar con cuerdas, un rectángulo de 5 x 1,5 m de dimensión utilizando una cuerda de 4 mm de diámetro. En esta unidad de cultivo se debe amarrar 50 cuerdas de 1,5 m de longitud con plántulas de “luga negra” provenientes de cultivo en invernadero, cada cuerda debe amarrarse con un espacio de 10 cm separación de la contigua. Esta unidad de cultivo debe atarse a la línea madre, y al lado opuesto se debe amarrar potalas, que sirven de lastre para mantener la unidad de cultivo en forma vertical. Las potalas son mallas plásticas de 1 Kg. y se le coloca una roca en su interior y sirve de lastre. Este modelo es una unidad básica que debe replicarse de acuerdo a las necesidades productivas. Estas unidades de cultivo deben ser instaladas en los primeros tres metros de profundidad, desde la línea madre del “long-line”. En una línea madre de 100 m doble, deberían instalarse 20 de estas unidades de cultivo descritas.

En el caso de implementar este cultivo en Áreas de Manejo de ambientes expuestos, se puede hacer un sistema de cultivo de fondo, en donde las cuerdas con plántulas de “luga negra” van amarradas en un extremo y cada 10 cm a una cuerda madre de 8 mm de diámetro que está lastrada en el fondo con mallas o sacos plásticos llenos de rocas y en el otro extremo van amarradas a una cuerda madre de 4 mm de espesor y mantenidas verticalmente en la columna de agua, por la disposición de flotadores pequeños en esta cuerda madre.

5.2.10. Mantenimiento del sistema de cultivo y Control del crecimiento de las plántulas

Luego de disponer las cuerdas en el sistema de cultivo suspendido, se deben realizar dos acciones:

a) actividad de mantenimiento semanal del sistema de cultivo suspendido y limpieza de cuerdas de “fouling”, epifitas y macroalgas.

b) actividad de observación y estimación del crecimiento de “luga negra”, esta actividad se puede realizar mensualmente y permitirá obtener la tasa de crecimiento y conocer el tamaño de la fronda para su cosecha.

Ambas actividades se pueden realizar en forma manual y desde un bote amarrado a la línea madre del sistema de cultivo.



5.2.II. Cosecha de frondas de “luga negra”

La cosecha de frondas de luga en sistema de cultivo suspendido, se realiza en forma manual arrancando la fronda o podándola con cuchillo, asegurando que permanezcan en las cuerdas los discos de fijación, los que permitirán formar nuevas frondas durante la misma temporada de cosecha. Esta cosecha se lleva a cabo desde un bote. Dependiendo de la densidad y tamaño de las frondas, se pueden obtener 3 a 4 cosechas en el período de crecimiento, diciembre a abril. Se recomienda programar la cosecha temprano en el día para su secado posterior. Después de realizada la última cosecha de la temporada, las cuerdas con discos y remanentes de frondas, se limpian y se mantienen en el sistema de cultivo suspendido para la próxima temporada de crecimiento y producción de frondas seleccionadas.

5.2.I2. Secado de la biomasa cosechada

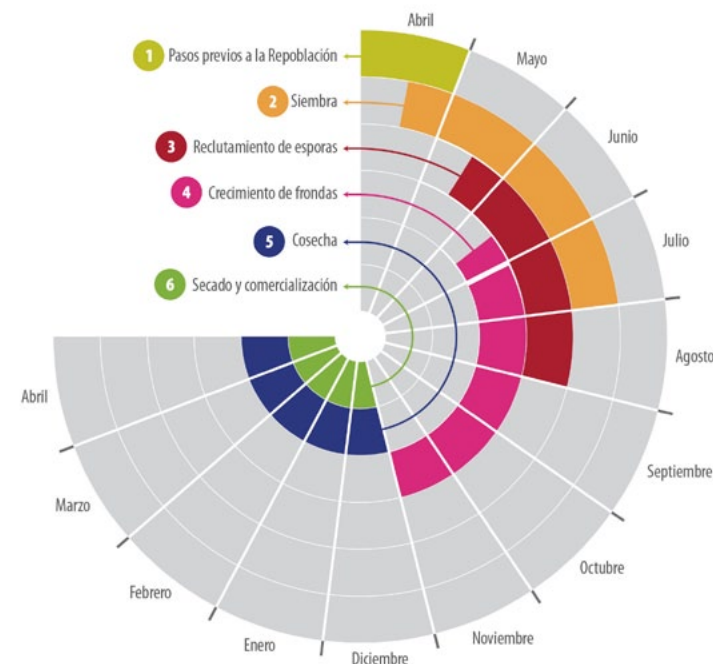
Las frondas cosechadas se van acopiando en el bote y luego son llevadas a la costa y se instalan en tendales o sobre rocas para su secado y posterior comercialización. La



