

Avances en el mejoramiento productivo del cultivo del "pelillo"



INSTITUTO
DE FOMENTO
PESQUERO



INNOVA CHILE



Proyecto FDI-CORFO

Estrategias competitivas de mejoramiento productivo del cultivo del "pelillo" (*Gracilaria chilensis*) en la X Región

01CR3PT - 13

INDICE

Introducción	3
Clasificación	4
Distribución Geográfica	4
Ciclo de Vida	4
Importancia económica	5
Cultivo de <i>Gracilaria</i> y sus métodos de plantación	7
Plasticidad morfológica y su importancia en la actividad productiva	9
Caracterización productiva de morfotipos de “pelillo”	11
Caracterización de la fuerza y rendimiento de agar	14
Experiencia de siembra masiva de morfotipos	15
Epifitismo y fauna asociada	16
Identificación y cuantificación de epífitos y fauna asociada	17
Epífitos en centros de cultivo con siembra directa	19
Epífitos en centros de cultivo con siembra por cuerdas	20
Problemas y Recomendaciones	21
Referencias Bibliográficas	23
Glosario	25

INTRODUCCION

El recurso *Gracilaria chilensis*, conocido con el nombre común de “pelillo”, se comercializa para usarlo como materia prima en la producción del ficocoloide agar. El “pelillo” ha tenido un preponderante rol social en la actividad de explotación y en la acuicultura de recursos marinos en la X Región. Esta alga se explota desde hace 40 años, y su cultivo se ha masificado desde inicios de los ‘80, debido a la sobreexplotación de las poblaciones naturales de este recurso.

El cultivo de *Gracilaria* es una actividad económica consolidada en esta región, tanto para las comunidades ribereñas y empresas exportadoras de este recurso como materia prima, así como para empresas procesadoras que producen y exportan el agar. Históricamente, el cultivo de este recurso se ha basado en la alta capacidad de propagación vegetativa de esta alga. En la década de los ‘90 se incorporó una nueva metodología de cultivo mediante esporas adheridas en sustratos artificiales, como cuerdas nylon, en “hatchery”. Posteriormente, una vez desarrolladas las plántulas en las cuerdas, son llevadas a las áreas naturales de cultivo. En la actualidad ambas metodologías han sustentado el incremento en la producción del recurso. Las metodologías de cultivo de *Gracilaria* en los ambientes estuarino y marino, están ampliamente probadas y difundidas en el sector (Alveal, 1986; Pizarro, 1986).

El cultivo masivo de *Gracilaria*, sin embargo, no ha estado exento de problemas. Algunos de ellos se relacionan con epifitismo, herbivoría o infección por endófitos, los que han causado daños severos a la producción en diferentes centros de cultivo (Pizarro, 1986; González *et al.* 1993; Buschmann *et al.* 1995; Correa y Flores, 1995). El problema más común que se ha detectado en la mayoría de los centros de cultivo es la caída abrupta de la producción de la pradera en cultivo. Se ha observado que este fenómeno ocurre cada 2 a 3 años, después que ha sido establecida la pradera mediante cultivo y se han obtenido altos rendimientos. Esto se atribuye a “envejecimiento” del alga, debido a que al cosechar se sacan los ápices con crecimiento activo.

En general los centros de cultivo solucionan este problema renovando el stock completo de la pradera en cultivo, mediante trasplante de nuevos talos o bien disponiendo cordeles nylon con talos provenientes de esporas. Esta práctica si bien soluciona en parte la baja en la producción, en el tiempo se llega a la misma situación de una baja abrupta de la productividad de la pradera cultivada.

Durante el período del 2002 al 2006, se desarrolló un proyecto FDI-CORFO Regional, que tuvo como finalidad seleccionar y caracterizar de la oferta de variedades o morfotipos que existen en áreas de cultivo de la X Región, aquellas que presenten las mejores características agronómicas de alta productividad y alto rendimiento de gel, para ser propagadas masivamente en los centros de cultivo. Esta publicación entrega información resumida del recurso *Gracilaria* y da a conocer los resultados tanto experimentales como pilotos obtenidos en centros de cultivo de la X Región.



Clasificación

División: Rhodophyta

Clase : Gracilariaceae

Orden : Gracilariales

Género : Gracilaria

Especie : *Gracilaria chilensis*

Hasta 1986, en el litoral chileno se reconocieron dos especies de *Gracilaria*: *G. verrucosa* (Hudson) Papenfuss, conocida como “pelillo del sur”, presente en praderas de la VIII a la XII Regiones y *G. lemaneiformis* (Bory) Weber van Bosse, conocida como “pelillo del norte”, presente en praderas de la IV a la X Regiones (Ramírez y Santelices, 1991). El estudio realizado por Bird *et al.* (1986) determinó a partir de recolecciones provenientes de Coquimbo, Concepción y Maullín, que el “pelillo” cosechado en estas praderas corresponde a la especie *Gracilaria chilensis* Bird MacLachlan y Oliveira, la cual fue confundida con *Gracilaria lemaneiformis* (actualmente *Gracilariopsis lemaneiformis* (Weber van Bosse) Dawson, Acleto & Foldvik). La principal diferencia entre ambas especies, es la disposición en el talo de la estructura reproductiva masculina (“tipo textorii” en el caso *G. chilensis*). Estos autores además mencionan que *G. verrucosa* no existe en las costas del Pacífico, por lo que los registros de esta especie en Chile corresponderían a *G. chilensis*.

Estudios moleculares realizados por González *et al.* (1995), Meneses (1996), Candia *et al.* (1999) y Cohen *et al.* (2004) a partir de recolecciones desde la III Región (Caldera) a la X Región (Isla de Chiloé),

Distribución geográfica y hábitat



Figura 1. Distribución geográfica de *G. chilensis*.

G. chilensis ha sido citada en las costas de Chile y Nueva Zelanda (Nelson *et al.*, 2002, Cohen *et al.*, 2004). En Chile, esta especie se ha identificado entre la III Región (Caldera) y X Región (Isla de Chiloé) (Cohen *et al.*, 2004). Sin embargo, el rango de distribución según Hoffmann y Santelices (1997) hacia la zona sur corresponde a la latitud de Coihaique (Fig. 1).

El hábitat de esta especie corresponde a ambientes marinos y estuarinos, en lechos de ríos y esteros, así como en bahías o ensenadas protegidas del oleaje, algunos con afluentes de agua dulce. Sus talos crecen tanto en praderas intermareales como submareales hasta una

profundidad de 12 m. Generalmente en el intermareal, esta especie crece adherida a rocas y en el submareal tanto estuarino como marino, crece enterrada en arena o fango.

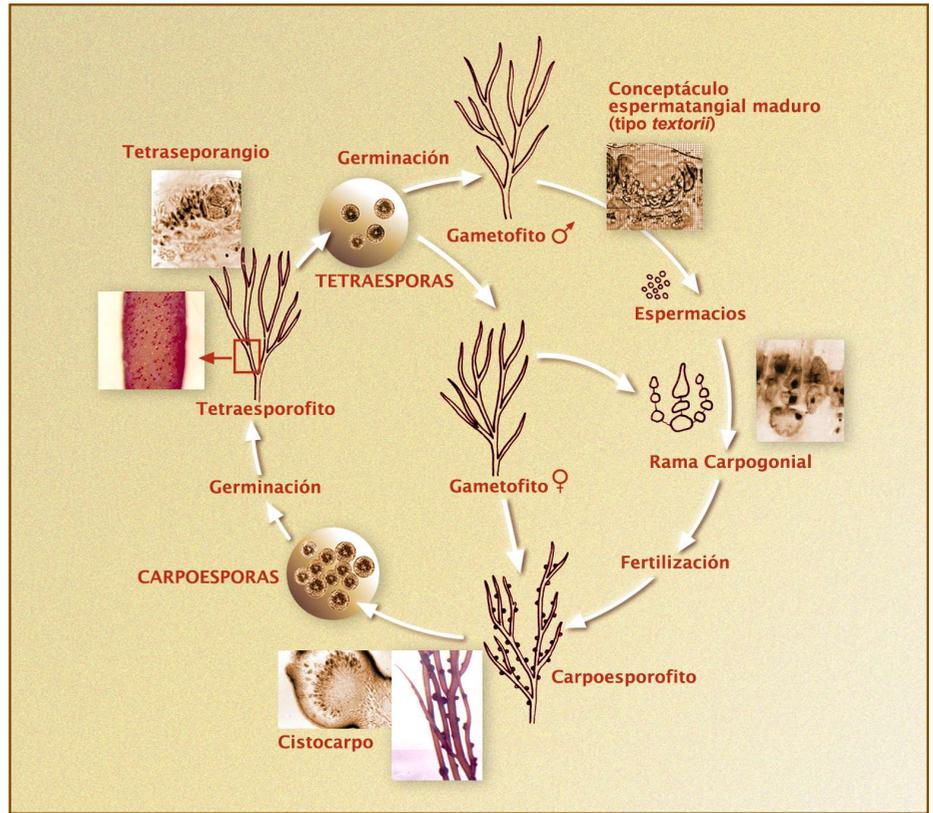
Ciclo de vida

G. chilensis tiene un ciclo de vida de tres fases, carposporofito, gametofito y tetraesporofito, las dos últimas, morfológicamente iguales y constituyen las fases explotadas comercialmente. La fase gametofito haploide se reproduce sexualmente, los espermacios (gametos masculinos) formados en los espermatangios (tipo textorii) fecundan los gametos femeninos u oocélulas, contenidas en el carpogonio que forma parte de la estructura reproductiva femenina denominada rama carpogonial. La fertilización de la oocélula tiene como consecuencia cambios en la estructura reproductiva femenina, cuyo resultado final es la formación de la fase carposporofito diploide, que toma la forma de un cuerpo reproductivo que emerge a lo largo del talo del gametofito femenino,



Figura 2
Ciclo de vida de
Gracilaria chilensis

denominado cistocarpo. Esta fase se reproduce asexualmente mediante esporas, denominadas carposporas, las cuales dan origen a la fase tetraesporofito diploide. Esta fase también se reproduce asexualmente formando por meiosis tetraesporas en los tetraesporangios. Los tetraesporangios se observan como manchas de color marrón en la superficie del talo. Las tetraesporas, generan plantas femeninas y masculinas reestableciendo nuevamente la fase gametofito (Candia, 1988) (Fig. 2).



Importancia económica

El agar extraído de *G. chilensis* tiene una gran demanda en el mercado internacional, utilizándose principalmente en la industria de alimentos (fabricación de dulce de leche, yogurt, gelatinas y pasteles entre otros). El agar también tiene otras aplicaciones en la industria farmacéutica, en microbiología y en estudios biotecnológicos (Fig. 3).

A nivel mundial, en el período comprendido entre 1990 - 2003, Chile ha mantenido un liderazgo en la producción de esta agarófita, seguido por los países de Vietnam e Italia (FAO, 2006) (Fig. 4).

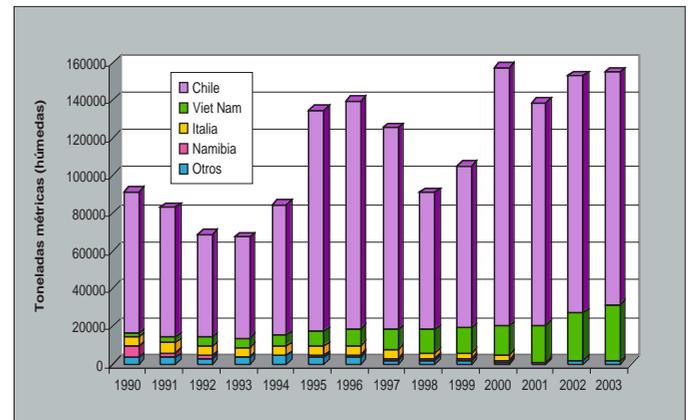


Figura 4. Volumen mundial de especies de *Gracilaria* producidas por cultivo y por pesquería

Figura 3. Usos de agar.



