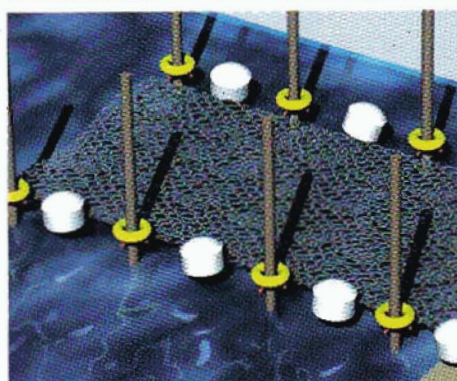


Manual de Técnicas de Cultivo de "Luche" (*Porphyra* Sp.)



Proyecto:
Desarrollo del Cultivo
de *Porphyra* ("Luche")
en la Décima Región

Proyecto FONDEF D01 I 1148



GOBIERNO DE CHILE
CONICYT
FONDEF



GOBIERNO DE CHILE
CONICYT
COMISION NACIONAL DE
INVESTIGACION CIENTIFICA
TECNOLOGICA

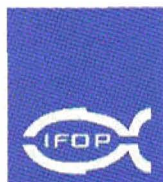


Instituto de
Fomento Pesquero
División
Investigación
en Acuicultura

MANUAL DE TÉCNICAS DE CULTIVO DE "LUCHE" (*PORPHYRA* SP.)

Proyecto:

Desarrollo del cultivo de *Porphyra* ("Luche")
En la Décima Región



FONDEF D01 I 1184

Instituto de Fomento Pesquero

División de Investigación Acuícola



GOBIERNO DE CHILE
CONICYT
FONDEF

Autores

⁽¹⁾Héctor Romo, ⁽²⁾Marcela Ávila, ⁽²⁾Arturo Candia,
⁽²⁾Mario Núñez,

⁽²⁾Carolina Oyarzo, ⁽²⁾Francisco Galleguillos &
⁽²⁾Julián Cáceres

⁽¹⁾Universidad de Concepción



GOBIERNO DE CHILE
CONICYT
COMISION NACIONAL DE
INVESTIGACION CIENTIFICA
TECNOLOGICA

Colaboradores

Gesica Aroca, Karla Castro, Raúl Sepúlveda & Raúl Ruiz

Instituto Fomento Pesquero

Diseño Gráfico: Mathias Rée

Producción: ComSur Osorno Ediciones

Impresión: Printus Osorno

Este documento debe ser citado como:

Romo, Ávila, Candia, Núñez, Oyarzo, Galleguillos,
Cáceres. 2005. Manual de técnicas de cultivo de
"Luche" (*Porphyra* sp.). Proyecto FONDEF D01 I
1148, IFOP, 32 pp.

MMV Instituto Fomento Pesquero
Registro de Propiedad Intelectual.

Prefacio

América Latina ha regalado al resto de la humanidad, desde la época de la colonización ibérica, una enorme riqueza en vegetales alimenticios los cuales fueron rápidamente adoptados y aclimatados para producirlos en sus tierras por hispanos y portugueses. Es así como la papa, el camote, el maíz, la palta y el tomate e innumerables plantas comestibles se extendieron por el mundo alcanzando a todos los continentes. Pero las algas marinas, que en América precolombina y particularmente en Chile constituyeron un importante ítem alimenticio, no tuvieron el mismo destino y su uso quedó restringido localmente a poblaciones costeras y específicamente en Perú y Chile. Esta situación contrasta con los países ribereños de Asia Pacífico, donde su uso se ha mantenido durante tiempos inmemoriales. En dichos países se inventó la maricultura y hoy en día los cultivos de algas marinas entre los que destaca el cultivo de variadas especies de *Porphyra* constituyen una actividad económica y social muy importante para vastas áreas de países costeros del este de Asia.