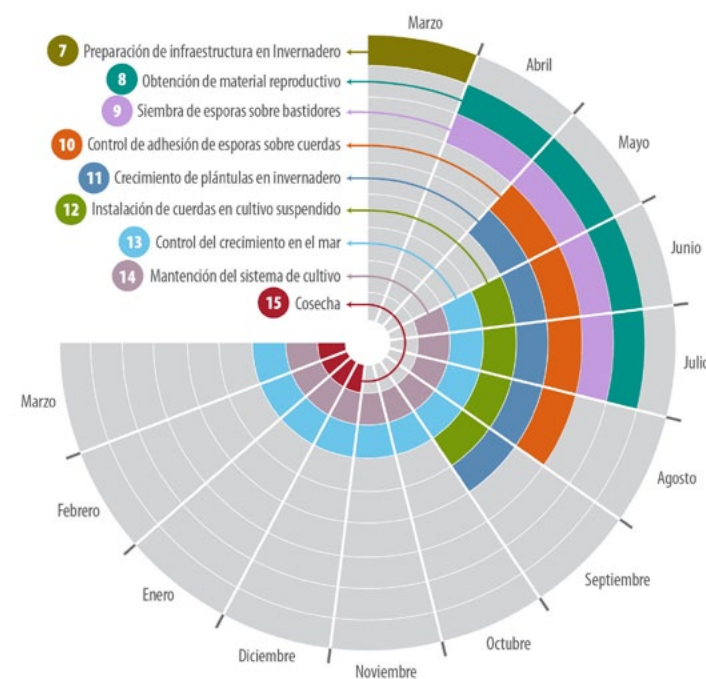
biomasa obtenida en cultivos debería lograr mejores precios que la cosechada de pradera, puesto que es más limpia y corresponde en su totalidad a una determinada fase reproductiva.