El desembarque total de “pelillo” en Chile entre los años 1990-2005 ha sufrido fluctuaciones, alcanzando las 88.353 toneladas en el año 2005. El desembarque en estos 16 años esta representado entre un 60% a 85% por los aportes de la X Región, los cuales provienen de centros de cultivos y por la recolección de alga varada (desembarque artesanal) mayoritariamente originada en centros de cultivo. (Sernapesca, 1990-2005) (Fig. 5). De los 623 centros de cultivo autorizados en todo Chile, la X Región concentra el 90,2 %. Del volumen total producido en la X Región, la provincia de Chiloé aporta en un 74%, seguida por la provincia de Llanquihue con un 26%.

El “pelillo” se exporta bajo tres líneas de elaboración: agar, alga seca y colagar, esta última presente en las estadísticas desde el año 1998. El producto con mayor valor agregado corresponde al agar, que en los últimos 15 años (1991 a 2005) ha tenido un descenso desde los US\$ 22.2/kg a US\$13.2/kg hasta el año 2004, con un alza del 10% en el año 2005, alcanzando un valor de US\$14.6/kg. Tanto el colagar como el alga seca, han mantenido un precio estable en el mismo periodo, con un valor en el año 2005 de US\$ 4.7/kg y US\$ 0.9/kg, respectivamente. La exportación de estos productos ha significado un retorno de divisas al país del orden de los US\$ 41.748.000 en el año 2005. (IFOP, 2005) (Fig. 6). El principal destino de estos productos son países orientales como Japón (agar, colagar y alga seca), Hong-kong (alga seca), China (alga seca) y secundariamente países occidentales como Estados Unidos (agar). (IFOP, 2005) (Fig. 7)

Actualmente, la principal empresa procesadora y exportadora en Chile de agar corresponde a Algas Marinas S.A. “Algamar”, con un 72% del total exportado en el año 2005, seguido por Productora de Agar S.A. “Proagar”, con un 22% y Agar del Pacífico S.A., con el 6% restante (IFOP, 2005).

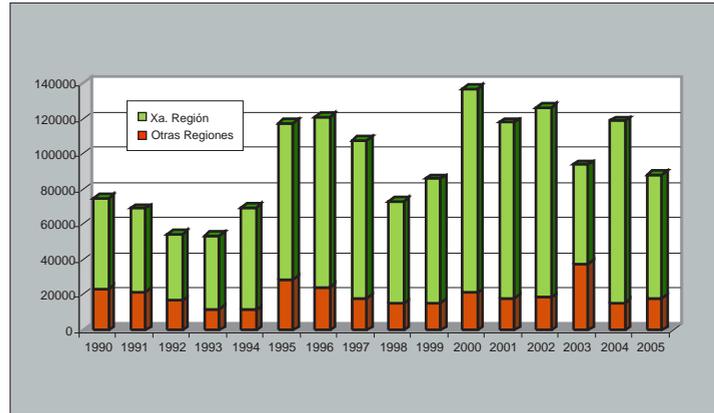


Figura 5. Desembarque de *G. chilensis* en Chile

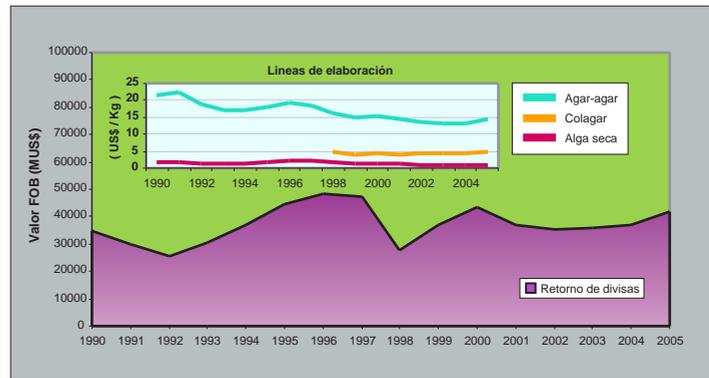


Figura 6. Variación del precio por línea de elaboración de *G. chilensis* y retorno de divisas por concepto de exportación.

Figura 7. Materia prima (A), algas secas (B) y agar (C) elaborado a partir de *G. chilensis*



Cultivo de Gracilaria: sus métodos de plantación

La naturaleza y comportamiento del sustrato en el medio natural son de gran importancia para la permanencia y desarrollo de *Gracilaria*. La existencia de un sustrato estable representa para estas algas la posibilidad de desarrollar con éxito su sistema de propagación mediante esporas sobre sustratos duros y la propagación vegetativa de sus talos en ambientes de arena o fango (Alveal, 1986).

Debido a la variedad de ambientes, calidad de las aguas y diversidad de sustratos que encontramos en el litoral de nuestro país, se han probado diferentes metodologías para lograr el éxito del cultivo de este recurso. Algunos cultivos se realizaron en Bahía Calderilla donde se utilizó como método de anclaje rocas con 400 g de alga atada y dispuestas en el fondo marino con una densidad de 5 rocas/m². Este método, conocido como “matapiedras” (Fig. 8), permitió lograr un incremento acumulado de biomasa de 13 veces respecto de la biomasa inicial en 5 meses de cultivo (Barrales & Pizarro, 1984). Este método, con algunas variaciones, fue probado en el río Raquí (Alveal, 1986) con un rendimiento similar. En el mismo sitio se utilizó experimentalmente la plantación de manojos de algas atadas a estacas de madera e instaladas en el fondo del estuario con un rendimiento de 492 % en el mismo período experimental.



Figura 8. Matapiedras



Figura 9. “Chululos”

Pizarro (1986), utilizó mangas de polietileno rellenas con arena (“chululos”) como método de anclaje para un conjunto 5 manojos de pelillo de 90 g de peso (Fig. 9). En esta experiencia se pudo lograr una producción en 1/4 hectárea de 12,5 kg/m². Dicho método fue extensamente utilizado en el país, pero finalmente se desechó debido al embancamiento

y contaminación producida por las mangas en los fondos marinos. Además, el Reglamento Ambiental para la Acuicultura, prohibió utilizar mangas plásticas para el anclaje de recursos a la arena.

También se ha usado de manera experimental el cultivo suspendido en líneas verticales, donde talos individuales fueron atados a una línea de polipropileno mantenida a media agua con un lastre al fondo marino y una boya superficial (Santelices & Fonck, 1979). Estos autores también experimentaron usando como sistema de cultivo retículos suspendidos, atando talos individuales sobre ellos, obteniendo incrementos de hasta 1400% mensual respecto de talos iniciales de 30 cm de longitud. También se ha probado el cultivo en cuerdas suspendidas atadas a estacas enterradas en el fondo del río Quenuir (X Región). En estas cuerdas se colocaron 27 manojos de 100 g cada uno, al término de 3 meses se logró incrementar 6 veces la biomasa inicial con una tasa de crecimiento de 4,2 % (Fig. 10) (Ávila, *et al.*, 1999).

El método más usado en la actualidad, es la plantación manual de talos de *Gracilaria* en el intermareal (Fig. 11) o en el fondo marino (Fig. 12) (Barrales & Pizarro 1984; Alveal, 1986; Westermeier *et al.*, 1991). El método consiste en plantar aproximadamente 9 manojos de algas/m² (entre 1,8 a 2,0 kg/m²). Se utilizan como herramientas para el plantado en sitios intermareales la “horquilla” o el “gualato”, mientras que en plantaciones submareales se utiliza la “horquilla” o “pala” (Fig. 13). Con estos métodos se obtienen rendimientos que pueden sobrepasar las 50 ton/há/año (CORFO, 1989).



Figura 10. Cuerdas con manojos de *Gracilaria chilensis*.



Figura 11. Cultivo intermareal



Figura 12. Cultivo submareal



Figura 13. Herramientas utilizadas en el cultivo intermareal o submareal.

Otro método de cultivo consiste en utilizar las esporas como un medio de propagación de este recurso. Este método ha sido probado con éxito en Malasia (Doty & Fisher, 1987), Hawai (Glenn *et al.*, 1996) y en Chile (Infante y Candia, 1988, Alveal *et al.* 1994,1995; Alveal 1998). En la X Región, esta técnica para la producción de nuevos talos está muy desarrollada, y consiste en utilizar las esporas producidas por *Gracilaria chilensis* para generar cultivos masivos.

El método comienza con la selección de algas reproductivas maduras, cistocárpicas o tetraesporicas (Fig. 14).

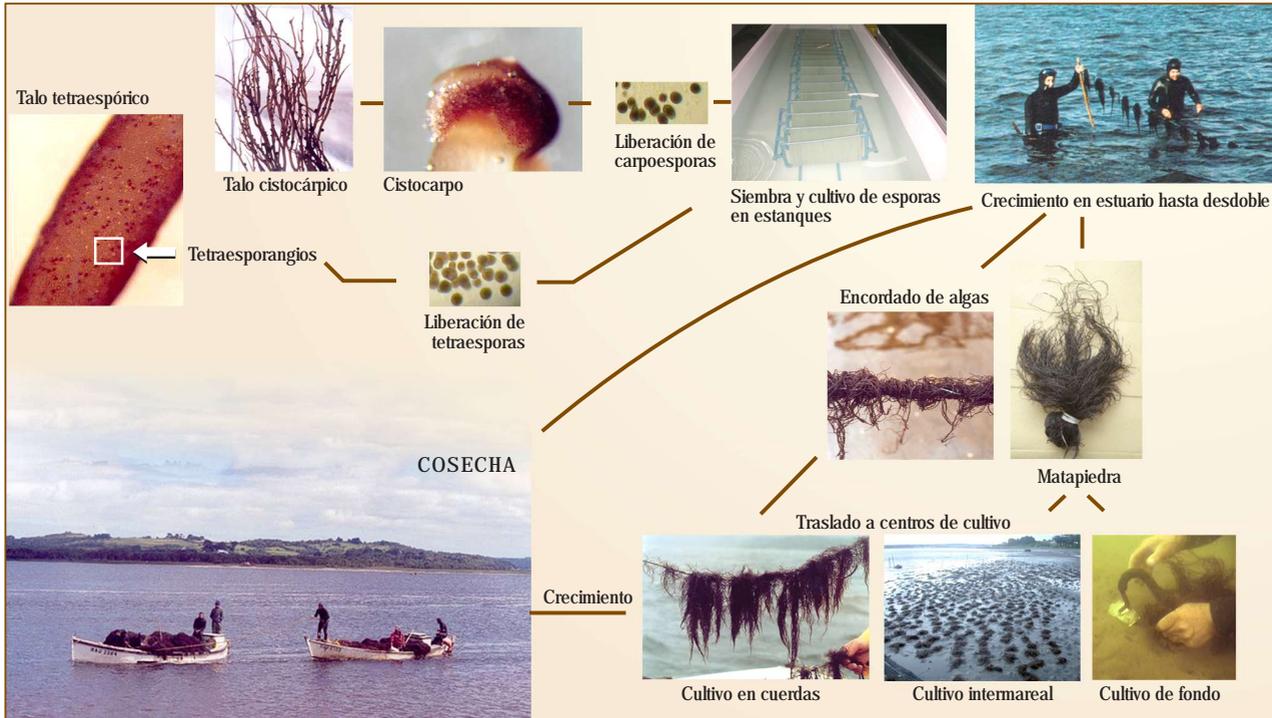


Figura 14. Producción y cultivo de *G. chilensis* por esporas

Los talos cistocárpicos se pueden localizar en sustratos sólidos como rocas o conchas de moluscos bivalvos en el intermareal, y son de fácil identificación ya que sus estructuras reproductivas son visibles a simple vista. Talos tetraesporicos se pueden obtener de las praderas submareales o de aquellos planteles de algas cultivadas a partir de las carposporas. El material seleccionado se traslada al invernadero donde se aplican estímulos de desecación para provocar la liberación de las esporas, estas se siembran sobre bastidores (marcos confeccionados con PVC) a los cuales se enrolla cuerda plástica donde se fijarán las semillas. Transcurrido 1 a 2 meses las cuerdas son trasladadas al mar o estuarios, a un sistema de precrecimiento ("nursery") donde se instalan atadas a estacas, enterradas en el fondo en líneas de 10 m longitud y separadas 0,5 m entre sí. Estas algas pueden cultivarse en estas líneas hasta su cosecha, o bien se puede esperar un desarrollo temprano, cuando alcanzan un tamaño aproximado de 20 cm,

que es el apropiado para sacarlas y posteriormente utilizarlas entrelazándolas en nuevas cuerdas de polietileno confeccionadas *in situ* en las instalaciones en tierra. Una vez confeccionadas las cuerdas con algas, son trasladadas a los distintos centros de cultivo en el país, donde se instalan en un sistema de cultivo de fondo con estacas de madera de 40 cm. La cosecha se realiza mediante buceo en la época de crecimiento, cuidando de dejar la biomasa con la que inicialmente se inocularon las cuerdas. Estas son reemplazadas periódicamente a medida que van quedando desprovistas de algas producto de la manipulación durante la cosecha. También la biomasa proveniente del desdoble se puede utilizar para confeccionar "matapiedras", los que se utilizarán en cultivos intermareal o de fondo. El método de cultivo por esporas, implementado por la empresa Algas Marinas S.A., ha logrado una producción promedio de algas de 87 ton/há/año (Ramiro Rojas, com. pers.).

