(145)

TALLER DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

99C5PT-02(F)

"Cultivo y repoblación de luga negra (*Sarcothalia crispata*)"

Proyecto FDI "Cultivo de algas productoras de carragenanos: escalamiento a nivel piloto del cultivo masivo de luga negra (*Sarcothalia crispata*)"

GOBIERNO DE CHILE
FDI - CORFO

IFOP

1 777.145
I 145
1999.

1. Introducción

La luga negra o *Sarcothalia crispata* es una especie recurso que forma praderas submareales en el litoral del sur de Chile las cuales se encuentran en actual explotación, junto a la luga roja o *Gigartina skottsbergii* constituyen la principal materia prima para la industria productora de carrageninas. La luga negra ha sido explotada de hace mas de cuatro décadas la biomasa se cosecha desde praderas naturales.

El implementar una tecnología de cultivo de luga negra a partir de esporas y escalarla a nivel piloto, para su producción masiva, permitirá asegurar un abastecimiento constante en el tiempo tanto para la industria nacional procesadora como para la exportadora y mejorar la producción en cantidad y calidad.

El presente taller de transferencia tecnológica, se encuentra en el marco de las actividades de difusión del proyecto FDI "Cultivo de algas productoras de carragenanos: escalamiento a nivel piloto del cultivo masivo de luga negra (*Sarcothalia crispata*)" y esta dirigido a pequeños acuicultores y empresas que tengan interés en desarrollar el cultivo de este especie.

2. Utilización y destino de las algas

Por Claudia Torrijos

- **¿Qué son las algas?**

Las algas marinas son organismos vegetales, que viven en el mar, se diferencian de las plantas terrestres porque su estructura es mucho mas simple (no tienen hoja, tallo ni raíces), tienen la capacidad de absorber nutrientes por toda su superficie y sus ciclos de vida son mas complejos que los de las plantas terrestres. Al igual que las plantas terrestres absorben la energía del sol para poder vivir, y lo hacen gracias a un proceso que se denomina fotosíntesis (foto: de luz y síntesis: producción de alimento), para hacer fotosíntesis tienen compuestos especializados para absorber la energía del sol que se denominan pigmentos.

Todos los organismos vegetales (algas y plantas terrestres) tienen sus células cubiertas por compuestos especiales que les permite mantener su forma, en las plantas encontramos la celulosa, la que se usa para hacer el papel, pero las algas además de celulosa tienen otros compuestos de textura gelatinosa y por eso al tocar las algas nos dan una sensación pegajosa, estos compuestos se llaman ficocoloides, los que son extraídos por el hombre para hacer distintos tipos de productos.

¿Por qué son importantes las algas?

Las algas constituyen un importante factor en la estabilidad de los ambientes marinos. En una población de algas, los animales como moluscos, peces y crustáceos que se alimentan de algas encuentran abundancia de alimento y los que son carnívoros encuentran a sus presas. Además los fondos marinos habitados por algas son excelentes sitios para que los animales depositen sus huevos, y son lugares seguros para que las larvas y los pequeños peces y crustáceos pasen sus primeras etapas de vida, en que generalmente deben ocultarse.

Por otra parte las algas al ser organismos autótrofos (auto: por sí mismos y trofos: alimento) consumen grandes cantidades de compuestos que son eliminados por los organismos animales, e incluso los desechos eliminados por el hombre, por lo que tienen un importante rol en la mantención de ambientes marinos limpios.

¿Para qué sirven las algas?

Desde tiempos inmemoriales el hombre se ha acercado al mar en busca de alimentos, herramientas o medicinas, este contacto ha generado un gran conocimiento, del cual las actuales generaciones de seres humanos siguen beneficiándose. Las algas marinas son recursos que han sido aprovechados por muchas culturas, entre ellas destacan las antiguas civilizaciones orientales de países como China, Corea y Japón, cuyas culturas milenarias se han desarrollado alimentándose de algas, usándolas como medicamentos entre muchas otras aplicaciones. Entre los usos que tienen las algas marinas tenemos:

Como fertilizantes: Las algas marinas constituyen excelentes fertilizantes para la actividad agrícola porque: libera más lentamente el Nitrógeno en comparación con los fertilizantes de granja (guano, compost), son ricas en microelementos, y no traen semillas de malezas

Las algas deben ser enterradas para aprovechar sus propiedades fertilizantes, puesto que al contacto con el agua dulce y el sol se descomponen fácilmente y se gelatinizan.

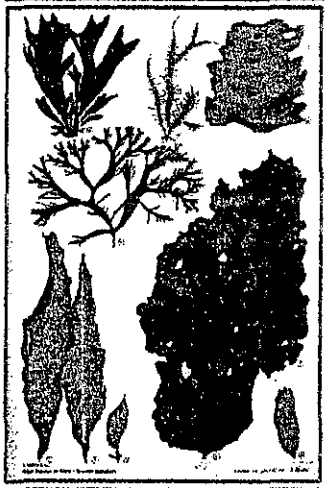
Como alimento: En países como China, Corea o Japón se consumen grandes cantidades de algas. En estos países se cultivan las algas marinas hasta alcanzar las características deseadas por el mercado de los alimentos, existe una industria especializada encargada de procesar las algas y convertirlas en productos listos para la venta al público (conservas, sopas, salsas, té mermeladas, fideos e incluso vino de algas).

Las algas son excelentes complementos nutricionales, puesto que contienen grandes cantidades de fibra no digerible, lo que favorece la digestión de compuestos nutritivos de lenta absorción, sin correr el riesgo de aumento de peso,

por lo que se usan en tratamientos para adelgazar. Por otra parte contienen cantidades importantes de elementos nutritivos como proteínas, lípidos, hidratos de carbono, minerales (Ca, P, Fe, Na, K, I) y vitaminas (A, B1, B2, C, B12).

Figura 1: Clasificación de las algas. Existen tres tipos de algas en el mar, las que se han clasificado por su color característico, el cuál está dado por los pigmentos que usan para hacer fotosíntesis:

- **Algas verdes (o Chlorophyceae): El pigmento más importante que tienen estas algas es de color verde y se llama clorofila, en sus tejidos tienen celulosa al igual que las plantas terrestres.**



- **Algas rojas (o Rhodophyta): Estas algas se ven de color rojo porque sus pigmentos más importantes, las ficobilinas, son de este color. Las algas rojas en sus tejidos acumulan unos compuestos pegajosos, conocidos como agar (que se extrae del pelillo) y las carrageninas (que se extraen de las lugas), estos compuestos son muy importantes puesto que se usan en la industria de los alimentos.**

- **Algas pardas (Phaeophyta): Se denominan de esta forma por el color café característico que le otorgan sus pigmentos: las xantófilas. En sus tejidos contienen alginatos, que son compuestos de textura gelatinosa, son extraídos para usarlos en muchas aplicaciones industriales.**

Como alimento animal: En Europa es donde se utilizan en forma mas frecuente las algas marinas como aditivo en alimento para animales, se ha observado que la adición de algas a la dieta de bovinos mejora la producción de leche y aumenta la producción de espermios en los machos sementales.

Actualmente en Chile se ha iniciado el cultivo de animales marinos como el erizo y al abalón, estas dos especies consumen grandes cantidades de algas, que los productores tienen que colectar desde poblaciones naturales, dentro de poco tiempo se hará necesario el desarrollo de cultivos de algas especialmente para abastecer la industria ericera y abalonera.

En farmacia y medicina: El país que más usa las algas marinas como medicamentos es China. Entre las propiedades medicinales de las algas encontramos: Vermífugos (eliminación de parásitos intestinales), corrección de la función tiroídea (por su alto contenido de Yodo), actividad antibiótica, antitumorales (limitan el desarrollo de cáncer), anticolesterolémica (disminuye la concentración de colesterol)

¿Para qué sirve la luga negra?

Las algas rojas contienen en sus tejidos compuestos similares a las gelatinas de origen animal (como la empleada en fabricación casera de cecinas), dichos compuestos se denominan carrageninas, las cuales son procesadas en Chile y son utilizadas en los países desarrollados en la industria de los alimentos, sirven como viscosantes, gelificantes y emulsionantes. Esta sustancia permite mejorar la consistencia del producto, sustituir la grasa, aumentar el rendimiento, espesar y gelatinizar los productos.

mismas características son aprovechadas por la industria cosmética y farmacológica.

En Chile existen empresas que procesan exportan carrageninas, siendo sus principales clientes países como Dinamarca, Francia, Estados Unidos.

3. Aspectos reproductivos en luga negra

Por Rodrigo San Martín

Una característica de los organismos vivos es su capacidad de reproducirse, este mecanismo permite que una especie (mamíferos, árboles, peces o algas) permanezca habitando la tierra generación tras generación.