5.2.13. Ciclos Productivos de “luga negra”

CICLO PRODUCTIVO PARA LA REPOBLACIÓN DE LUGA NEGRA



CICLO PRODUCTIVO PARA EL CULTIVO DE LUGA NEGRA



6. Bibliografía

- Alveal, K. 1986. Fragilidad y estrategia de perduración de Gracilaria. Estudios Oceanológicos. 5: 27-58.
- Alveal, K., H. Romo, C. Werlinger y M. Nuñez. 1994. Uso de esporas como alternativa de propagación masiva de macroalgas. Revista de Investigación Científica y Tecnológica. Serie Ciencias de Mar 3: 77-87.
- Alveal, K., H. Romo y C. Werlinger. 1995. Cultivo de Gracilaria a partir de esporas. En Alveal K., M.E. Ferrario, E.C. Oliveira y E. Sar (Eds). Manual de Métodos Ficológicos. Universidad de Concepción. Pp. 599-609.
- Alveal, K., H. Romo, C. Werlinger y E.C. Oliveira. 1997. Mass cultivation of the agar producing alga Gracilaria chilensis (Rhodophyta) from spores. Aquaculture 148: 77-83.
- Alveal, K., A. Candia, G. Collantes, M. Edding, E. Fonck, C. Melo, A. Poblete, P. Rivera, H. Romo & R. Westermeier. 1990. Guía de Algas Marinas Chilenas de Importancia Económica. Red de Algas Marinas, Chile, 114pp.
- Ávila, M., E. Ask, B. Rudolph, M. Nuñez & R. Norambuena. 1999. Economic feasibility of Sarcothalia (Gigartinales, Rhodophyta) cultivation. Hydrobiologia 398/399: 435-442.
- Ávila, M., R. Otaíza, R. Norambuena, M. Nuñez, A. Candia & A. Poblete. 1995. Desarrollo de tecnología de cultivo y repoblación de luga negra en la X Región. 1995. Informe Final Proyecto CORFO-IFOP. SGI 94/9. 97pp.
- Ávila, M., R. Otaíza, R. Norambuena, M. Nuñez. 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., Nuñez, M. & H. Plaza. 2001. Investigación para la repoblación de praderas naturales de luga en la X Región. Informe Final. Proyecto FNDR. 48 pp. + Anexos.
- Ávila, M., J. Cáceres, A. Candia, H. Plaza, R. San Martín, J. González, C. Torrijos, M. Nuñez & P. Camus. 2001. Investigación y manejo de praderas de luga en la X y XI Regiones. Informe Final. Proyecto FIP N° 99-21. 137 pp. & 3 Anexos.
- Ayal, H. y B. Matsuhira. 1987. Polysaccharides from nuclear phases of Iridaea ciliata and I. membranacea. Hydrobiologia 151/152: 435-442.
- Brante, A., R. Otaíza y S. Abades. 2000. Abundancia de gametofitos masculinos y fluctuaciones en la proporción sexual en una población submareal de Sarcothalia crispata (Rhodophyta, Gigartinales), en el Centro-Sur de Chile. XX Congreso de Ciencias del Mar, Concepción, Chile.
- Candia, A. y A. Poblete. 1981. Estudios sobre el ciclo de vida de Iridaea ciliata Kützinger (Rhodophyta, Gigartinales), presente en Bahía de Concepción, Chile. I Jornadas de Ciencias del Mar, Montemar, Chile. Libro Resumen p.19.
- Candia, A. 1983. Antecedentes reproductivos del género Iridaea Bory (Rhodophyta, Gigartinales), de Bahía Concepción, Chile. Memorias de la Sociedad Latinoamericana de Acuicultura, 5: 20.
- Candia, A., F. Galleguillos, M. Nuñez y G. Aroca. 2006. Avances en el conocimiento productivo del cultivo del “pelillo”. Proyecto FDI-CORFO 01CR3PT-13. Instituto de Fomento Pesquero. 26 pp.
- Candia, A., M. Nuñez, F. Galleguillos, G. Aroca y S. Saavedra. 2013a. Protocolo de repoblación de luga negra y luga roja. Proyecto HUAM-FONDEF AQ 0811031. 14pp.
- Candia, A., M. Nuñez, F. Galleguillos, G. Aroca y S. Saavedra. 2013b. Protocolo de cultivo de luga negra y luga roja. Proyecto HUAM-FONDEF AQ 0811031. 14pp.

Infante, R. y A. Candia. 1988. Cultivo de *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss and *Iridaea ciliata* Kützinger (Rhodophyta, Gigartinales) Guyana. Bot. 45:297-304.

Kim, D.H. 1976. A study of the development of cystocarps and tetrasporangial sori in Gigartinaceae (Rhodophyta, Gigartinales). Nova Hedwigia 27:1-146, 237Figs.

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.

Henríquez, P. & I. Benoit. 1974. Estudios químicos taxonómicos en base a hidrocarburos de *Iridaea laminarioides* Bory, *Iridaea ciliata* Kützinger, *Gigartina chamissoi* (C.Agardh) J.Agardh y *Rhodymenia palmata* Greville (Rhodophyta), de la bahía de Concepción. Bol. Soc. Biol. Concepción. 48: 273-279.

Hoffmann & Santelices, 1997. Flora Marina de Chile Central. Ediciones Universidad Católica de Chile. 155 pp.