Plasticidad morfológica y su importancia en la actividad productiva

Gracilaria chilensis tiene un talo filamentososo cilíndrico con ramificación simpodial y presenta alta variabilidad morfológica, con relación al tamaño del talo, diámetro de los ejes principales, frecuencia de las ramificaciones y pigmentación; como consecuencia del ambiente en donde crece. En el ambiente intermareal, el alga que crece sobre sustrato rocoso u otro sustrato duro (madero, valvas de moluscos), presenta talos muy ramificados y de pequeño tamaño, de 10 a 90 cm de longitud. Los ejes principales del talo presentan diámetro de 1 a 2 mm (Fig. 15 A) en algunos casos se ha observado talos con diámetros de 4 mm. Una situación similar se observa en los talos que crecen en ambiente estuarino somero en sustrato fangoso o arenoso, aquí los talos pueden alcanzar tamaños de 80 a 120 cm, con diámetro de los ejes principales de 1 a 2 mm, también con alta frecuencia de ramificaciones.

En el submareal, ya sea de estuario o ambiente marino, esta especie presenta talos con tamaños que van de 80 a 450 cm de longitud, siempre creciendo en sustrato de arena o fango. Los talos pueden ser delgados, de 1 a 2 mm de diámetro, con abundante ramificación (Fig. 15 B) a talos gruesos de 2,5 a 3 mm de diámetro con escasa ramificación (Fig. 15 C). Los talos en el submareal, crecen y se propagan de forma vegetativa a partir de un estrato de talos filamentosos que perduran enterrados bajo la arena o fango. El enterramiento de los talos depende de la longitud y densidad de las ramificaciones, como también de la dinámica del fondo (Dellarossa, 1974; Alveal, 1986; Santelices & Doty, 1989).

Estos morfotipos, como en el caso de la localidad de Lengua (VIII Región, 36°45'S; 73°09'W), han sido caracterizados en su contenido y calidad de su agar, estimándose que talos que crecen en el estuario de Lengua tienen bajo rendimiento de agar (24%) y mayor fuerza de gel (730

g/cm²) que los talos gruesos de ambiente marino, que presentan alto rendimiento de agar (31%) y baja fuerza de gel (570 g/cm²), (Barrientos y Candia, 1987).

La información obtenida en las diferentes actividades experimentales desarrolladas en el proyecto, y que se describen más adelante, han demostrado que talos obtenidos del submareal, al trasplantarlos a ambientes estuarinos submareales responden con un activo crecimiento y sin cambio en su morfología, al contrario de lo que sucede con esos mismos talos transplantados a ambientes estuarinos someros (columna de agua 1,5 m aproximadamente), en donde en el corto plazo crecen lento, cambian de pigmentación y son más propensos al epifitismo. En el caso de talos obtenidos de ambiente intermareal, al transplantarlos al submareal, el incremento en biomasa es escaso (la mitad o menos en relación a los morfotipos submareales), hay un cambio lento de morfología y baja productividad. Estos resultados han demostrado la importancia de la procedencia de la biomasa de "pelillo" a utilizar como semilla para iniciar un cultivo masivo. La identificación de estos morfotipos y su caracterización resulta de importancia cuando se necesita seleccionar biomasa para iniciar una actividad de cultivo masivo, ya que las respuestas al crecimiento y productividad de ese morfotipo están condicionadas a las características del medio en que se desarrollan, de esta manera la calidad y origen de la biomasa de pelillo a utilizar para cultivo resulta una etapa clave para potenciar la actividad productiva del centro de cultivo. Por lo general, en la mayoría de estos centros han iniciado su actividad con talos de *Gracilaria* de diferente procedencia, ya sea obtenido vegetativamente o bien talos obtenidos de esporas.

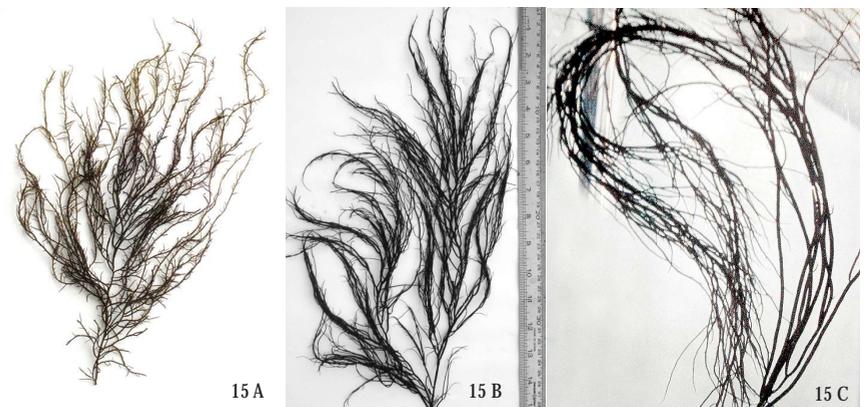


Figura 15. Variabilidad morfológica del talo de "pelillo". A. Talo que crece en el intermareal. B. Talo delgado que crece en el submareal. C. Talo grueso que crece en el submareal.

La actividad productiva de un centro de cultivo de “pelillo”, no sólo depende de la selección del morfotipo y ambiente adecuado para iniciar la actividad, sino también del conocimiento del ciclo de crecimiento para su manejo y explotación. El crecimiento de los talos de “pelillo” es producto de la activa división celular de dos zonas conocidas como meristemas, un meristema apical ubicado en el ápice de cada ramificación del talo, que le permite crecer en longitud (Fig. 16 A) y un meristema intercalar difuso, que se puede ubicar en toda la longitud del talo y le permite regenerar, es decir, formar nuevas yemas en la zona del talo en donde fue podado (Fig. 16 B) o generar nuevas yemas y ramificaciones adventicias a lo largo del talo (Fig. 16 C).

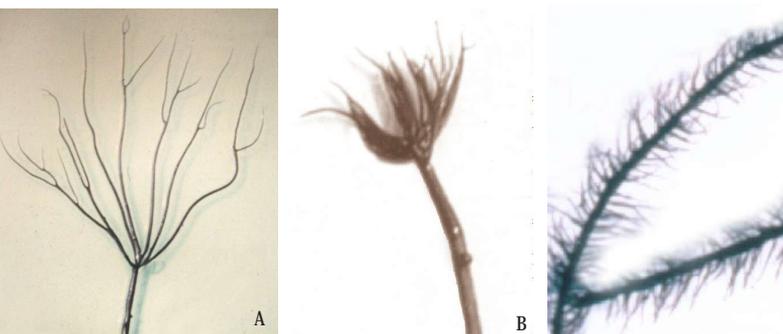


Figura 16. Crecimiento y regeneración en talos de “pelillo”. A. Ápices del talo de “pelillo” creciendo en longitud. B. Regeneración y formación de nuevas yemas en talos podados de “pelillo”. C. Producción de yemas adventicias a lo largo del talo.

En general, en las praderas o centros que se sustentan con un estrato de talos subterráneos, se ha observado que los talos erguidos que emergen de este estrato, presentan un crecimiento con claro comportamiento anual. Este ciclo anual de crecimiento fue establecido por Dellarossa (1974) y posteriormente, otros investigadores lo corroboraron en diferentes praderas de “pelillo” (Romo y Alveal, 1979; ESPES, 1980; Santelices *et al.* 1984; Poblete e Inostroza, 1987; Poblete *et al.* 1991) y se ha caracterizado en tres períodos (Fig. 17):

- 1 Período de estabilidad en el tamaño y biomasa de “pelillo”, a fines de otoño e invierno.
- 2 Período de aumento o crecimiento ininterrumpido de los talos en las estaciones de primavera y verano.
- 3 Período de declinación de la biomasa y el tamaño de los talos en otoño.

Los períodos de este crecimiento anual de “pelillo” pueden variar de acuerdo a diferencias intrapoblacionales, la latitud y el ambiente en donde crece la pradera. La cuantificación de las fluctuaciones de biomasa en un ciclo anual, permite obtener una biomasa mínima en invierno y una biomasa máxima estacional, que generalmente se da en verano. El incremento mensual de la biomasa que se da en el período de crecimiento ininterrumpido permite identificar la productividad neta de la pradera (Dellarossa, 1974). Así, el crecimiento anual, la

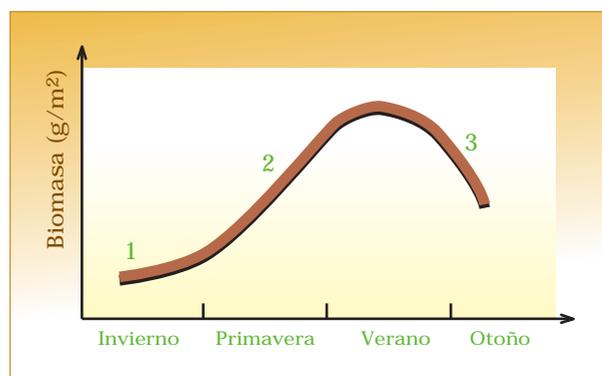


Figura 17. Ciclo anual de crecimiento de “pelillo”. Período de estabilidad de biomasa (1), Período de crecimiento (2), Período de declinación de biomasa (3) (Basado en Dellarossa, 1974).

productividad de los talos, la biomasa mínima y máxima estacional de una pradera de “pelillo”, son antecedentes básicos a obtener para conocer la actividad productiva de una pradera de *Gracilaria* y que se deben utilizar como criterios en las medidas de manejo y explotación de este recurso (Dellarossa, 1974; Poblete *et al.* 1991).

La aplicación de esta información en los centros de cultivo, no ha tenido lugar, principalmente, por las necesidades de producción de biomasa de acuerdo a la demanda, requerimientos económicos del centro o desconocimiento en la optimización de la cosecha una vez obtenida la información básica de crecimiento de su pradera, entre otros.

La incorporación en un centro de cultivo de “pelillo” de un morfotipo adecuado y su conocimiento del ciclo anual de crecimiento para su cosecha y manejo, va a permitir optimizar y sustentar su producción y además, evitar el deterioro de la pradera por “envejecimiento” que es producto de una cosecha inadecuada e intensiva.

Caracterización productiva de morfotipos de “pelillo”

Diversos aspectos productivos, relacionados con la importancia comercial que tiene el recurso “pelillo”, pueden variar dependiendo de la calidad de biomasa que se elija para producir en un centro de cultivo determinado. Entre los más importantes se destacan la resistencia a epífitos, el rendimiento del gel, su velocidad de crecimiento o la biomasa cosechable durante la temporada de extracción.