Existen varias formas de reproducción, la mas conocida es la denominada reproducción sexual, en la que existe un individuo femenino y otro masculino, que son capaces de generar nuevos seres, existe otro tipo de reproducción menos conocida que se denomina reproducción asexual, en la que un organismo por si mismo es capaz de originar a otro de iguales características. La luga negra tiene un ciclo de vida complejo que incluye estas dos formas de reproducción.

La luga negra es un alga que se reproduce a través de esporas y por regeneración

- Las esporas son equivalentes a las semillas y permiten la generación de nuevas plantas.
- La regeneración de la planta ocurre al desintegrarse el alga producto de su maduración, luego lo que queda de alga en la piedra vuelve a generara otra planta.

¿Cómo reconocer algas reproductivas?

Las esporas están contenidas en estructuras reproductivas, visibles como manchas negras en la superficie de alga, existen dos tipos de estructuras reproductivas:

- Cistocarpos de mayor tamaño y que levantan la superficie del alga (Figura 1).
- Soros tetrasporangiales de menor tamaño en el interior del alga (Figura 1).

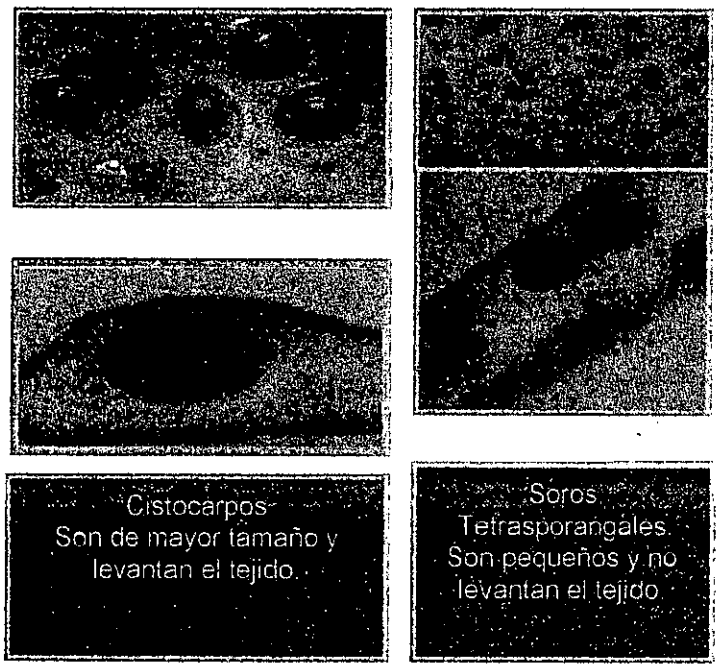


Figura 2. Estructuras reproductivas en luga negra.

Existen diferencias entre las hojas de luga según el tipo de estructura reproductiva que posean.

Las algas que tienen soros son frondas tetrasporicas y aquellas que contienen cistocarpos son frondas cistocarpicas.

Ambos tipos de alga corresponden a diferentes estados del ciclo de vida de la luga negra.

¿Qué es el ciclo de vida?

El ciclo de vida es la secuencia de diferentes fases de un organismo. La luga negra tiene un ciclo de vida complejo en el que plantas femeninas al ser fecundadas por plantas masculinas (reproducción sexual) forman en su superficie estructuras reproductivas que contienen esporas que darán origen a plantas que al crecer desarrollaran estructuras reproductivas, sin tener que ser fecundadas por otra planta (reproducción asexual), las cuales contienen esporas que daran origen a plantas masculinas y femeninas, cerrando el ciclo (ver figura 3).

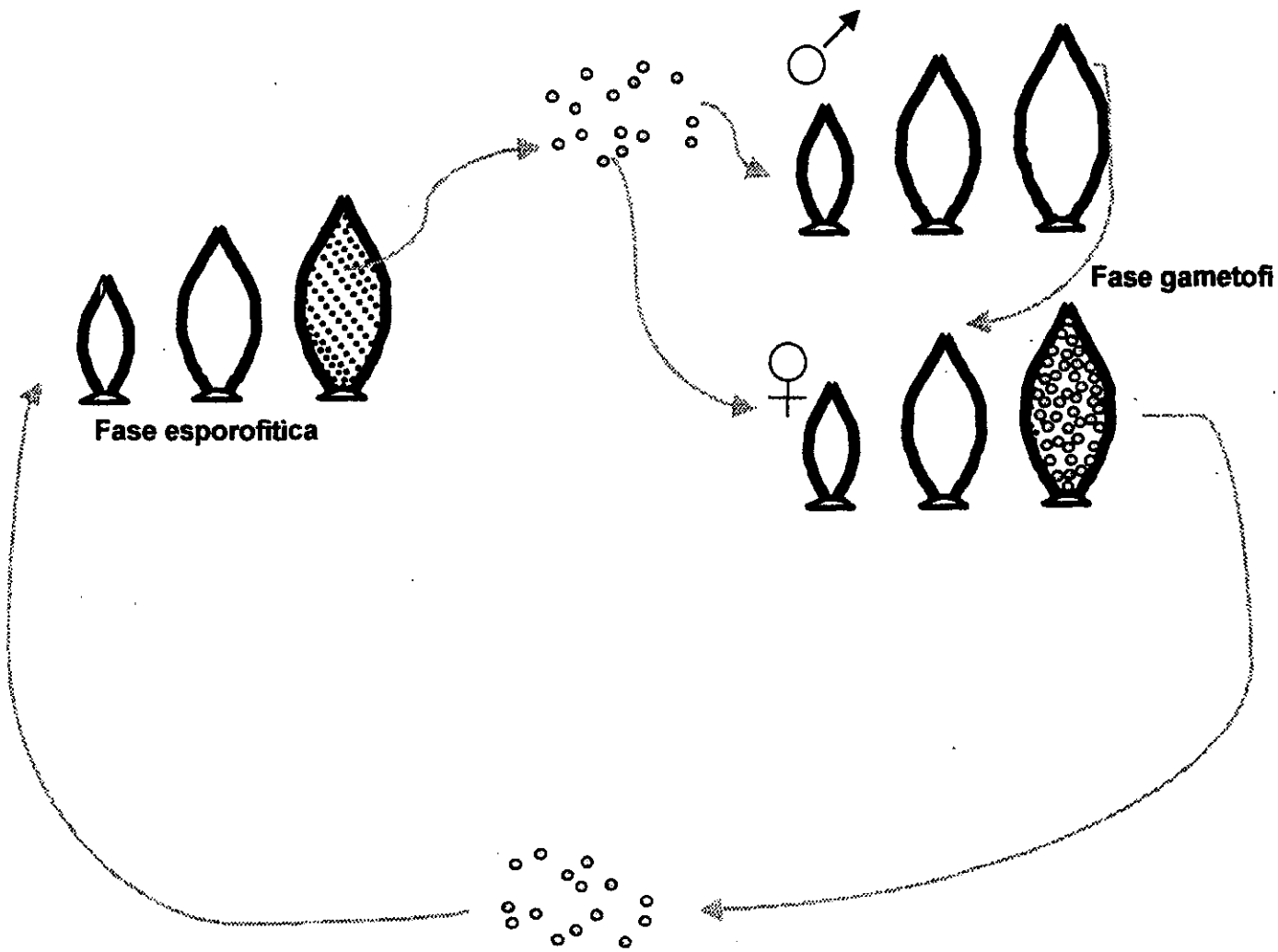


Figura 3. Ciclo de vida de la luga negra (simplificado).

¿Por qué es importante reconocer los tipos de algas que tiene el ciclo de vida de la luga negra?

Porque la importancia económica de la luga negra es que de ella se extraen compuestos denominados carrageninas, existen distintos tipos de carrageninas.

Las algas de las diferentes fases del ciclo de vida producen tipos de carrageninas que en la industria tienen distintas aplicaciones, es así como las plantas gametofiticas producen kappa (κ) carrageninas este tipo de carragenina es un buen retenedor de agua, por lo que convierte los líquidos en geles fuertes, son usadas cuando se necesitan geles rígidos y quebradizos o firmes y elásticos en agua y leche, se utiliza principalmente postres de leches o tipo gelatina, en mermeladas, carnes procesadas (cecinas), helados y quesos. Las plantas esporofiticas producen lambda (λ) carrageninas que se caracterizan por su alta solubilidad en agua, lo que les confiere propiedades viscosantes, esta característica es utilizada en productos lácteos como leches con sabor, y jugos de fruta, entre otros.

Para la industria de las carrageninas resulta complicado separar las algas de las distintas fases, por lo que prácticamente no fabrican carrageninas puras, con el desarrollo del cultivo de la luga negra se podría asegurar a las empresas materia prima para la obtención de fases puras.

4. Dinámica poblacional de *Sarcothalia crispata* en la X y XI Región

Por Marcela Avila L.