Núñez, M. 2001. Repoblación de praderas naturales de *Sarcothalia crispata*. En Taller de transferencia tecnológica: Cultivo y repoblación de luga negra (*Sarcothalia crispata*). IFOP-FDI 2001. 39 pp.

Opazo, F. & R. Otaiza. 2007. Vertical distribution of spores of blade-forming *Sarcothalia crispata* (Gigartinaceae) and crustose corallines (Corallinaceae) in the water column. Botánica Marina 50 (2007): 97 – 105.

Otaíza, R., S. Abades y A. Brante. 2001. Seasonal changes in abundance and shifts in dominance of life history stages of the carrageenophyte *Sarcothalia crispata* (Rhodophyta, Gigartinales) in south-central Chile. Journal of Applied Phycology, 13: 161-171.

Pizarro, A. 1986. Conocimiento actual y avances recientes sobre el manejo y cultivo de *Gracilaria* en Chile. Monografías Biológicas. P. Universidad Católica de Chile. 4: 63-96.

Poblete, A., A. Candia, I. Inostroza & R. Ugarte. 1985. Crecimiento y fenología reproductiva de *Iridaea ciliata* Kützinger (Rhodophyta, Gigartinales) en una pradera submareal. Biología Pesquera. 14: 23-31.

Ramírez, M. E. & B. Santelices. 1991. Catálogo de las algas marinas bentónicas de la costa templada del Pacífico de Sudamérica. Monografías Biológicas. 5: 437pp.

Romo, H. A. Pizarro y M. Muñoz. 1985. Manejo de *Iridaea* sp. y la factibilidad de incremento en ambiente natural. Informe Final Proyecto SERPLAC VIII Región (1984-1985), Universidad de Concepción, 145 p.

Romo, H., K. Alveal & C. Werlinger. 2001a. Growth of the commercial carrageenophyte *Sarcothalia crispata* (Rhodophyta, Gigartinales) on suspended culture in central Chile. Journal of Applied Phycology. 13: 229-234.

Romo, H., M. Avila y A. Candia. 2001b. Manual de técnicas de cultivo y repoblación de "Luga Roja" (*Gigartina skottsbergii*). Proyecto FONDEF D9711064. IFOP – Universidad de Concepción, Chile. 32 pp.

Santelices, B., 1989. Algas marinas de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. 400 pp.

Sernapesca. 2014. Anuarios estadísticos de Pesca. Gobierno de Chile <<http://www.sernapesca.cl>>

Zanlungo, A. 1978. Gel production by Chilean algae and their utilization. I. Symp. Nac. Algas Marinas, Santiago, Chile, 50-51 pp.

7. Glosario

Áreas de Manejo: corresponden a una medida de administración pesquera que asigna derechos exclusivos de uso y explotación de recursos bentónicos a organizaciones de pescadores artesanales constituidos legalmente, en sectores geográficos reservados para la pesca artesanal.

Basonimo: término usado en nomenclatura botánica y corresponde al nombre científico con el cual fue nombrado originalmente la especie.

Bastidores: marco construido de tubos de PVC en donde se enrollan las cuerdas que serán utilizadas como sustrato para la fijación de las esporas.

Biomasa: es el peso total vivo de una muestra de algas en un área determinada.

Buceo "Hooka": tipo de buceo no autónomo, en donde al buzo se le suministra aire a través de regulador, manguera y compresor.

Carpósporas: en algas rojas, es la espora producida en un carposporangio, generalmente diploide producto de la fertilización de la célula femenina y el espermacio.

Carposporofito: fase reproductiva en el ciclo de vida de algas rojas, que corresponde al desarrollo del cigoto, que luego de su desarrollo y madurez forma y libera carposporas.

Carrageninas: son polisacáridos naturales que se encuentran presentes en la pared celular de las algas rojas. Son capaces de formar coloides viscosos o geles en medios acuosos y/o lácteos.

Ciclo de vida: en algas rojas, corresponde a la secuencia recurrente de tres fases reproductivas tetrasporofito, gametofito y carposporofito.