La caracterización productiva de morfotipos de “pelillo” fue estudiada en 6 centros de cultivo ubicados en diferentes localidades de la X Región (Fig. 18). En cuatro de ellos se utiliza siembra directa al sustrato, mientras los dos restantes realizan el cultivo mediante material vegetativo entrelazado en cuerdas o talos provenientes de esporas inoculadas sobre cuerdas nylon.

En cada centro de cultivo se utilizó un diseño muestral que permitiera determinar el crecimiento y la producción de dos morfotipos “introducidos”, denominados Aguantao y Hueihue, y compararlos con el morfotipo Nativo, definido como propio de cada centro de cultivo. En cada centro se instalaron tres parcelas de 10 x 10 m, para cada morfotipo (Fig. 19).

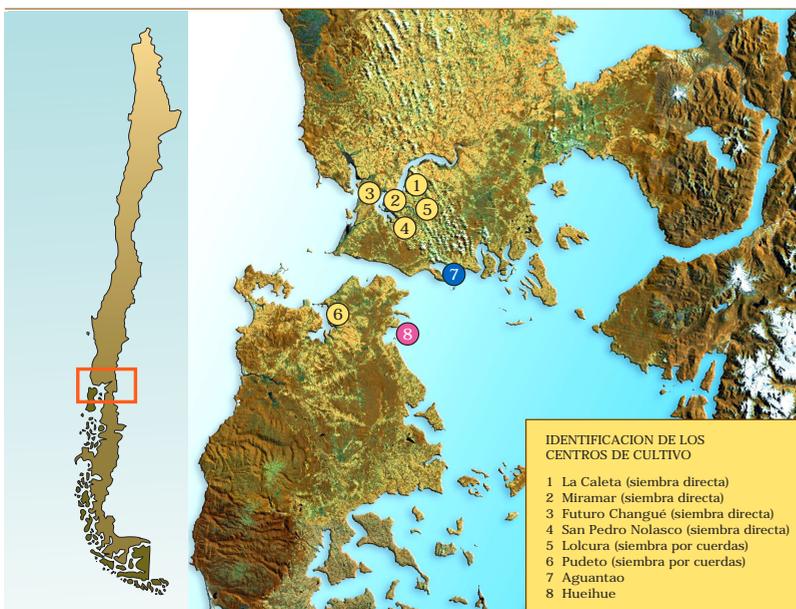


Figura 18. Ubicación geográfica de los centros de cultivo de “pelillo”.

En cada una de estas parcelas, previo al inicio de la actividad, se denudó el área experimental antes de realizar la plantación o instalación de cuerdas con los morfotipos a estudiar. En el caso de los centros con siembra directa, al inicio de la experiencia se sembraron todas las parcelas con una densidad de 9 plantas/m², cada planta con una biomasa promedio de 200 g aproximadamente. En los centros con

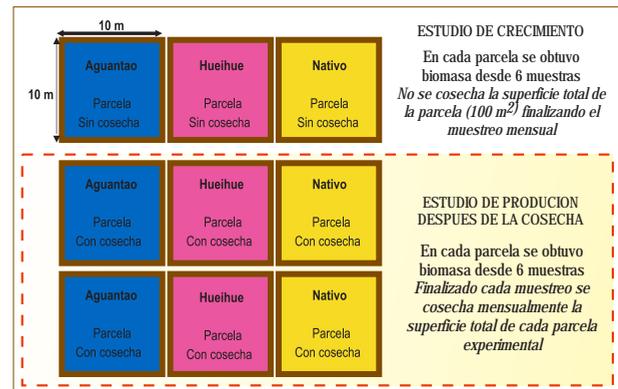


Figura 19. Diseño utilizado en la fase de caracterización de morfotipos.

siembra por cuerdas, se instalaron 42 cuerdas (21 pares), cada una de 5 m de longitud, y separadas entre sí cada 50 cm, en la forma como lo indica la figura 20. La biomasa inicial en las cuerdas fue de aproximadamente 500 g. El conjunto de cuerdas ocupó un área de 100 m², correspondiente a cada parcela experimental.

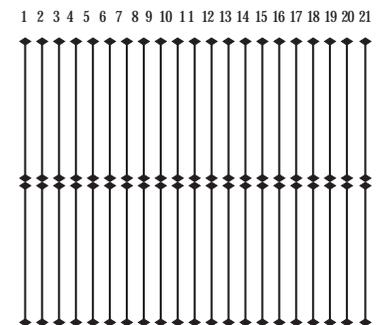


Figura 20. Disposición de cuerdas con Gracilana en centros con siembra por cuerdas

Una de las parcelas por morfotipo, fue utilizada sólo para obtener el crecimiento en el tiempo de cada morfotipo en cada centro, obteniendo 6 muestras cada mes (dentro del período de máximo crecimiento, es decir entre septiembre 2002 - marzo 2003) no cosechando la superficie de la parcela al finalizar el muestreo. Desde las otras dos parcelas, se obtuvieron 6 muestras mensuales (dentro del mismo período de estudio) para luego cosechar completamente la superficie de la parcela experimental, al finalizar cada muestreo, con la finalidad de estimar la producción de biomasa después de cosechas mensuales.

presentan las mismas características. El morfotipo Aguantao, propio de ambientes submareales, creció sostenidamente en “La Caleta” y “Pudeto”, pero no en “San Pedro Nolasco”, que es un sitio intermareal somero y en donde se observó un máximo en diciembre para luego declinar abruptamente. El morfotipo Hueihue, por el contrario, que es característico de sitios intermareales se desarrolló muy bien en los centros “San Pedro Nolasco” y “Pudeto”, que son ambientes someros los cuales podrían dar respuestas similares a un ambiente estuarino intermareal; lo cual no ocurre en “La Caleta”.

La producción mensual de los morfotipos también fue diferente, entre morfotipos dentro de un mismo centro de cultivo y entre centros de cultivo. En general, el morfotipo Aguantao al ser cosechado mensualmente mostró rendimientos en biomasa mayores a los morfotipos Hueihue o Nativo dentro del período de estudio. El promedio acumulado para el período de estudio de biomasa obtenida por cosecha del morfotipo Aguantao en los centros “La Caleta” y “San Pedro Nolasco” (centros con siembra directa) fue de 822 g/m²/mes, valor superior al obtenido por el morfotipo Hueihue (366 g/m²/mes) o el Nativo (366 g/m²/mes). En el centro “Pudeto” (centro con siembra por cuerdas), los valores promedio de los morfotipos Aguantao, Hueihue y Nativo fueron 1223; 950 y 780 g/m²/mes, respectivamente (Fig. 23).

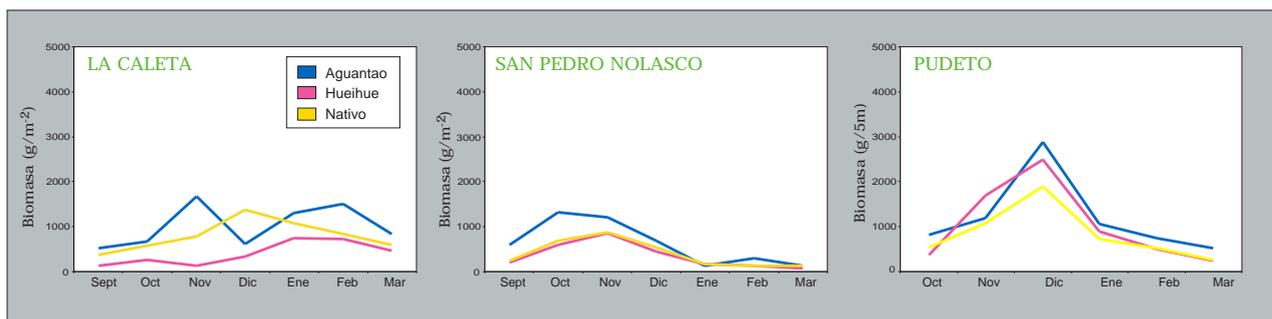


Figura 23. Producción mensual de los morfotipos en estudio en los centros de cultivo La Caleta, San Pedro Nolasco y Pudeto.

También se comparó, para cada morfotipo en un centro de cultivo con siembra directa (“La Caleta”) y en un centro de cultivo con siembra por cuerdas (“Pudeto”), la producción máxima de biomasa sin efecto de cosecha con la sumatoria de la biomasa obtenida producto de las cosechas mensuales (Fig. 24). Se observó en el centro de cultivo con siembra directa al sustrato, que cosechando las parcelas en forma mensual se obtiene más biomasa que si se deja la parcela sin cosechar, dentro del periodo de estudio, y que nuevamente el morfotipo Aguantao muestra mejores resultados que los morfotipos Nativo y Hueihue. Considerando como modelo “La Caleta”, una adecuada estrategia de manejo y cosechas dentro del período de crecimiento de los morfotipos, podría representar un incremento del 23% en la biomasa cosechada si se comparan los morfotipos Aguantao y Nativo, valor que podría aumentar a un 166% si se comparan los morfotipos Aguantao y Hueihue. Esta

observación refuerza la idea de que al momento de trasladar talos de “pelillo” con fines de sembrado en nuevas áreas es importante considerar las condiciones de hábitat de origen y destino de los talos con el fin de maximizar su producción.

En los centros de cultivo con siembra por cuerdas la cosecha mensual no produce más biomasa, y por el contrario, es mejor dejar que la biomasa se incremente al máximo y sólo en ese momento cosechar. En esta forma de cultivo también el morfotipo Aguantao fue mejor que los otros. Considerando como modelo “Pudeto”, una adecuada estrategia de manejo, permitiría obtener un 38% más de biomasa si se utilizara solamente el morfotipo Aguantao en vez del morfotipo Hueihue, valor que aumenta a un 83% si se usara Aguantao en vez de Nativo, esta información se infiere de la figura 24.

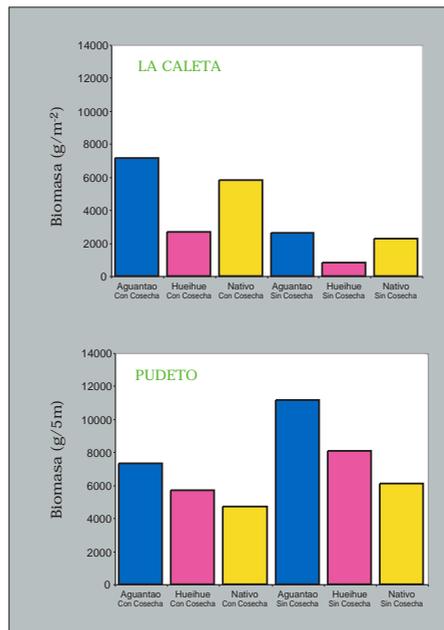
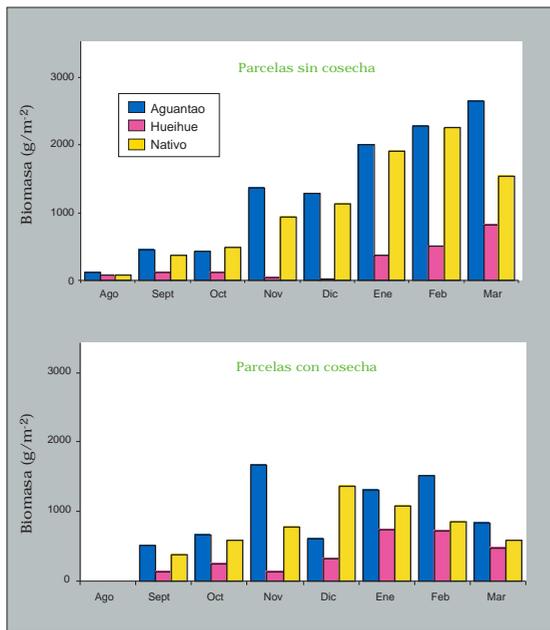


Figura 24. Comparación de la producción entre parcelas con y sin cosecha mensual. Se contrastó para cada morfotipo, el promedio de biomasa del mes con máximo crecimiento en parcelas sin cosecha mensual, versus el promedio de la sumatoria para el período de estudio de la biomasa obtenida de las parcelas con cosecha mensual.