La fenología es el estudio de los cambios recurrentes en la respuesta de los individuos en relación a cambios climáticos y ambientales. En las algas estos cambios se refieren a procesos de maduración, crecimiento, reproducción y senescencia entre otros. Las praderas naturales de luga negra, muestran un comportamiento estacional, durante el verano se produce la máxima biomasa, luego en otoño esta decae hasta alcanzar niveles mínimos en invierno y primavera, posteriormente en la primavera tardía e inicios del verano se incrementa la biomasa nuevamente. Los procesos de maduración de frondas de luga negra son continuos en el año, sin embargo son más intensos durante el otoño o en invierno, es durante estas estaciones del año que se produce la madurez de frondas reproductivas, y esporulación masiva de esporas, posteriormente un necrosamiento de los tejidos y fragmentación de las frondas.

Estas observaciones realizadas en praderas naturales de la X Región, indican que, las frondas de esta especie son de ocurrencia anual, mientras que los discos de fijación permanecen por mas de 2 años y en la temporada siguiente son capaces de regenerar o recrecer generando nuevamente biomasa en la pradera.

La maduración de fases en la pradera natural es paulatina y durante el verano la biomasa es principalmente vegetativa para luego producir la maduración de las diferentes fases observándose que, la fase tetraspórica madura mas tempranamente (otoño) que la fase cistocárpica (invierno).

La presencia de frondas reproductivas en una pradera asegura reclutamiento de nuevos individuos y la mantención de un pool genético que asegurara en el tiempo la diversidad intraespecifica de la población. Sin embargo se desconoce si el

reclutamiento de nuevos individuos o el recrecimiento de discos es mas importante en la generación de biomasa de la población.

Los factores que regulan la maduración de frondas esporofiticas probablemente están relacionados con temperatura, iluminación, y fotoperiodo sin embargo no hay antecedentes específicos al respecto.

5. Crecimiento de luga negra

Por Julián Cáceres

¿QUE ES EL CRECIMIENTO?

El crecimiento se define como aquel proceso de desarrollo de un organismo, que en forma general se produce en varias etapas y a distintas velocidades. En algas, este crecimiento es producido por unas células meristemáticas que se ubican en la parte apical, tanto del disco (raíz), como del talo (fronda). Sin embargo para que las algas puedan crecer es necesario que ciertos factores estimulen este proceso. Estos factores están directamente relacionados con los cambios estacionales que se producen durante el año.

¿QUE FACTORES AFECTAN EL CRECIMIENTO EN ALGAS?

LUZ: es la energía que es irradiada a través de longitudes de onda y que pueden producir la sensación de visión. Los elementos que irradian esta energía son las estrellas, fuego, velas, lamparas, linternas. La luz es un factor importante para las algas ya que proporciona la energía para la fotosíntesis que es el proceso que le proporciona la vida. Sin embargo, el agua de mar y las condiciones climáticas producen que la cantidad (intensidad lumínica), calidad y continuidad de luz varíe. Por ejemplo, la *Intensidad lumínica* varia con la cobertura de las nubes, sombreo costero, sombreo por parte de otros organismos de mayor tamaño; la *Calidad*, varia con la profundidad del agua y por ultimo, la *Periodicidad*, la cual puede influir en el crecimiento de las algas en forma diaria o estacional (fotoperíodo).

NUTRIENTES: Son materiales indispensables para las funciones vitales de las algas, especialmente son requeridos para el crecimiento y reproducción. Se pueden separar 2 tipos de nutrientes: esenciales y no esenciales. Los esenciales son el nitrogeno (N), fosforo (P), fierro (Fe), el cobre (Cu), zinc (Zn), magnesio (Mn) y carbono (C) la ausencia o falta de alguna de ellas puede impedir que las algas no crezcan o que estas

algas no se vuelvan reproductivas. También es importante mencionar que la incorporación de estos nutrientes se produce en toda la superficie de fronda, no existe una zona o receptor especializado que capte los nutrientes.

SALINIDAD: Es referida a la cantidad de sal contenida en el mar. Las sales que entran al mar provienen de los ríos, estuarios, polvo atmosférico y glaciares. Normalmente, la salinidad se expresa en gramos por kilogramos o partes por mil (símbolo =‰). La salinidad normal del agua de mar está entre 33 y 35 partes por mil. Diferentes concentraciones de la salinidad alteran la estructura y composición de las algas, produciendo cambios en el volumen del tejido de las algas y de esta forma, acelerar o disminuir el crecimiento de las algas. Los rangos de óptimos de salinidad al actuar en conjunto con la temperatura pueden facilitar la fotosíntesis y de esta forma aumentar el crecimiento.

TEMPERATURA: Es el calor que se desprende y que es absorbido entre 2 cuerpos. Las variaciones de temperatura pueden sumar una serie de reacción químicas de los nutrientes y sales que se encuentran en el agua de mar, produciendo de esta manera, efectos que pueden disminuir o acelerar el crecimiento de las algas. Se piensa, por lo general, que los cambios de temperatura que se producen en el ambiente donde habita las algas están controlados por receptores (enzimas) que se encuentran en toda la fronda, lo cual, les permite controlar en hasta un cierto punto temperaturas extremas. Por otro lado, la temperatura varia con la profundidad del mar, esto explica porqué ciertas algas habitan diferentes sitios que se encuentran a distintas profundidades

¿DÓNDE VIVE Y COMO CRECE LA LUGA NEGRA?

Conocer cuales son las características tanto biológicas, como también conocer cuales son las condiciones ambientales donde habita, es importante para un futuro cultivo.

La luga negra es un alga de ambiente salino, habita sectores costeros, generalmente crece sobre sustratos duros (roca maciza o bolones) a partir de un disco de cual nacen

crece una fronda que alcanza un tamaño entre 30 a 40 cm. La luga negra es un alga perenne lo cual significa que posee un disco que se pega a la roca de la cual nace una fronda que al momento de terminar su madurez esta se desprende, **permaneciendo el disco en la roca** y volviendo a producir al poco tiempo otra fronda.

CICLO DE PRODUCCIÓN DE LUGA NEGRA

La luga negra se la puede encontrar durante gran parte del año, las mayores cantidades de luga se observan en la época de verano, sin embargo, ciertos lugares durante la época de invierno pueden llegar a desaparecer las frondas. Con estos antecedentes nos podemos dar cuenta que los cambios en la producción de frondas puede ser atribuibles a varios elementos o factores importantes que están relacionado con los cambios estacionales que imperan durante un año, produciendo que estos factores puedan tener la capacidad de gatillar el crecimiento de las frondas de la luga negra o impedir que se produzcan nuevas frondas a partir de su disco.

Conocer como influyen estos factores en el crecimiento durante el año, es importante a la hora de que un acuicultor pretenda instalar un cultivo de luga negra en un lugar determinado, de esta manera, es necesario observar el comportamiento de estos factores en el ambiente natural.

La figura 4 muestra un ciclo de producción de biomasa de una pradera de luga negra durante un año y los factores que inciden en él.

Ciclo anual de Producción

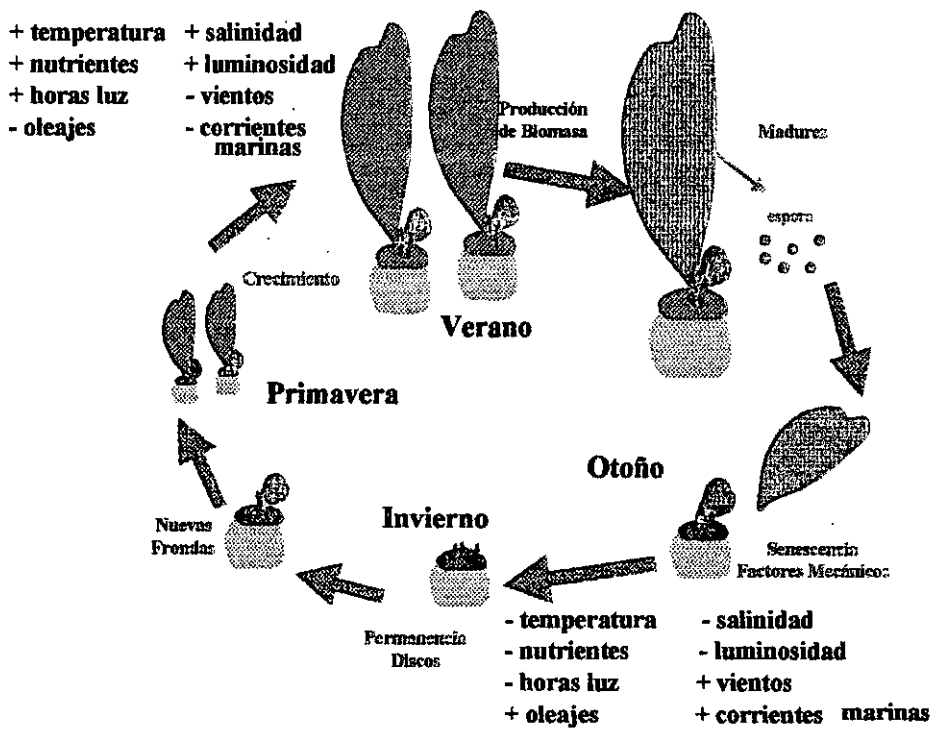


Figura 4: Ciclo de Producción de la luga negra y como influyen los factores ambientales en este.