Si bien es cierto que en Chile no es razonable pensar en promover el consumo nacional de luche que justifique su cultivo a escala industrial, sí es posible que la producción de algunas especies de *Porphyra* que cumplan con las exigencias de calidad del mercado asiático puedan sostener cultivos interesantes, tanto desde el punto de vista de rentabilidad, como de demanda de mano de obra local.

La Décima Región, desde el Canal de Chacao y extendiéndose por todo el ecosistema insular, probablemente hasta la Duodécima Región, con abundancia de lugares de aguas tranquilas y propicios para el cultivo y la inmejorable calidad de sus aguas en términos de elementos naturales nutritivos y ausencia de contaminación, posee todas las condiciones ambientales para el desarrollo y éxito de esta actividad.

El presente manual fue generado principalmente en base a los hallazgos y metodologías ensayadas en el Proyecto FONDEF D01 I 1148 "Desarrollo del Cultivo de *Porphyra* ("Luche") en la Décima Región", ejecutado por el Instituto de Fomento Pesquero entre los años 2001 y 2005 y que contó con el apoyo de cuatro empresas relacionadas con la explotación de algas marinas y que están interesadas en desarrollar el cultivo industrial del luche. Esta obra está dedicada a empresas privadas, agrupaciones de pescadores artesanales, cultivadores de otros recursos marinos, estudiantes de universidades, institutos de formación técnica y profesional que cuenten con asignaturas de formación en actividades de explotación y manejo de recursos marinos y a todos los profesionales y técnicos interesados en explorar nuevas posibilidades de desarrollo y diversificación en la acuicultura enfocada, en este caso a un mercado presente en oriente con un altísimo nivel de consumo y de alto precio.

Puerto Montt, 2005

Marcela Ávila & Héctor Romo

Índice

Prefacio	4
1. Introducción	6
2. Biología y Ecología	
2.1 Clasificación taxonómica	7
2.1.2 Descripción:	8
2.1.3.Distribución vertical	10
2.2. Aprovechamiento de las adaptaciones ecológicas para el cultivo	
2.2.1 Fase Conchocelis	10
2.2.2. Resistencia a la desecación	10
2.2.3 Tolerancia a la baja en salinidad	11
2.2.4 Resistencia a la congelación	11
2.2.5 Ciclo de vida	12
3. Importancia Económica	
3.1. Usos en la antigüedad.	14
3.2. Importancia actual.	14
3.3. Requerimientos del producto para su aceptación en el mercado asiático	15
4. El cultivo	17
4.1. Cultivo en invernadero	18
4.2. Producción de Conchocelis	18
4.2.1. Siembra de cigotosporas en invernadero	19
4.2.2. Siembra de Cigotosporas en el mar	19
4.2.3. Crecimiento de conchocelis	19
4.3. Crecimiento del luche en el mar	
4.3.1. Sistemas de cultivo fijo	20
4.3.2. Sistemas de cultivo semiflotante	20
4.3.3. Sistemas de cultivo flotante	21
4.3.4. Crecimiento de luche	22
4.3.5. La cosecha	22
5. La manufactura del Hoshi-nori	23
6. El Futuro	233
7. Glosario	24
8. Agradecimientos	28
9. Referencias	28



Fig. 1. *Porphyra columbina*, la especie más común de luce en Chile.

1. Introducción

Entre las más de 400 especies de algas marinas reconocidas para la costa de Chile, solamente dos de ellas: la Phaeophyta *Durvillaea* o "Cochayuyo" y la Rhodophyta *Porphyra* o "Luche" son consumidas con cierta frecuencia por la población. Esta es una costumbre heredada de las poblaciones aborígenes de lafquenchos y huilliches costeros, localizados al sur del Río Bio Bio los primeros y en el Archipiélago de Chiloé los segundos quienes las usaban como alimento y por lo tanto también como elementos de trueque con sus vecinos mapuches del valle central y pehuenches de la Cordillera de los Andes (Masuda, 1988). Este tráfico de algas debe tener antecedentes en la prehistoria de acuerdo a las crónicas hispánicas del padre Alonso de Ovalle y del capitán español Francisco Núñez de Pineda y Bascuñán (Aldunate & Villagrán, 1992). Hacia el norte de Chile, Latcham (1910) reporta que hay registros del consumo de dos o tres especies de algas por parte de los changos ubicados en la costa entre la I y IV regiones, aunque sin identificar de qué especies se trataba. Por último, los aborígenes canoeros tales como los chonos, alacalufes y otros pueblos de más al sur probablemente también incluyeron algas en su alimentación aunque no existen referencias precisas.