Cistocarpio: cuerpo reproductivo de algas rojas que contiene a la fase carposporofito, que una vez maduro libera carpósporas.

Concesión: medida administrativa que el Ministerio de Defensa Nacional, otorga a una persona los derechos de uso de una porción de playa o una porción de fondo marino (incluyendo la columna de agua sobre él), que se entrega por un tiempo indefinido para realizar actividades de acuicultura.

Cosecha: acción de extraer la biomasa producida desde el cultivo de una macroalga.

Endémico: organismo propio de un lugar o región

Espermacios: en algas rojas, célula reproductiva masculina, sin movilidad propia, producidas en frondas gametofíticas.

Espora: en algas, célula reproductiva asexual.

Fenología: estudia la relación entre los factores climáticos y los ciclos productivos y reproductivos de los seres vivos, principalmente vegetales.

Ficocoloide: coloide o gel obtenido de las paredes celulares de macroalgas.

Fotoperiodo: lapso de tiempo de horas de luz, en un ciclo de 24 horas.

Gametofito: fase reproductiva en el ciclo de vida de algas rojas y se caracteriza por producir gametos, espermacios y oocélulas. Fase generalmente haploide.

Gametos: células reproductivas sexuales

Gel: forma en que se presenta un coloide. Predomina la fase sólida.

Hábitat: espacio físico ocupado por una especie.

Invernadero: es un espacio físico construido generalmente de madera, para producción masiva de estados iniciales de la especie de macroalga que se quiere cultivar; está implementado con: estanques, sistemas de circulación de agua de mar, sistemas de aireación, luz artificial, etc.

Long line: sistema de cultivo suspendido o flotante que consta de lastres o fondeos de cemento, cabos, línea madre y boyas. Generalmente, se utiliza para el cultivo de chorito.

Pared Celular: límite más externo de una célula vegetal. Estructura de polisacáridos que a manera de capa cubre la célula vegetal.

Polisacárido: compuesto químico, conocidos también como glúcidos, formado por unidades denominadas monosacáridos. En macroalgas forman la pared celular y productos de reserva.

Propagación Vegetativa: formación de nuevas frondas a partir de ramificaciones, fragmentos o trozos de la misma fronda.

Propagación por esporas: formación de nuevas frondas a partir de la germinación y desarrollo de una espora.

Reclutamiento: incorporación de nuevos individuos en un sustrato (rocas, valvas de moluscos o cuerdas).

Reoblación: acción que tiene por objeto incrementar el tamaño o la distribución geográfica de la población de una especie hidrobiológica, por medio artificiales (LGPYA, Título I, art N° 2).

Senescencia: envejecimiento biológico. Cambio gradual de un organismo.

Tetráspora: en algas rojas, espora asexual producida en un tetrasporangio.

Tetrasporangio: en algas rojas, estructura reproductiva de la fase tetrasporofito, que por meiosis produce 4 esporas, denominadas tetrasporas.

Tetrasporofito: fase reproductiva en el ciclo de vida de algas rojas y se caracteriza por producir células reproductivas asexuales, las tetrasporas.

Transectas: método de muestreo utilizado en poblaciones de macroalgas y consiste en recorrer, mediante buceo, una línea recta del fondo marino en que se distribuye la población para obtener muestras que son utilizadas para estimar parámetros poblacionales (biomasa, densidad, longitud del alga).

Unidades de reoblación: estructura que se utiliza para repoblar un área determinada, consiste en la utilización de redes que sirven de soporte de las cuerdas en las cuales van entrelazados trozos de frondas reproductivas maduras.

Vegetativo: forma de propagación en macroalgas, en donde una ramificación o una porción de la fronda pueden generar de nuevo la fronda entera.

Viscosidad: propiedad de las sustancias fluidas de oponer resistencia al deslizamiento.



Almte. Manuel Blanco Encalada 839 Valparaíso, Chile

Teléfono: +56 32 2151500

Jose Manuel Balmaceda 252, Puerto Montt, Chile

Teléfono: +56 65 234 2287

www.ifop.cl