Durante el invierno, se puede observar la ausencia de las frondas y la permanencia de los discos en las piedras. En esta época las temperaturas del mar son bajas, la calidad de luz es deficiente ya que es entorpecida por las nubes que cubren los cielos, además las horas luz en este periodo es escasa (8 horas de luz y 16 horas de oscuridad), por lo tanto, el alga es incapaz de incorporar esta luz para su fotosíntesis produciendo un efecto negativo en la producción de nuevas frondas, por otro lado, los nutrientes que necesita esta alga para su crecimiento en esta época también son escasos, lo cual limita aun más sus posibilidades de crecer. También la salinidad presenta cambio, debido a las bajas temperaturas, las sales en el mar, tiende a disolverse en mayor grado, observando menor cantidad de sales por metro cuadrado. Por otro lado, la acción del oleaje y los vientos pueden producir un efecto negativo ya que sus fuerzas pueden provocar desprendimientos de las frondas.

En primavera, estos factores van cambiando, aumenta la temperatura del agua de mar, se incrementan los nutrientes y aumentan las concentraciones de sales en el mar, permitiendo de esta forma que se estimule el crecimiento de nuevas frondas. Ya en verano, las condiciones climáticas son cálidas, el mar alcanza su máxima temperatura, la calidad de la luz es óptima, los días se hacen más largos (16 horas luz), aumentan los nutrientes, la acción de los vientos y oleaje se hacen menos frecuentes, permitiendo en definitiva que las frondas de la luga negra alcance en un corto periodo rápidos crecimientos, de esta manera, se puede observar un aumento en la producción de las frondas en una pradera natural.

Finalmente, en otoño estos factores se invierten paulatinamente en forma negativa provocando que las frondas de la luga negra ya no crezcan y que por la acción de temporales, que empiezan a hacerse más frecuentes, provoquen que las frondas se desprendan de los discos adheridos al sustrato y de esta manera se observe en su hábitat pocas frondas de luga.

Por último, es necesario tener presente que no todas algas reaccionan de la misma forma a estos cambios. Por lo tanto, lo que puede ser beneficioso para una determinada alga en cierta época, por ejemplo un aumentando de la temperatura en el mar, puede ser perjudicial para el crecimiento o producción de nuevas frondas en otra alga.

6. Repoblación de praderas naturales de *Sarcothalia crispata*

por Mario Nuñez

La repoblación es la acción y el efecto de repoblar o reponer o repoblarse, un área determinada, en la cual por diversos motivos la densidad ha disminuido o desaparecido totalmente.

Las técnicas desarrolladas para la construcción de praderas artificiales de algas han contemplado el uso de las esporas y también el trasplante vegetativo de frondas al medio ambiente.

Estas técnicas se han aplicado en la formación de praderas como *Macrocystis piryfera* (huiro, sargaso), empleando técnicas de dispersión de embriones microscópicos en el mar obtenidos a partir de cultivos masivos, y también se ha trabajado con trasplantes de frondas adultas enhebradas a una cuerda gruesa de nylon a través del disco adhesivo, para repoblar las áreas donde la biomasa ha disminuido (North 1986). Experiencias de repoblación de *Lessonia* (chascón) se han realizado sembrando esporas e instalando frondas reproductivas en rocas intermareales como también se han traslado frondas juveniles y adultas fijas a sustratos artificiales y naturales (Vázquez & Tala 1995; Palma *et al.*, 2000). En otras algas se han empleado cuerdas enrolladas a marcos de PVC y sembradas con esporas en estanques, transcurrido un tiempo y una vez formadas las algas juveniles estos marcos son atados a bloques de concreto y trasladados al mar para el crecimiento de las algas hasta tamaño adulto. También se ha utilizado bloques de cemento y piedras para la construcción de praderas artificiales.

La utilización de técnicas de repoblación tiene como finalidad incrementar la producción de algas, utilizando métodos de repoblación simples y de bajo costo los que pueden ser utilizadas por los pescadores artesanales, o pequeños cultivadores. Estos métodos tienen la limitación que no pueden ser aplicados en zonas de fondo de arena, áreas expuestas al oleaje, zonas de gran sedimentación o de alta herbívora.**Técnicas empleadas para la repoblación de luga negra**

6.1 Repoblación por trasplante de algas juveniles obtenidas en invernadero.

Esta técnica ha sido utilizada en *Sarcothalia crispata* ("luga negra") y también en *Gigartina skottsbergii* ("luga roja") *(*Ávila *et al* 2001; Pavez *et al* 2000*).* La metodología empleada consiste en sembrar piedras canto rodado con esporas (carpósporas o tetrásporas) en estanques en invernadero (Fig.1). Para ello las frondas reproductivas se lavan con agua de mar filtrada y luego se disponen sobre un mesón sobre toalla de papel absorbente por unos 20 minutos aproximadamente, posteriormente las frondas se introducen en un balde con agua de mar filtrada por 1 hora, donde se producirá la liberación de las esporas. La solución de esporas obtenida se filtra y posteriormente se siembra sobre los sustratos canto rodado dispuestos en el fondo de estanques de 300 L. Al término de 1 semana se realiza el primer cambio del medio de cultivo de los estanques y el cultivo de los juveniles se realiza por 2 meses en invernadero hasta obtener discos con pequeñas talos de alga en desarrollo. Finalmente las piedras canto rodado con las pequeñas plantas adheridas son trasladadas al mar a las áreas seleccionadas para la repoblación, disponiéndolas en el fondo marino mediante buceo. Allí se desarrollarán las nuevas algas hasta su cosecha.

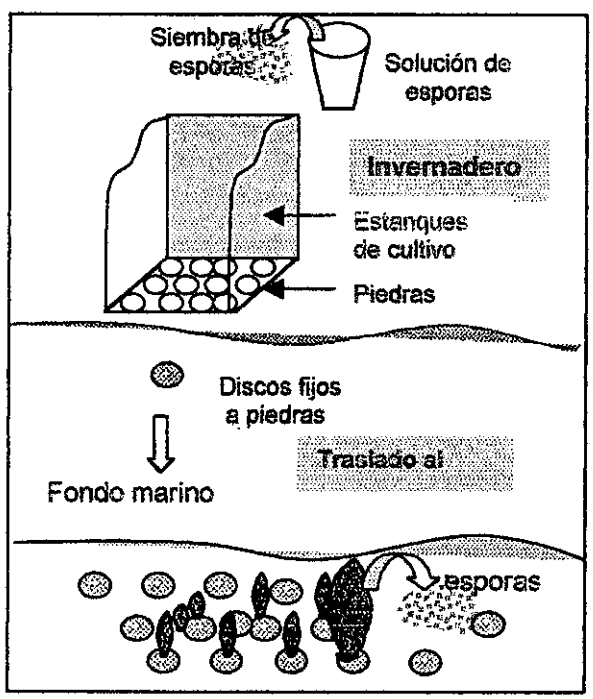


Figura 5 Disposición de los sustratos en estanques de cultivo de luga negra en invernadero y posterior traslado al mar a las áreas seleccionadas para repoblación.

6.2 Repoblación por siembras in situ en el mar utilizando frondas reproductivas.

6. 2.1 Repoblación por siembra en altura.

La repoblación por siembra en altura se ha probado en luga negra y luga roja. Esta metodología se realiza utilizando el mismo sustrato disponible en la pradera, volteando los cantos rodados presentes en el fondo marino en parcelas de aproximadamente 100m², con el fin de tener una nueva superficie disponible para el reclutamiento de esporas o también se puede incorporar nuevos sustratos recolectados en la playa, libres de epibiontes. Con ambas metodologías se pueden utilizar frondas reproductivas maduras, tetraspóricas o cistocárpicas como fuentes para la dispersión de las esporas. La unidad dispersora de esporas se prepara previamente en instalaciones en tierra y consiste en una cuerda de 1,5 m de longitud atada a una boya en su extremo superior y un lastre en el otro extremo que le permitirá fijarse al fondo marino (Fig. 2). Las frondas reproductivas recolectadas previamente de poblaciones de luga negra, se entrelazan en la cuerda y en cada parcela de 100 m² aproximadamente, se instalan 4 a 8 unidades de dispersión utilizando buceo hooka.