Caracterización de la fuerza y rendimiento de agar

Algunos de los atributos más importantes del pelillo, los cuales son valorados por la industria que procesa este recurso como materia prima, son la fuerza de gel y rendimiento de agar obtenido a partir del proceso desarrollado por las plantas elaboradoras.

Se conoce como fuerza de gel la presión en $g \cdot cm^{-2}$, que resiste un gel, a una concentración de 1,5% en peso durante 20 segundos a $20^{\circ}C$. La determinación se realiza luego de 15 h de permanencia en proceso de gelificación, tiempo en el que el gel alcanza su máxima resistencia. En cambio, el rendimiento de agar es la fracción porcentual que se obtiene desde una biomasa dada de "pelillo". Pruebas de laboratorio realizadas al inicio del proyecto en diversos morfotipos

de "pelillo" muestran que existe un amplio rango de variabilidad entre poblaciones que crecen en diversas localidades, tal como lo indica la Tabla I.

Durante el desarrollo de la fase de caracterización productiva, fueron tomadas muestras de "pelillo" tanto desde parcelas sometidas a cosecha como de parcelas sin cosecha, durante un ciclo anual con una frecuencia estacional entre el invierno del 2002 y otoño del 2003. Los resultados generales no muestran diferencias en la fuerza y el rendimiento de agar entre las parcelas con y sin cosecha mensual. La figura 25 muestra la tendencia en el tiempo de la variable rendimiento de agar en las parcelas sometidas a cosecha en los centros de cultivo "La Caleta", "San Pedro Nolasco" y "Pudeto". Se observa una tendencia en los centros y morfotipos a que hacia las estaciones frías los valores de rendimiento de gel sean altos.

Tabla I. Caracterización inicial de la fuerza y el rendimiento de agar de diversos morfotipos de "pelillo" en la X Región.

MORFOTIPO	Fuerza de Gel ($g \times cm^{-2}$)	Rendimiento de Agar (%)
Hueihue (41°53,9' S; 72°30'50" W)	632,0	18,0
Aguantao (41°47' S; 73°18' W)	609,5	15,6
El Pino. (41°35'38.2" S; 73°37'43.1" W)	589,5	15,3
La Caleta (41°35'30.8" S; 73°38'4" W)	559,5	20,6
Lolcura (41°36'1.2" S; 73°33'42.4" W)	549,5	13,6
San Pedro Nolasco (41°39'44.9" S; 73°40'1.5" W)	509,5	19,3
Miramar (41°34'59.3" S; 73°38'34.3" W)	490,0	16,6
Futuro Changué (41°35'34.2" S; 73°38'2.8" W)	481,0	14,0
Pudeto (41°52'52.00" S; 73°46'36.74" W)	476,0	11,0

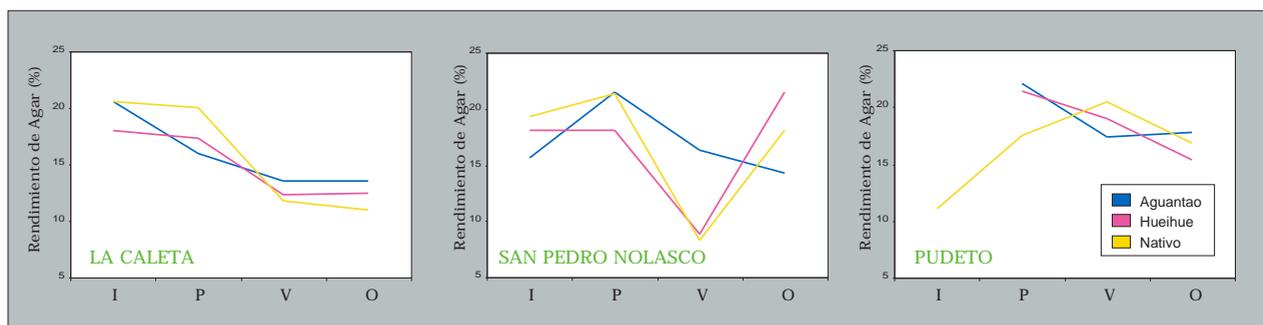


Figura 25. Variación estacional del rendimiento de agar en tres centros de cultivo.

Experiencia de siembra masiva de morfotipos

Finalizada la fase experimental de caracterización del comportamiento productivo de los diversos morfotipos de “pelillo”, se inició a partir de enero del 2004 una experiencia de control y seguimiento de áreas piloto sembradas con el morfotipo Nativo de cada centro de cultivo y con el morfotipo introducido de mejores resultados, es decir, el morfotipo Aguantao.

Esta experiencia consistió en plantar en 4 centros de cultivo, 1/4 de hectárea de los morfotipos Nativo y Aguantao, cada una con una densidad de 9 plantas/m², con una biomasa promedio por planta de 200 g aprox. Mensualmente, se obtuvieron 30 muestras de cada una de las parcelas piloto, utilizando como unidad muestral un cuadrante metálico de 1 m² de área. La

biomasa de “pelillo” fue obtenida desde cada cuadrante de similar forma que lo descrito en la caracterización de las parcelas experimentales.

Los resultados generales de caracterización productiva de las parcelas piloto se sintetizan en lo sucedido en el centro “La Caleta”. En el inicio de esta experiencia se observó que la biomasa promedio de ambos morfotipos es máxima durante los meses de verano y comienzo de otoño, y tiende a disminuir hacia el invierno. Los niveles de biomasa no se recuperaron como lo esperado hacia la primavera o verano siguientes, debido al fenómeno de embancamiento por arena del área de cultivo, lo que dificultó la obtención de biomasa en el tiempo durante el siguiente período de crecimiento. Sin embargo, se realizó una extrapolación con los datos de la fase experimental de caracterización productiva de la misma localidad y morfotipos, a fin de representar la tendencia esperada de la producción de pelillo en el tiempo (Fig. 26).

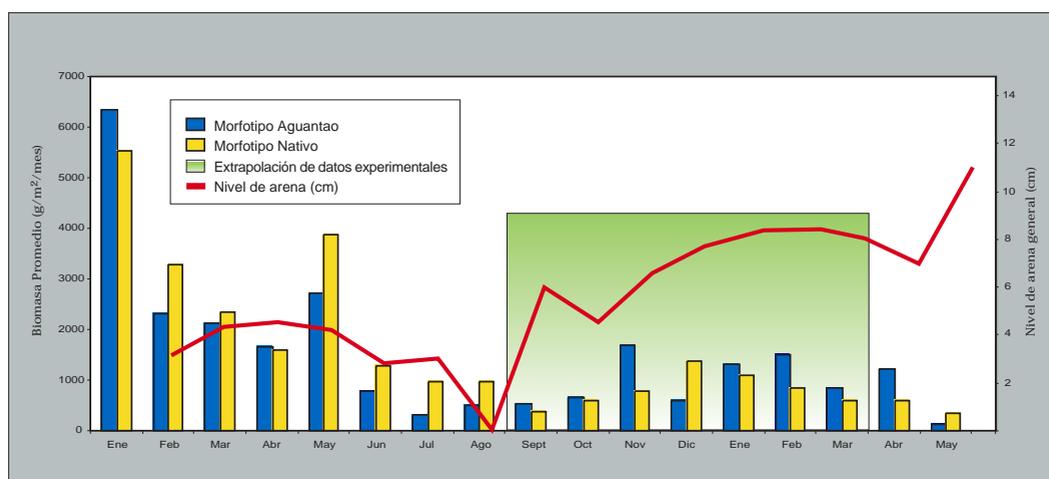


Figura 26. Biomasa promedio obtenida desde parcelas piloto de los morfotipos Aguantao y Nativo en el centro de cultivo La Caleta. Se indica además el nivel general de arena y una extrapolación efectuada desde datos experimentales (recuadro verde).

Epifitismo y Fauna asociada

Los epífitos son organismos vegetales microscópicos o macroscópicos que viven adheridos a otros organismos vegetales como el “pelillo”. También encontramos organismos animales, que viven igualmente adheridos a los talos del “pelillo”, denominados en este estudio como fauna asociada. En los organismos epífitos tenemos representantes macroscópicos de las algas rojas, verdes y pardas, y microscópicos como algas verde-azules y diatomeas (Fletcher, 1995). Estudios en cultivos comerciales de *Gracilaria* en la zona sur de Chile, señalan que los principales organismos epífitos están representados por las algas rojas del grupo Ceramiales como *Polysiphonia* sp., *Ceramium* sp., *Antithamnion* sp. y *Callithamnion* sp. (Westermeyer *et al.*, 1991; Buschmann *et al.*, 1994; Buschmann *et al.*, 1997); también el alga parda *Giffordia* sp. (Küschel & Buschmann, 1991), las algas verdes como *Enteromorpha* sp., *Ulva* sp. y *Rhizoclonium* sp. (Matamala & Sanhueza, 1988, Buschmann *et al.*, 1992, Buschmann y Gómez, 1993) y diatomeas como *Melosira* sp. (Matamala y Sanhueza, 1988). En relación a la fauna asociada, los principales organismos que se adhieren al talo del “pelillo” son *Mytilus chilensis* (Retamales & Buschmann, 1996) y poliquetos herbívoros que se alimentan de los talos de *Gracilaria* (Jara, 1990).

Las condiciones ambientales en el período comprendido entre primavera y mediados de otoño promueven la proliferación de algas epífitas, así como de organismos animales. Estudios recientes en algas epífitas, señalan que existen distintos grados de daño al talo de “pelillo” dependiendo del grado de interacción anatómica, determinándose 5 tipos de

infecciones. En la infección tipo I, el epífito está débilmente adherido al talo de “pelillo”, no ocasionando daño en su estructura, siendo un ejemplo de ello *Giffordia* sp. Luego existen distintos grados de adhesión al talo hasta llegar a la infección tipo V, donde las epífitas penetran profundamente en el talo, causando destrucción del tejido, como es el caso de *Ceramium* sp. y *Polysiphonia* sp. (Leonardi *et al.*, 2006). En este contexto, el daño ocasionado por estas epífitas puede contribuir a la fragmentación del talo, ocurriendo una pérdida masiva de biomasa del cultivo si este epífito es abundante. Sin embargo, independiente del daño especie-específico de la infección que provoca el epífito, éstos al ser un vegetal, en grandes abundancias compiten por nutrientes, gases disueltos y luz solar (efecto de sombreo), ocasionando tasas de crecimiento más bajas a los cultivos comerciales de “pelillo” y con producción de materia prima de más bajo valor económico. La fauna asociada también contribuye a estos efectos negativos, ya que en el caso de *M. chilensis* en grandes abundancias, produce desprendimiento de la plantas de “pelillo” por sobrepeso en ella. Los poliquetos, en grandes cantidades, también pueden ocasionar pérdida de biomasa por herbivoría (Jara, 1990).

Con la finalidad de reconocer la diversidad de epífitos, fauna asociada y su carga total se realizó este estudio en centros de cultivo submareales de los ríos Maullín y Pudeto en el periodo de máximo crecimiento del “pelillo”, utilizando diferentes morfotipos.



Identificación y cuantificación de epífitos y fauna asociada

Los estudios se realizaron en 5 centros de cultivo de la X Región, 3 de ellos con siembra directa al sustrato (La Caleta, Miramar y San Pedro Nolasco) y los 2 restantes, con cultivos en cuerdas (Lolcura y Pudeto) (Fig. 18).

La metodología de muestreo contempló la identificación y cuantificación de epífitos y fauna asociada de cada morfotipo de *Gracilaria* por localidad, y consideró extraer 10 muestras (100 g) del material de Aguantao, Hueihue, La Caleta, Miramar, San Pedro Nolasco, Lolcura y Pudeto en Agosto del 2002. Posteriormente y siguiendo la metodología de estudio de caracterización productiva del “pelillo” (ver página 11), se trasladaron algas de Aguantao y Hueihue para ser sembradas en las localidades de La Caleta, Miramar, San Pedro Nolasco, Lolcura y Pudeto. Se realizaron muestreos durante el periodo de crecimiento del pelillo, en Noviembre del 2002, Enero y Marzo del 2003. Cada muestreo contempló la extracción de 5 muestras (± 100 g) del material cosechado de cada parcela, por morfotipo (Aguantao, Hueihue y Nativo) y localidad. De cada muestra extraída, se identificaron todos los organismos vegetales y animales adheridos al talo del “pelillo”, para luego cuantificarlos porcentualmente en peso seco por especie, para finalmente sumar el peso seco de todas las especies y compararlo porcentualmente respecto del peso seco del pelillo en cada muestra. Esta variable se denomina carga total, y esta definida como:

$$\text{Carga Total (\%)} = \left[\frac{\text{Suma peso seco especies animales y vegetales (g) por muestra}}{\text{Peso seco de } Gracilaria \text{ (g) por muestra}} \right] \times 100$$

En este estudio se identificaron en total 12 especies epífitos y 7 taxas representantes de fauna asociada (Tabla II), algunos de los cuales prevalecen en la mayoría de los muestreos y localidades, como *Ceramium rubrum*, Briozoos (*Conopeum* sp. y *Chaperia acanthina*) e Hidrozoos.

En el muestreo inicial, realizado en Agosto del 2002, se observó que los talos de los morfotipos Aguantao y Hueihue mostraron niveles bajos de carga total; de 0.2% y 1%, respectivamente (Fig. 27 a-c y Fig. 30 a y b). Esta carga estuvo representada, en ambos morfotipos, por *Ulva* sp. y *Enteromorpha* sp., y por organismos animales de la clase Polychaeta en Aguantao y de la clase Bivalvia en Hueihue. La carga total del resto de los morfotipos nativos también mostró niveles bajos, que variaron entre 0% (La Caleta) (Fig. 27 a) a 1,5% (Miramar, Lolcura y Pudeto) (Fig. 27 b y Fig. 30 a y b) a excepción de San Pedro Nolasco, que presentó un nivel de 10,4% (Fig. 27 c). La carga total estuvo representada en Miramar y San Pedro Nolasco por Briozoos. En las localidades de Lolcura y Pudeto, la carga total estuvo dominada por *C. rubrum*.

En los muestreos de Noviembre de 2002, Enero y Marzo de 2003, los resultados se analizaron por cada centro de cultivo, realizando un análisis comparativo de la carga total entre los morfotipos de Aguantao, Hueihue y el Nativo propio de cada centro.



Epífitos en centros de cultivo con siembra directa

La Caleta

Este centro siempre presentó valores bajos de carga total, que no superó el 4% en promedio en todo el periodo de estudio, no existiendo además diferencias entre los morfotipos utilizados (Fig. 27A). La carga total estuvo representada principalmente por los organismos animales del phylum Bryozoa y secundariamente de las epífitas del grupo de las Ceramiales (Fig. 28).

Miramar

Este centro presentó un aumento progresivo de la carga total promedio desde Noviembre a Marzo, con valores menores al 1% en Noviembre, 3% en Enero, siendo máxima en Marzo, con un 10%. No existió diferencia entre los morfotipos, siguiendo todos ellos la misma tendencia en el tiempo. (Fig. 27B). La carga total estuvo representada principalmente por organismos animales del phylum Bryozoa y Porifera (“esponja”) y secundariamente por los organismos epífitos del grupo de las Ceramiales.

San Pedro Nolasco

Los morfotipos presentaron valores bajos entre Noviembre y Enero (0.3 % y 6%) y un aumento significativo en el mes de Marzo, con una carga total que llegó al 52% en promedio. No existió diferencia entre los morfotipos, aunque si se observó en Marzo una tendencia del morfotipo Aguantao a una menor carga. (Fig. 27C). La carga total estuvo representada principalmente por la microalga *Callothrix* sp. (Fig. 29) y muy secundariamente por animales del Phylum Bryozoa y las algas epífitas del grupo de las Ceramiales.

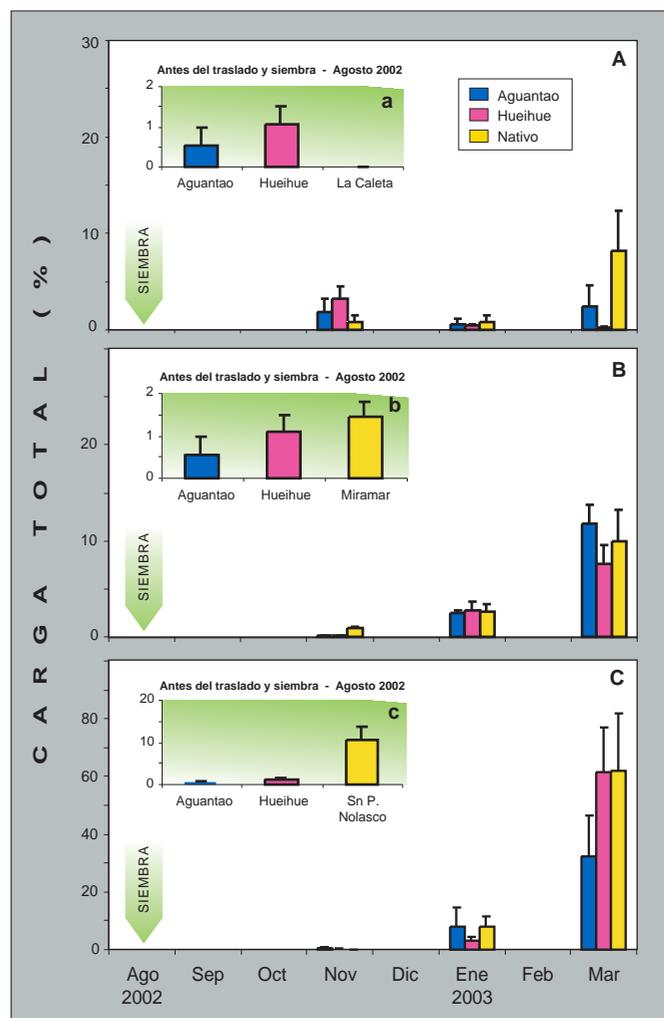


Figura 27 A - C. Carga total de epífitos y fauna asociada antes y después de la siembra de los morfotipos introducidos Hueihue y Aguantao respecto del morfotipo nativo en los centros La Caleta (A), Miramar (B) y San Pedro Nolasco (C).

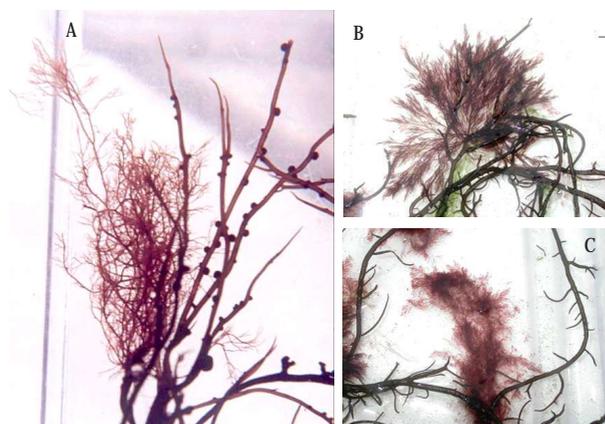


Figura 28. Hábito de epífitas del grupo Ceramiales, comúnmente conocida como "flor". A. *C. rubrum*. B. *Polysiphonia* spp. C. *Callithamnion* sp.



Figura 29. Hábito de epífita *Callothrix* sp. (Cyanophyta) sobre pelillo cultivado en el centro de cultivo de San Pedro Nolasco.

Epífitos en centros de cultivo con siembra por cuerdas

Lolcura

Este centro presentó valores promedio bajos en Noviembre y Enero (1 % y 11%) y un aumento significativo en el mes de Marzo, con una carga total que llegó al 22% promedio. No existió diferencia entre los morfotipos, siguiendo todos ellos la misma tendencia en el tiempo (Fig. 30A). La carga total estuvo representada principalmente por la fauna asociada del Phylum Bryozoa y la Clase Hydrozoa.

Pudeto

Los morfotipos presentaron bajos valores promedio de carga total entre Noviembre y Enero (0% y 5%), sin embargo, en el mes de Marzo, existió una gran proliferación de diatomeas que sobrepasaron en algunos caso el peso de la muestra de "pelillo" (>100%), existiendo diferencias entre los morfotipos: el morfotipo Hueihue presentó un valor de 134%, seguido por el morfotipo Nativo, con un 105% y el morfotipo Aguantao, con un 85% (Fig. 30B). La carga total estuvo representada principalmente por diatomeas, siendo más frecuente la especie *Melosira* sp. (Fig. 31 A, B y C) y muy escasamente por las epifitas del grupo de las Ceramiales y organismos animales del Phylum Bryozoa.

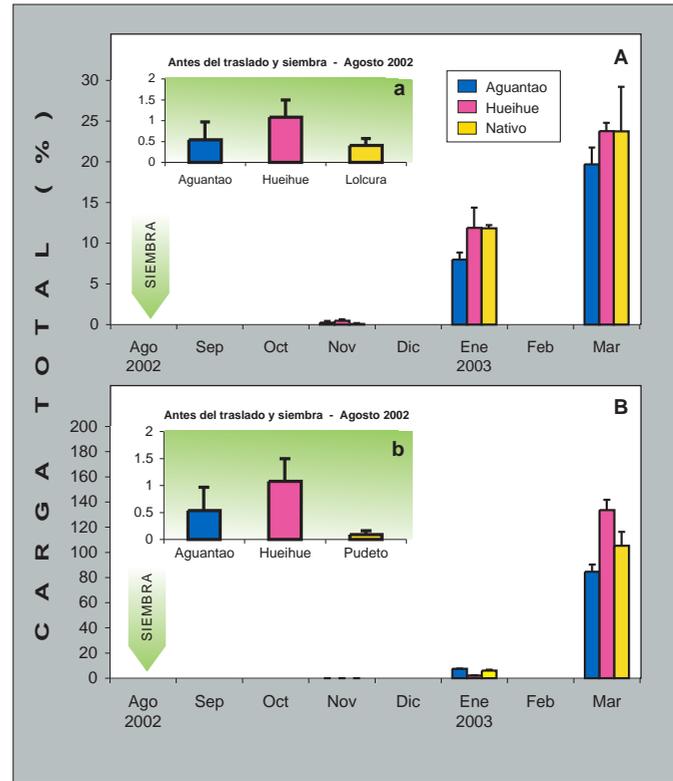


Figura 30 A y B. Carga total de epífitos y fauna asociada antes y después de la siembra de los morfotipos introducidos Hueihue y Aguantao respecto del morfotipo Nativo en los centros Lolcura (A) y Pudeto (B).

Figura 31. Detalle de la epífita *Melosira* sp. (diatomea Bacillariophyceae) sobre pelillo cultivado en la localidad de Pudeto.



A. Cultivo en cuerda con proliferación de diatomeas.

B. Detalle de alga con "barro de diatomea".



C. Suspensión de diatomeas luego del lavado de muestras de *Gracilaria* y vista al microscopio de cadenas de la diatomea *Melosira* sp.

Problemas y Recomendaciones

El cultivo de *Gracilaria*, se está desarrollando en aproximadamente 620 centros ubicados en la III, IV, VIII, X y XI Regiones. El cultivo del “pelillo” está consolidado como una actividad económica, tanto para comunidades ribereñas, como para las empresas exportadoras de este recurso como materia prima y las empresas procesadoras para la producción de agar.