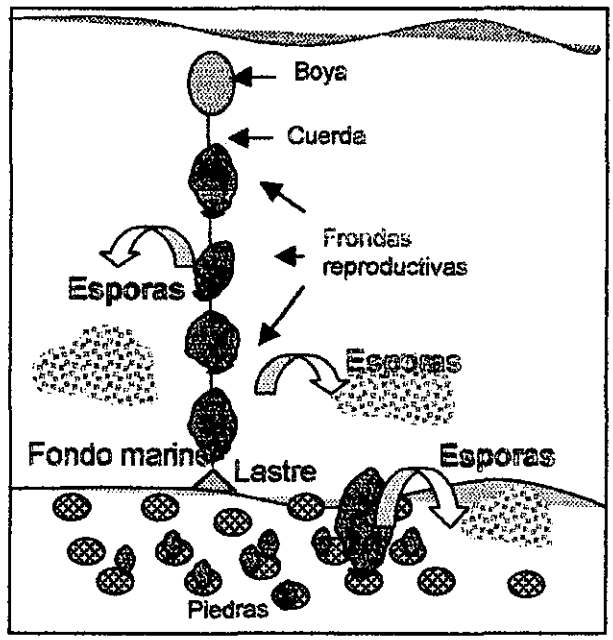


Figura 6. Siembra en altura. La unidad de siembra con frondas reproductivas libera las esporas que se fijan a los sustratos. Las frondas así producidas crecen en las piedras canto rodado, maduran y liberan esporas que contribuyen también a repoblar el área.

Las esporas se liberarán de las frondas reproductivas y se fijarán a las piedras canto rodado dispuestas en el fondo marino, donde crecerán para forman nuevas frondas. Estas nuevas frondas producidas crecen, maduran y liberan sus esporas las que se fijarán en áreas aledañas, contribuyendo con nuevas algas a la población.

6. 2.2 Repoblación por siembra directa de esporas.

Esta técnica ha sido utilizada para luga negra y luga roja y consiste básicamente en dos etapas:

a) Preparación de las unidades de siembra

En la playa, se seleccionan piedra canto rodado del tamaño de un puño aproximadamente y limpias de epibiontes. La cantidad de piedras a recolectar está determinada por la dimensión de la área que se desea repoblar. Luego desde praderas de luga negra se recolectan frondas reproductivas que se deben mantener en un lugar fresco en cajas aisladas térmicamente, para su posterior utilización.

La preparación de las unidades de siembra se realiza sobre mesones ubicados bajo techo para evitar la desecación de las frondas. Allí se cortan trozos de frondas reproductivas del área de la piedra que se disponen sobre la piedra. Posteriormente la piedra y el trozo de alga se introduce en una malla plástica o de algodón la que se anuda en los extremos. Luego estas unidades de siembra se colocan en cajas aisladas térmicamente para evitar la desecación de las algas. Los sustratos preparados se trasladan posteriormente al mar.

b) Traslado e instalación de las unidades de siembra en el mar

Las unidades son trasladadas en bote a las áreas donde se procederá a realizar la repoblación. Una vez en el lugar, las unidades son instaladas mediante buceo hooka en parcelas previamente seleccionadas de fácil accesibilidad, con fondo marino con sustratos pedregosos, preferentemente con ausencia erizos y caracoles herbívoros y sin un gran desplazamiento de sustrato arenoso. Allí las algas crecerán hasta su cosecha. En este período las algas madurarán liberarán sus esporas aportando así con nuevas algas a las áreas de repoblación.

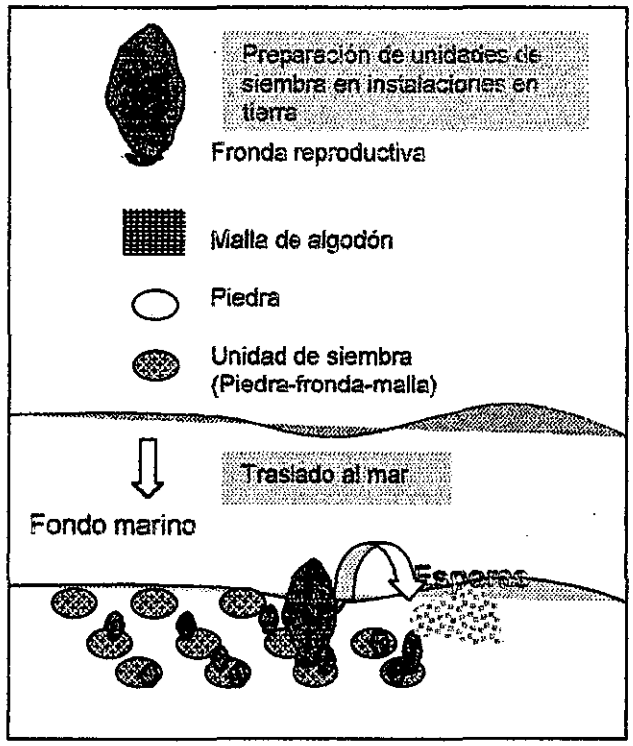


Figura 7 Siembra directa, piedra y fronda reproductiva se disponen al interior de una malla, posteriormente se trasladan a las áreas de repoblación.

Ventajas y limitantes en la repoblación de luga negra

Podemos indicar que las actividades de repoblación son fuertemente dependientes de la disponibilidad de material reproductivo maduro en las praderas naturales. Así, la repoblación de luga negra debe realizarse desde fines verano a mediados de invierno para los tres métodos descritos y las mejores siembras se obtienen en otoño, donde las frondas reproductivas (tetraspóricas y cistocárpicas), presentan su mayor estado de madurez y la fijación de esporas en los sustratos es más efectiva. La cosecha debe efectuarse mediante buceo, en la época de mayor producción de biomasa que corresponde a los meses de enero a abril y se debe cosechar dejando un stock de material reproductivo que madurará en los meses siguientes y liberará sus esporas. La cosecha debe realizarse cuidando de sacar las frondas sin los discos de fijación al sustrato debido a la gran importancia de los discos remanentes como generadores de biomasa en la temporada siguiente. El tamaño de las frondas a cosechar debe ser de aquellas frondas mayores a 20 cm.

De las técnicas de repoblación presentadas, la siembra por cultivo tiene un mayor costo asociado, ya que se debe disponer de infraestructura especializada (invernadero) y manejar la tecnología de producción de esporas.

Las técnicas de repoblación *in situ* en el mar son de menor costo, y de fácil implementación, lo que permitiría transferir esta tecnología a los pescadores artesanales y pequeños cultivadores con mayor facilidad.

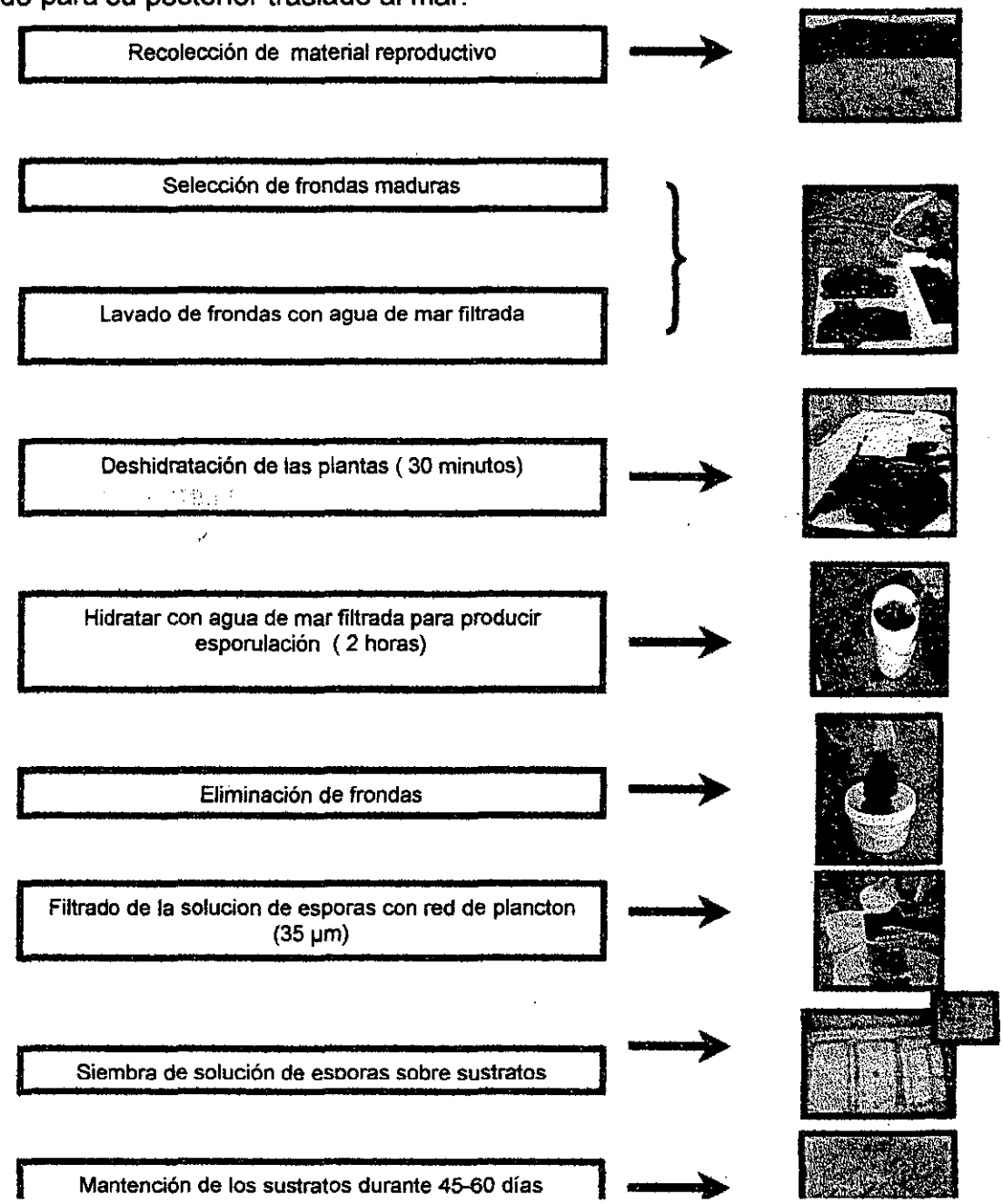
Es necesario tomar en consideración para aplicar estas metodologías, las características biológicas y físicas del ambiente donde se realizarán las actividades de repoblación. La selección de las áreas debe considerar la presencia de animales herbívoros como caracoles y erizos, la abundancia de estos animales en las áreas de repoblación pueden afectar negativamente el desarrollo de las nuevas algas, también es necesario tener en consideración la dinámica del sustrato de fondo y grado de exposición de las áreas al oleaje ya que áreas expuestas pueden provocar el embancamiento de las áreas repobladas.