En los centros de cultivo de la X Región, se observó que los talos de *Gracilaria* presentan una alta diversidad morfológica. Esta diversidad morfológica se caracteriza por que los talos presentan diferencias en el tamaño, frecuencia y tipo de ramificaciones, diámetro del talo, textura del talo y pigmentación, entre otras.

En las actividades de cultivo a escala experimental y piloto desarrolladas en el proyecto, se demostró que esta diversidad morfológica representa una buena oportunidad para los centros de cultivo que tienen problemas de producción de biomasa de “pelillo”, debido a que pueden seleccionarse aquellos morfotipos más adecuados para el ambiente en donde se ubica el centro y de esta forma optimizar la producción del centro, permitiendo satisfacer la demanda existente por este recurso.

En experiencias desarrolladas en laboratorio e invernadero, se observó que los diferentes morfotipos tienen amplia capacidad de respuestas a las diferentes condiciones a las que son sometidos. Sin embargo, dichos morfotipos tienen un rango más adecuado de condiciones abióticas favorables para que el crecimiento y productividad tengan su máxima expresión. Esto refuerza lo observado en las actividades experimentales desarrolladas en los centros de cultivo, en donde morfotipos obtenidos de diferentes ambientes, al ser cultivados en ambientes con condiciones similares en donde fueron recolectados, pudieron expresar un mayor crecimiento; al contrario de los morfotipos que son cultivados en condiciones diferentes a las de su hábitat original, en donde tienen una baja producción de biomasa.

Entre los problemas que afectan los cultivos masivos, el “envejecimiento” y el epifitismo son los que causan

daños más severos a la producción en diferentes centros de cultivo. El problema más común es la caída abrupta de la productividad en los centros, mermando la producción de *Gracilaria*. Esto se atribuye al “envejecimiento” del alga como resultado de una cosecha intensiva en donde se sacan las partes del talo con activo crecimiento y se dejan trozos de talos podados que van a tardar más en regenerar para producir nueva biomasa.

La identificación y cuantificación de epífitos y fauna asociada en las actividades experimentales de los centros de cultivo, demostraron que la abundancia de epífitos y fauna asociada es alta en concesiones submareales ubicadas a bajas profundidades (menores a 2.5 o 3 m), lo que lleva a interrumpir completamente la actividad productiva de la concesión, cuando los filamentos de “pelillo” están “infectados”. Esto ocurrió en la concesión ubicada en el río Pudeto (Algas Marinas), donde la empresa no pudo cosechar por aproximadamente un mes, dado la mala calidad del alga al estar completamente epifitada. En el río Maullín, con la empresa Proalmar (localidad San Pedro Nolasco), Sindicato Miramar (localidad Miramar) y en la concesión del acuicultor Sr. Enrique Ruiz (localidad Lolcura), también se observó que la presencia y abundancia de epífitos y fauna asociada en los talos, impedía el crecimiento del alga y disminuía su calidad, por lo que los acuicultores decidían no cosechar o vender su “pelillo” a bajo precio. El efecto de los epífitos y fauna asociada sobre la calidad de los talos es menor en concesiones que se distribuyen en profundidades entre 4 a 6 m, como es el caso del Sindicato de La Caleta (localidad La Caleta), en que el alga se conserva limpia manteniendo su calidad. Los epífitos y fauna asociada no se pueden evitar en los cultivos pero si se puede minimizar la ocurrencia de éstos principalmente utilizando semilla para siembra de “pelillo” limpia y no infectada con los organismos que causan daños severos y eligiendo sitios de cultivos con una profundidad mayor a 3 m y/o con buena circulación de agua. Sin embargo, una vez que existe una proliferación de estos organismos, una recomendación es cosechar completamente el cultivo y no volver a utilizar esta alga para sembrado de las mismas u otras áreas.

Otro problema que no se puede prevenir en la actividad productiva de un centro que cultiva “pelillo”, es el embancamiento de su pradera. Esto ocurre con frecuencia en áreas con alta dinámica de corrientes y sometidas a fuertes vientos, y donde el litoral esté formado por terrazas fluviales, que al ser erosionadas por el oleaje, el sustrato desprendido se deposita en el fondo marino en donde está la pradera de “pelillo”. Esto causa enterramiento de los talos y la consecuente pérdida de oportunidad de cosecha del alga, lo que obliga a los acuicultores a esperar un posible desembancamiento y recuperación de la pradera. La dinámica del sustrato también tiene consecuencias desfavorables cuando el acuicultor siembra su pradera y, producto del desembancamiento, ocurre la salida de la arena de ese lugar. Si el sembrado directo no fue adecuado, toda el alga sembrada puede desprenderse, lo que trae como consecuencia la pérdida del alga y la inversión por compra de la semilla.

En las actividades experimentales se demostró que los morfotipos presentan un ciclo de crecimiento delimitado entre fines de primavera y verano, con un período de máxima producción de biomasa entre diciembre y enero. Tanto el ciclo de crecimiento como la producción máxima de biomasa muestran fluctuaciones en el período estudiado y es consecuencia del morfotipo que se cultiva y del ambiente. En este ciclo de crecimiento se puede determinar una biomasa mínima que generalmente se observa en los meses de invierno y una biomasa máxima en los meses de verano. El valor de biomasa mínima de invierno resulta crucial para propósitos de cosecha de biomasa de “pelillo”, puesto que corresponde a la cantidad de biomasa remanente que se debe dejar y no cosechar, para que en el ciclo de crecimiento del siguiente año, genere la producción de biomasa deseable a cosechar y comercializar. Actualmente en los centros, cada año se renueva la biomasa por trasplante de cualquier biomasa de “pelillo”, e incluso del propio plantel que generalmente ha sido sometido a cosecha intensiva por lo tanto la respuesta en la generación de biomasa es más lenta obteniéndose menor producción.

En las actividades experimentales, se demostró también que este ciclo de crecimiento puede ser intervenido por cosecha, en nuestro caso mensual, sin intervenir

el proceso de producción de biomasa de “pelillo”, lográndose con las cosechas mensuales un incremento en la obtención final de biomasa comparado con cosecha realizada al término del ciclo de crecimiento. Las cosechas se deben realizar en el período de crecimiento del pelillo e interrumpir en otoño e invierno, si esto no fuera posible se debe cuidar de extraer con una frecuencia tal que solo se saque el excedente productivo de ese período dejando el valor basal mínimo de invierno. Esta información resulta de suma importancia para propósitos de mejorar la producción de “pelillo”, ya que además de incorporar talos de morfotipos adecuados al ambiente marino o estuarino en donde está situado el centro, el determinar su ciclo de crecimiento y principalmente los valores de mínima biomasa, permitirán realizar una cosecha adecuada y un plan de manejo que sustente e incremente la actividad productiva del centro.

La experiencia obtenida con el desarrollo del proyecto, en los diferentes centros de cultivo de “pelillo” en la X Región, podemos decir que las fluctuaciones en la producción de los centros de cultivo, son consecuencia de la calidad del “pelillo” que los acuicultores usan para iniciar su actividad productiva. Sumado a esto tal vez lo más importante una vez establecida su pradera, no obtienen la información del ciclo de crecimiento de su alga, sino que inmediatamente inician la cosecha y de acuerdo a la demanda existente, cosecharán en cualquier período del año. Esta forma de explotar el recurso en sus centros, sin tener en consideración de dejar una biomasa remanente mínima para asegurar su producción en el mes siguiente, así como también no contemplar que al menos un 10 % de la producción se destine a replantar las áreas despobladas por la propia actividad de cosecha, ha tenido como consecuencia en el corto plazo una baja considerable en la producción de la pradera y en la mayoría de los casos deben iniciar el sembrado de nuevo, con las inversiones que ello conlleva. La calidad de la biomasa de “pelillo” para iniciar un plantel productivo, determinar su ciclo de crecimiento anual, a fin de conocer la máxima biomasa estacional y la biomasa mínima de invierno, así como la forma y periodicidad de la cosecha del alga, son antecedentes de relevancia a la hora de mantener un centro productivo de “pelillo”.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alveal, K. 1986. Fragilidad y estrategia de perduración de *Gracilaria*. Estudios Oceanológicos. 5: 27-58.
- Alveal, K., H. Romo, C. Werlinger y M. Núñez. 1994. Uso de esporas como alternativa de propagación masiva de macroalgas. Rev. Investig. Cient. Tecnol., Ser. Cienc. 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. 1998. The Seaweed Resources of Chile. In Alan T. Critchley & Masao Ohno (Eds). Seaweed Resources of the World. pp. 347-363.
- Ávila, M., H. Cortés y A. Valenzuela. 1999. Cultivadores ribereños del sector de Changüé-Comuna de Maullín. CORFO-PROFO- SERCOTEC X Región. 20pp.+Anexos.
- Barrales, H. & A. Pizarro. 1984. Prefactibilidad técnica del cultivo controlado del alga *Gracilaria* sp., II Parte. Convenio Universidad de Concepción SERPLAC II Región. Informe 213 pp.
- Barrientos, E. y A. Candia. 1987. Rendimiento y fuerza de gel del agar obtenido en morfotipos de *Gracilaria* Greville, presentes en la bahía de San Vicente, Chile. Libro Resumen III Simposio Sobre Algas Marinas Chilenas, pág. 13.
- Bird, C.J., J. McLachlan & E.C Oliveira. 1986. *Gracilaria chilensis* sp. nov. (Rhodophyta, Gigartinales), from Pacific South America. Canadian Journal Botany, 64: 2928-34.
- Buschmann, A., A. Küschel, P. Vergara & J. Schulz. 1992. Intertidal *Gracilaria* farming in southern Chile: differences of the algal provenience. Aquatic Botany, 42: 327-337.
- Buschmann, A.H. & P. Gómez. 1993. Interaction mechanisms between *Gracilaria chilensis* (Rhodophyta) and epiphytes. Hydrobiologia, 260/261: 345-351.
- Buschmann, A.H., O.A. Mora, P. Gómez, M. Böttger, S. Buitano, C. Retamales, P.A. Vergara, & A. Gutiérrez. 1994. *Gracilaria chilensis* outdoor tank cultivation in Chile: use of land-based salmon culture effluents. Aquaculture Engineering. 13: 283-300.
- Buschmann, A., R. Westermeier & C. Retamales. 1995. Cultivation of *Gracilaria* in the sea-bottom in southern Chile. Journal of Applied Phycology. 7: 291-301.
- Buschmann, A.H., C.A. Retamales & C. Figueroa. 1997. Ceramialean epiphytism in an intertidal *Gracilaria chilensis* (Rhodophyta) bed in southern Chile. Journal of Applied Phycology. 9: 129-135.
- Candia, A. 1988. Ciclo reproductivo in vitro de dos poblaciones de *Gracilaria* Greville (Rhodophyta, Gracilariaceae) de Lenga, Ba. San Vicente. Gayana Botánica: 357-364
- Candia, A., M. González, R. Montoya, P. Gómez & W. Nelson. 1999. Comparisons of ITS RFLP pattern of *Gracilaria* (Rhodophyceae, Gracilariales) populations from Chile and New Zealand and an examination of interfertility of Chilean morphotypes. Journal of Applied Phycology 11: 185-193.
- Cohen, S., S. Faugeron, E.A. Martínez, J.A. Correa, F. Virad, Ch. Destombe, M. Valero. 2004. Molecular Identification of two sibling species under the name *Gracilaria chilensis* (Rhodophyta, Gracilariales), Journal of Phycology. 40 : 742-747.
- CORFO, 1989. Evaluación de sistemas de cultivos. En Investigación, desarrollo, cultivos y uso industrial de algas *Gracilaria*. CORFO-IFOP. AP 89/2b. 223 pp.
- Correa, J. & V. Flores. 1995. Whitening, thallus decay and fragmentation in *Gracilaria chilensis* associated whit an endophytic amoeba. Journal of Applied Phycology. 7:421-425.
- Dellarossa, V. 1974. Estudios ecológicos sobre *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss; 1950. En Bahía San Vicente y Bahía Dichato, Chile. Tesis Universidad de Concepción 108 pp.
- Doty, M & J. Fisher. 1987. Experimental culture of seaweed (*Gracilaria* sp) in Penang, Malasia. Bay of Bengal Programme. Development of Small-Scale Fisheries. FAO. BOBP/WP/52. pp41.
- ESPES LTDA. 1980. Distribución geográfica de las algas del género *Gracilaria*, en la Isla Santa María (Golfo de Arauco). Informe efectuado para SERPLAC VIII región, Chile, 116 pp.
- FAO. 2006. FISHSTAT Plus: Universal softwares statistical time series. Version 2.3 2000. Fisheries Departament, Fishery Information, Data and Statistic Unit. FAO, ROMA.
- Fletcher, R.L. 1995. Epiphytism and fouling in *Gracilaria* cultivation: an overview. Journal of Applied Phycology. 7: 325-333.
- Glenn, E., D. Moore, C. Machado, K. Fitzsimmons & S. Menke. 1996. Atlas of *Gracilaria* spore culture. Library of Congress Catalog Card Number: 95-83931. National Coastal Research and Development Institute. 33pp
- González, M. A., H. Barrales, A. Candia & L. Cid. 1993. Spatial and temporal distribution of dominant epiphytes on *Gracilaria* from a natural subtidal bed in central-southern Chile. Aquaculture. 116: 135-148.

- González, M., R. Montoya & A. Candia. 1995. Organellar DNA restriction análisis of four morphotypes of *Gracilaria* from Lenga, VIIIth Region, Chile. *Biological Research*. 28:177-184.
- Hoffmann, A. & B. Santelices. 1997. *Flora Marina de Chile Central*. Ediciones Universidad Católica de Chile. 434 pp.
- Infante, R & A. Candia. 1988 Cultivo de *Gracilaria verrucosa* (Hud.) Papenfuss e *Iridaea ciliata* Kutzing (Rhodophyta, Gigartinales), en laboratorio: Esporulación inducida y colonización de carpósporas en diferentes sustratos *Gayana Bot.* 45 (1-4): 297-304.
- IFOP. 2005. Boletín de Exportaciones Pesqueras de Chile. Rubro Algas y Derivados. (Informativo mensual).
- Jara, F. 1990. Epidemic outbreaks of herbivorous annelid worms (Polychaeta:Nereididae) in the south of Chile. *Medio Ambiente*. 11: 65-75.
- Küschel, F.A. & A.H. Buschmann. 1991. Abundance, effects and management of epiphytism in intertidal cultures of *Gracilaria* (Rhodophyta) in southern Chile. *Aquaculture*. 92: 7-19.
- Leonardi, P.I., A.B Miravalles, S. Faugeton, V. Flores, J. Beltrán & J.A. Correa. 2006. Diversity, phenomenology and epidemiology of epiphytism in farmed *Gracilaria chilensis* (Rhodophyta) in northern Chile. *European Journal of Phycology*. 41 (2): 247-257.
- Matamala, M. & M. Sanhueza. 1988. Situación del recurso *Gracilaria* (Rhodophyta, Gigartinales) en Quempillén, Chiloé - X Región. *Gayana Botánica*. 45 (1-4) 423-429.
- Meneses, I. 1996. Assessment of population of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) utilizing RAPDs. *Journal of Applied Phycology*, 8: 185-192.
- Nelson, W.A., E. Villouta, K.F. Neill, G.C. Williams, N.M. Adams & R. Slivsgaard. 2002. *Marine Macroalgae of Fjorland, New Zealand*. *Tuhinga*. 13: 117-152.
- 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. & I. Inostroza 1987. Management of a *Gracilaria* natural bed in Lenga, Chile: A case study. *Hidrobiología*. 151/152: 307-311.
- Poblete, A., A. Candia y C. Veloso. 1991. Dinámica de producción de una pradera natural de *Gracilaria* Greville, sometida a un plan de manejo. *Revista Chilena de Historia Natural*. 64: 335-342.
- Ramírez, M.E. & B. Santelices. 1991. Catálogo de las algas marinas bentónicas de la costa temperada del pacífico de Sudamérica. *Monografías Biológicas*. N° 5. 437 pp.
- Retamales, C.A. & A.H. Buschmann. 1996. *Gracilaria-Mytilus* interaction on a commercial algal farm in Chile. *Hidrobiología*. 326/327: 355-359.
- Romo, H. y K. Alveal. 1979. Estudios poblacionales en la pradera de *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss de la Isla de los Reyes, Bahía de Concepción. *Cienc. y Téc. del Mar CONA* 4: 15-26.
- Santelices, B. y E. Fonck. 1979. Ecología y cultivo de *Gracilaria lamanaeformis* en Chile central. En B. Santelices (Ed.). *Actas Primer Symposium sobre Algas Marinas Chilenas*. Subsecretaría de Pesca, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Santiago, Chile. pp. 165-200.
- Santelices, B., J. Vásquez, U. Ohme & E. Fonck. 1984. Managing wild crops of *Gracilaria* in central Chile. *Hidrobiología*. 116/117: 77-89.
- Santelices, B. & M.S. Doty. 1989. A Review of *Gracilaria* farming. *Aquaculture*. 78 (2):95-133.
- Sernapesca. 1990-2005. Anuario Estadístico de Pesca. www.sernapesca.cl.
- Westermeier, R., P. J. Rivera y I. Gómez. 1991. Cultivo de *Gracilaria chilensis* Bird, McLachlan y Oliveira, en la zona intermareal y submareal del estuario Cariquilda, Maullín, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 64:307-321.

GLOSARIO

Adventicio: se dice de una estructura que no se forma a partir de un sitio original o común.

Agar: es un polisacárido que se encuentra en las paredes celulares, y es extraído de las algas rojas agarófitas (Rhodophyta). En el comercio se encuentra en forma de polvo, escamas, bloques rectangulares y haces de tiras delgadas.

Agarófita: alga de la cual se extrae el agar (Rhodophyta).

Alga seca: producto total obtenido en la deshidratación natural o artificial de las algas. El grado de humedad oscila entre 10 -18 %.

Ápice: extremo distal en el talo del alga.

Bastidores: marco construido con tubos de PVC donde se enrollan las cuerdas (perlón, polipropileno, polietileno) que serán utilizadas como sustrato para la fijación de esporas.

Batimetría: medida y cálculo de la profundidad de los cuerpos de agua.

Biomasa: es el peso total vivo de una muestra de algas o de alguna fracción definida de ella (por ej. algas reproductivas) en un área y en un tiempo determinado.

Biotechnológico: aplicación tecnológica que utiliza sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos en usos específicos.

Buceo "hooka": tipo de buceo no autónomo, en donde al buzo se le suministra aire a través de mangueras, reguladores y compresores.

Carpogonio: célula sexual femenina en algas rojas (Rhodophyta) que contiene el huevo o gameto femenino.

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

Carpoesporangio: estructura reproductiva del carpoesporofito que produce carpoesporas.

Carpoesporofito: fase multicelular en el ciclo de vida de algas rojas, que resulta del desarrollo del cigoto y termina en la formación de carpoesporas.

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

Cistocarpos: cuerpo reproductivo de algas rojas que contiene al carpoesporofito, que una vez maduro libera carpoesporas.

Colagar: producto intermedio derivado de las algas rojas obtenido por procedimientos industriales, que se utilizan en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmetológica.

Concesión: es una porción de playa o una porción de fondo marino (incluyendo la columna de agua sobre él) que se entrega por tiempo indefinido para realizar actividades de cultivo de algas.

Cosecha: acción de extraer la producción de "pelillo" desde los centros de cultivos.

Desembarque: peso del "pelillo" llevado a tierra.

Crecimiento: proceso natural de aumento de longitud o biomasa del "pelillo"

Endófito: organismo vegetal que vive en el interior de otro organismo vegetal.

Envejecimiento (en talos de pelillo): deterioro prematuro de los talos, debido por ejemplo a un mal manejo en la cosecha.

Epífito: es un organismo vegetal que crece en o sobre una planta, pero no obtiene nutrientes desde sus hospederos.

Especie: grupo de organismos con ancestro común que tienen características comunes, que son capaces de reproducirse sólo entre ellos para producir descendencia fértil y que habitualmente se ubican en lugares geográficos particulares.

Espermacio: célula reproductiva masculina de algas rojas inmóvil y sin flagelo.

Espermatangios: órgano reproductor masculino, formador de espermacios.

Espora: célula reproductiva asexual en las algas.

Ficocoloide: carbohidrato obtenido desde las paredes celulares de las macroalgas de importancia económica.

Fotoperiodo: duración de las horas de luz en un ciclo de 24 horas.

Fuerza de Gel: es la presión que resiste el gel obtenido de *Gracilaria* a una concentración de 1,5% en peso durante 20 segundos a 20°C. Se expresa en gcm-2.

Gametofito: talos que corresponden a la fase del ciclo de vida que produce gametos. En el ciclo de vida de algas rojas corresponde a una fase reproductiva, generalmente haploide.

Gelificación: es una de las etapas del proceso productivo para la obtención de agar, en que se pasa de la fase líquida

a la fase semi-sólida. El objetivo de esta etapa es obtener la consistencia de gel.

Gualato: herramienta para plantar en forma directa el alga ("pelillo"), similar al azadón.

Hábitat: espacio físico ocupado por una especie.

Hábito: forma del talo del alga.

Herbivoría: relación trófica en donde ciertos organismos animales ingieren organismos vegetales.

Isomórfico: Ciclo de vida que consta de dos generaciones de igual morfología y que difieren por su complemento cromosómico o tipo de reproducción.

Intermareal: Zona costera entre la bajamar y la pleamar comunes.

Meristema: célula o grupo de células que se dividen activamente e inician el crecimiento. Meristema apical, generalmente se dice cuando es una sola célula que se divide activamente. Meristema intercalar, grupos de células que se dividen en las tres dimensiones del espacio y se ubican entre el ápice y la base del talo.

Meiosis: división celular reductiva en la que el número de cromosomas queda reducido a la mitad. Las células producto de esta división presentan un número haploide de cromosomas

Morfotipo: Hábito del "pelillo" (forma, color y/o talla) típica de una población. Véase también la definición de Hábito.

Producción: Se trata de la diferencia entre la biomasa al final del período y la biomasa al comienzo del mismo período. Se puede medir en términos de peso húmedo, peso seco, contenido de nitrógeno o contenido energético.

Productividad: producción de biomasa de "pelillo" dentro de un período acotado de tiempo. Puede entenderse también como la velocidad de producción de "pelillo".

Proliferación: porciones nuevas del talo que se forman a partir del borde de la superficie o de la base de un talo.

Ramificación: proceso natural en donde se originan nuevos talos a partir de un eje principal.

Regeneración: capacidad de un tejido o trozo de alga de cicatrizar una parte dañada o cortada y formar nuevo tejido.

Rendimiento de agar /Rendimiento de gel: es la cantidad final de agar obtenida desde muestras secas de "pelillo", las que son sometidas a un proceso industrial. El rendimiento se expresa en %.

Simpodial: tipo de crecimiento en que el eje principal pasa a ser ramificación.

Sobreexplotación: extracción de un recurso natural a una tasa superior a la de regeneración, lo que puede conducir al agotamiento del recurso.

Submareal: ubicado en el litoral, por debajo del nivel de las baja mareas ordinarias.

Talo: Cuerpo vegetativo de las plantas no vasculares.

Tetraesporas: espora producida por un tetrasporangio en la mayoría de las algas rojas.

Tetrasporangios: esporangio o estructura que produce 4 esporas en las algas rojas usualmente por meiosis.

Tetraesporofito: talo de algas rojas que corresponde a una fase del ciclo de vida de algas rojas y que produce las tetraesporas.

Vegetativo: forma de propagación en macroalgas, en donde una porción de talo puede generar nuevas ramificaciones.

Yemas: porción apical de un talo o ramificación que crece por acción de un meristema apical.