7. ¿Cómo iniciar un cultivo de *Sarcothalia crispata*?

Por Humberto Pavez

7.1 Aspectos técnicos
Cultivo de *Sarcothalia crispata* fase invernadero

El cultivo de *Sarcothalia crispata* en su primera fase (invernadero) tiene un período de duración de 45 a 60 días máximo. A continuación se presenta un diagrama de flujo con las diferentes etapas, teniendo como producto una planta juvenil de 1cm, tamaño apropiado para su posterior traslado al mar.

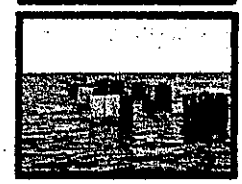


Cultivo de *Sarcothalia crispata* fase mar

Una vez obtenidos los juveniles en invernadero (plantas de 1cm) estos son trasladados a los diferentes sistemas de cultivo. El período de duración mínimo para obtener frondas comerciales es de aproximadamente 3 a 4 meses en el mar.

Las redes y conchas son encordadas en reinales de 2m →

Traslado al sistema de cultivo Long-line →



Instalación de las cuerdas en el sistema suspendido →

Manejo y limpieza semanalmente ó cada 15 días →

Resultado del crecimiento de los juveniles después de 3 meses en el mar. →

Frondas tamaño comercial (20 – 30 cm) →

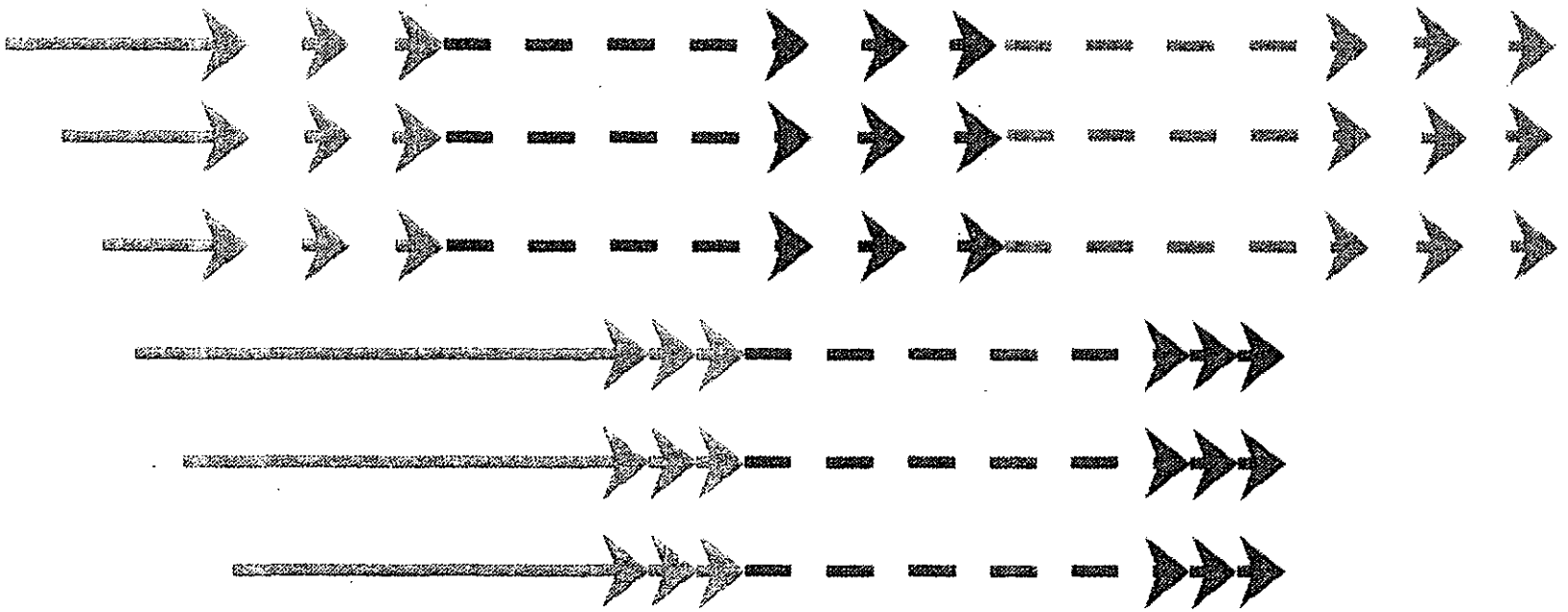
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO
DIVISION FOMENTO DE LA ACUICULTURA UNIDAD TECNICA DE ALGAS

A continuación se presenta un cuadro con las cosechas probables ó proyectadas para un determinado período.

COSECHA PROYECTADA

2000 2001 2002

E F M A M J J A S O N D E F M A M J J A S O N D E F M A M J J A S O N D E F



7.2 ASPECTOS LEGALES

¿Que es una Concesión de Acuicultura?

El acto administrativo mediante el cual el Ministerio de Defensa Nacional otorga a una persona, natural o jurídica, los derechos de uso y goce, por tiempo indefinido, sobre determinados bienes nacionales, para que realice en ellos actividades de acuicultura.

¿Que Tipos de Concesiones Existen?

Las clases de concesiones y autorizaciones de acuicultura reconocidas por la ley y este reglamento son:

- Playa de mar
- Terrenos de playa fiscales
- Porción de agua y fondo
- Rocas, dentro y fuera de la bahía
- Ríos y lagos navegables por buques de más de 100 toneladas de registro grueso

(Ríos no navegables se otorgara concesiones solamente sobre la extensión afectada a las mareas)

Restricciones

Lugares donde existen bancos naturales o haya sido declarada área de manejo y explotación de recursos bentónicos.

¿Que es el Registro Nacional de Acuicultura?

Es la nomina nacional de titulares de concesiones y autorizaciones de acuicultura habilitados para efectuar actividades de cultivo, que llevará el SERNAP para los efectos de la ley.

¿Quienes pueden obtener una concesión de acuicultura?

- Personas naturales chilenas o extranjeras con permanencia definitiva.

- También las personas juridicas (2 ó mas personas asociadas), legalmente constituidas, como sindicato, una cooperativa, sociedad o algún tipo de empresa u organización.

¿Cuánto se paga por una concesión?

En el mes de marzo de cada año, se cancela una patente única de acuicultura, y su monto depende del área solicitada.

Concesiones de hasta 50Há = 2 U.T.M./hectárea
Concesiones de más de 50Há = 2 U.T.M./hectárea (1-50 há) 4 U.T.M./há (> 50 há)

Causales de caducidad de una concesión

- Paralización de actividades (30 días siguientes ocurrido SERNAPESCA).
- Incumplimiento de la producción proyectada Parcialmente
- Renuncia voluntaria de su titular

Subsecretaria de Marina notifica por correo certificado la caducidad de la concesión y el titular tiene 30 días para reclamar al Ministerio de Defensa Nacional, el que resolverá previo informe técnico de la Subsecretaria de Marina dentro de igual plazo.

¿Cómo se obtiene una concesión?

1. Ubicar el lugar de interés del solicitante para llevar a cabo el cultivo (Bahía, playa, etc).

2. Ir a la oficina de Sernapesca más cercana

3. De ser así, solicitar en Sernapesca lo siguiente:
   - ❖ Formulario de Solicitud de Concesión
   - ❖ Reglamento de concesiones (Decreto Supremo Nº 290/93)
   - ❖ Reglamento de limitaciones a las áreas de concesiones
   - ❖ Decreto Supremo Nº 550/92
   - ❖ Formato de carta que deben presentar en la Capitanía de Puerto

4. Confeccionar 2 planos:
   Ubicación geográfica del lugar y otro de la concesión (escala 1:1000 o 1:5000)
   Original y cuatro copias adjuntas al formulario de solicitud.
   Presentar en la Capitanía de Puerto correspondiente.

5. Presentar a Sernapesca la carta visada (timbrada) por la Capitanía de Puerto, los planos respectivos, información del solicitante, copia autorizada de la inscripción de dominio a nombre del fisco y antecedentes técnicos del cultivo
   Si todo esta en orden Ingresará a trámite.

6. Sernapesca despachará una carpeta con el informe, la solicitud, los antecedentes y la información adicional solicitada, la cual es revisada por la Subscretaría de Pesca, la cual solicita al interesado un informe de impacto ambiental.

7. Si es aprobada la solicitud, el solicitante se debe encargar de publicar el extracto de la resolución que otorga la concesión en el Diario Oficial antes de 90 días.

8. Inscribir el tipo de cultivo en el Registro Nacional de Sernapesca. Luego se tiene que hacer una escritura publica con la resolución de concesión de acuicultura y entregar una copia a Sernapesca y otra a la Capitanía de Puerto.

9. Entrega de Concesión mediante "**Acta de Entrega**", por parte de Sernapesca o la Capitanía de Puerto respectiva, segun corresponda.

Selección de un sitio para cultivo de luga negra.

En Chile el único género que se cultiva es *Gracilaria*, partiendo de material vegetativo o de esporas para generar nueva biomasa algal. Además están siendo cultivados a nivel piloto los géneros *Sarcothalia* y *Macrocystis*.

La implementación y desarrollo de sistemas de cultivo de macroalgas de importancia económica requiere del conocimiento y manejo de diversas variables tales como: Temperatura, salinidad, corrientes, profundidad etc. La elección de zonas de cultivo adecuadas permitirá el crecimiento y mantención de las plantas, con una alta probabilidad de éxito.

Profundidad

La profundidad optima para cultivo de luga es de 4 a 20m, en profundidades bajas se utilizan sistemas de red de fondo y estacas y en profundidades mayores a 4 metros el sistema long-line. La profundidad se mide con un profundimetro.

Temperatura

Uno de los factores importantes para el crecimiento de la luga negra es la temperatura. En praderas naturales las temperaturas fluctúan entre los 10°C a 14°C y en condiciones de laboratorio estas son corroboradas siendo las mejores temperaturas 10 y 15°C. Para conocer la temperatura del agua se utiliza un termómetro electrónico o un termómetro común.

Salinidad

La Luga negra tolera rangos de salinidad, desde 29 a 33 partes por mil (%). La salinidad se puede medir con un salinómetro.

Corrientes

En general la luga negra habita en lugares abiertos y protegidos. Es importante conocer la velocidad y dirección de las corrientes en el lugar donde se realizará el cultivo. Estos antecedentes permitirán saber en que dirección colocar los sistemas de cultivos y dimensionar los fondeos. Para determinar la velocidad y dirección de la corriente, se utiliza un instrumento denominado correntometro.

Luminosidad

La luminosidad es otro factor importante en el cultivo, Los mejores valores registrados para un mejor crecimiento son 30 $\mu molm^{-2}s^{-1}$ y 50 $\mu molm^{-2}s^{-1}$
Esta variable se mide con un Fotómetro

Fondo

Es fondo es importante para seleccionar el sistema de cultivo. Para esto se debe realizar un buceo de inspección.

8. Sistemas de cultivo para luga negra

Por Hernán Cortes

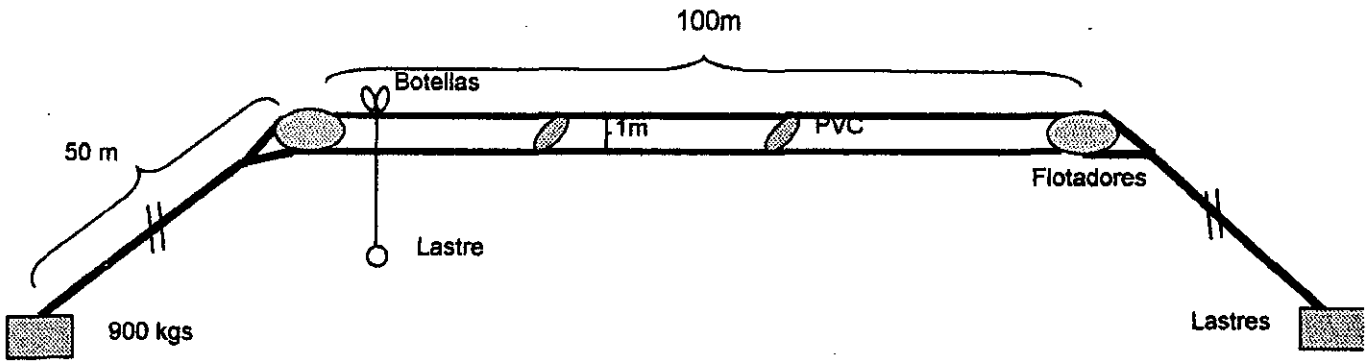
Existen tres métodos para el cultivo de luga negra: Long-line, Red de fondo y Cultivo en estacas.

Long-line

Descripción del sistema

El sistema consiste en 2 líneas madres de 100m de largo, las cuales están unidas por flotadores cilíndricos en sus dos puntas y separados cada 10m por tubos de PVC de 1mt de largo, distancia apropiada para la separación entre las dos líneas madres. Esta estructura flotante esta unida a dos fondeos de 50m largo cada uno, los que terminan en muertos (lastres) de 900 kgs c/u. Las líneas madres están conectadas a los fondeos por grilletes metálicos.

En la línea madre cada 50cm se disponen dos botellas desechables de 1,5 litros c/u para así obtener una mejor boyantes dado el peso adicional de cada línea de cultivo.



Líneas madres	: 100mts c/u polipropileno 14mm ø
Flotadores	: PM 200 90cm x 30mm ø alta densidad
Flotadores	: Botellas de 1,5 litros
Líneas fondeo	: 50mts c/u polipropileno 18mm ø
Separadores	: PVC 110 mm ø
Muertos	: lastres de concreto de 70x70x70cm (900kgs seco)

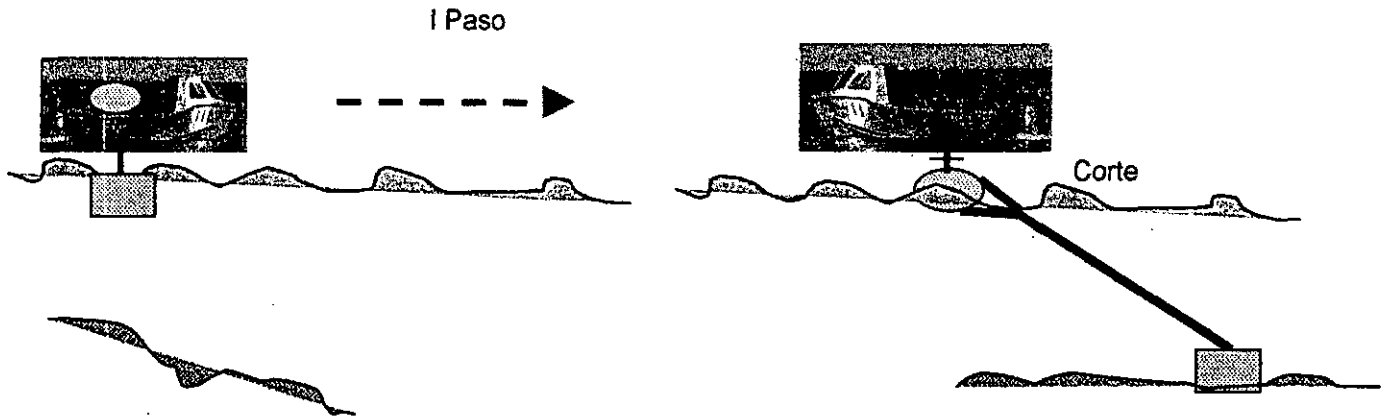
Las lugas son colocadas en unidades de cultivo, cuerdas de polypropileno de diametro 3mm y 2 m de longitud con 10 conchas de almácigos, estos son colgados a la línea madre separados por 50 cm entre si. La flotabilidad de cada reinal se mejora con la adición de boyerines o con un par de botellas plásticas, para mantener verticales las unidades de cultivo se instalan en la parte inferior de estos potalas o lastres de aproximadamente 1,5 k de peso.

Confección sistema flotante.

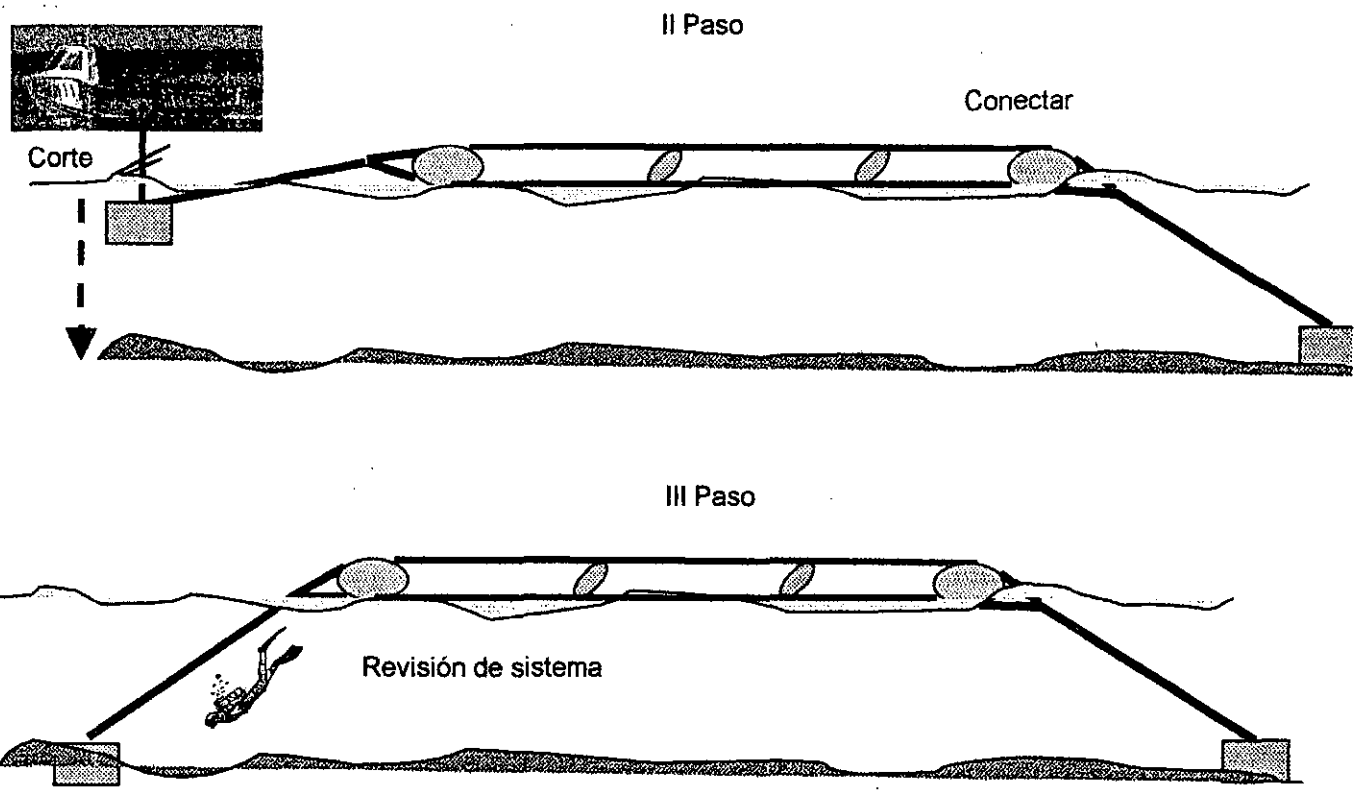
Los Flotadores serán forrados con plástico para protegerlos de las epifitas y sobre este plástico va una red anchovetera en deshuso para amarrar las líneas madres a los flotadores, posteriormente los cabos (línea madre y fondeos) son medidos y cortados con sus respectivas longitudes. En los extremos de estas líneas son tejidas las gasas para fijar los guardacabos, estos protegerán al cabo de polipropileno del roce del grillete que une la línea madre con el fondeo. Luego las líneas madre son costuradas a los flotadores.
En forma paralela se costruyen flotadores de botellas desechables de 1,5 litros c/u para cada unidad de almácigos, las cuales van dispuestas cada 50cm, también se mide y cortan los reinales según el largo estimado.

Instalación de sistema flotante en el mar

Los muertos que están en la playa con baja marea se amarran a una balsa, posteriormente cuando esta sube (pleamar) levanta los muertos y permite desplazarlos hasta la concesión de cultivo mediante un bote que lo remolca.
El primer paso es llevar un muerto con su respectivo fondeo e instalarlo en la zona de cultivo.



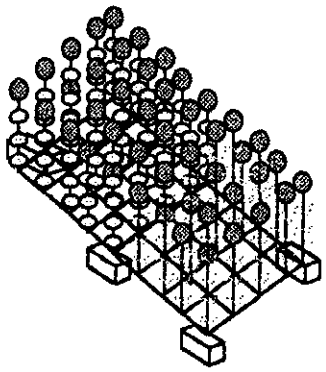
El segundo y tercer paso consiste en conectar la estructura flotante que a sido previamente confeccionada en tierra en el segundo fondeo dejando libre uno de los extremos, finalmente se traslada el sistema ensamblado hasta la concesión, donde es conectado el extremo libre al primer fondeo y finalmente se tensa el sistema completo y se deja caer el muerto. Una vez instalado el sistema se procede a ser una revisión completa de amarras y uniones metálicas mediante buceo.



Red de fondo

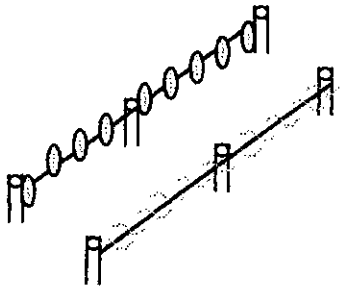
Consiste en un paño de red lobera (10x10) anclado al fondo por cuatro bloques de cemento (muertos), el cual queda sobre el fondo.

Una vez instalada la red sobre el fondo son dispuestas las unidades de cultivo consistentes en cuerdas de polypropileno de 2m de largo con 10 conchas y redes de almácigos, estas unidades en su parte superior esta amarrada a una botella la cual permite que queden vertical.



Cultivo en estacas

El método de cultivo en cuerdas consiste en entrelazar trozos de redes o conchas inoculada en invernadero a cuerdas de polypropileno de 5mm de diámetro, las cuales se suspenden desde sus extremos a estacas de madera, quedando a una altura de 15 cm del fondo.



Manejo y mantención de líneas de cultivo en el mar

Para la época de invierno el manejo se hará quincenalmente a modo de revisión general por posibles cortes o enredos que se formen por el mal tiempo: líneas madres, flotadores sueltos, amarras y otros.

Para finales de invierno, primavera y principio de verano la mantención de los sistemas flotantes se efectuará semanalmente dado que los vientos aumentan en intensidad en estas épocas del año por lo tanto el riesgo de cortes y desprendimiento de flotadores aumenta. Para el manejo de los almácigo estos también se harán semanalmente para ello se verificará primero posibles enredos de las líneas que sostienen los almácigos y posteriormente se procederá a limpiar las conchas con una escobilla para así desprender el fouling que contengan y otras algas oportunistas que estén usando la concha como sustrato de fijación.

CUESTIONARIO

1. ¿Qué son las algas?
2. ¿Cuáles son los principales usos de las algas marinas?
3. Qué son las carrageninas y para qué las usamos?
4. ¿Cómo se reproduce la luga negra?
5. ¿Cómo se reconocen las algas reproductivas?
6. ¿Qué es el ciclo de vida?
7. Cuándo se encuentran frondas reproductivas en una pradera?
8. ¿Por qué es importante la presencia de frondas reproductivas en una pradera?
9. Cuáles son los factores que influyen en el crecimiento y producción de frondas de luga negra?
10. Bajo qué condiciones ambientales, según usted, se tendrían los mejores crecimientos en un cultivo de luga negra?
11. ¿Cuáles son las características físicas del ambiente natural que habita la luga negra?
12. ¿Qué es repoblación
13. Nombre métodos de repoblación
14. Nombre limitantes en la repoblación
15. Mencione al menos 5 fases en el cultivo de luga negra
16. ¿Cómo se cultiva la luga negra en al mar?
17. Qué es una concesión?
18. Qué tipos de concesiones hay?
19. ¿Qué tiene que hacer para conseguir una concesión?
20. ¿Qué evaluaría usted en un sitio para instalar un cultivo de luga negra?
21. ¿Qué es un long line?
22. ¿Qué sistemas de cultivo utilizaría para cultivar luga negra?
23. Nombre los factores más importantes papara el manejo del cultivo.