Sin embargo, y a pesar que su uso persiste hasta hoy, el luce no es un ítem alimenticio común o rutinario en la cocina chilena; solamente las ciudades y pueblos costeros entre la V Región y la X Región lo consumen con cierta fre-

cuencia aumentando su uso especialmente en las islas del archipiélago de Chiloé y en general en la X Región.

Este uso contrasta con la tradición de los pueblos del este de Asia, donde en Japón, China y Corea, otros países ribereños del Océano Pacífico han conservado su uso y lo han popularizado, siendo en la actualidad un alimento común y de amplio consumo diario. El uso menguado de este alimento en Chile y en general en los países occidentales que lo consumen y su contraste con el consumo en oriente se debe a la perduración tradiciones milenarias en las culturas de los diversos países asiáticos. En cambio en Occidente, después del reemplazo de las culturas prehistóricas por las históricas locales y por último por la influencia de la cultura greco-romana, ha significado un alejamiento de las prácticas ancestrales del uso de *Porphyra* tanto en los países anglosajones europeos donde se le conoce como "laver", y en Nueva Zelanda donde la población maorí conservó su uso en la alimentación bajo su nombre aborigen "karengo". En este último caso bajo el término genérico de karengo se incluyen varias especies entre las que destaca *Porphyra columbina* (Fig 1.) la cual también es la principal especie de "luce" en Chile.

A pesar de ser una de las dos especies de macroalgas comestibles en Chile, sólo alguna información básica acerca de su cultivo se ha generado en el país. En 1977, Etcheverry & Collantes describieron por primera vez el ciclo de vida de esta especie y la regulación del ciclo mediante el

fotoperíodo y la temperatura fue estudiado por Avila *et al.* (1986).

Estudios de la fase conchocelis en terreno e *in vitro* han sido descritos por Matamala *et al.* (1985) y estudios sobre abundancia mensual sobre cirripedios intermareales y ensayos de herbivoría sobre ella fueron reportados por Romo & Navarrete (1988). En relación a las poblaciones naturales el ciclo de abundancia de la fase gametofítica (la forma laminar de la especie) para la zona central de Chile se reporta en Romo & Navarrete (1988) donde se indica que esta fase inicia su ciclo en otoño y termina a fines de primavera o comienzo de verano, quedando el resto del tiempo sólo bajo la forma de conchocelis en las poblaciones de cirripedios y moluscos costeros. El cultivo de conchocelis en laboratorio y ensayos preliminares de crecimiento de frondas en terreno fueron descritos por Seguel & Santelices (1988).

Manipulaciones de gametofitos en terreno tendientes a establecer bases para la cosecha de esta fase foliosa han sido descritas por Santelices & Avila (1986) y en la que se indica la capacidad regenerativa de la parte basal de las frondas.

2. Biología y Ecología

2.1. Clasificación taxonómica

Las especies de *Porphyra* chilenas, en general, son poco conocidas y de ellas sólo 5 especies habían sido citadas hasta la década de los 90 para Chile. Estudios recientes elevan su número a 12 o 13 especies. En la Tabla 1 se muestra la ubicación taxonómica del género y las especies que han sido citadas en la literatura para Chile están referidas en la Tabla 2.

Tabla 1. Posición taxonómica del género *Porphyra*

División	:	Rhodophyta
Clase	:	Bangiophyceae
Subclase	:	Bangiophycidae
Orden	:	Bangiales
Familia	:	Bangiaceae
Género	:	<i>Porphyra</i>

Tabla 2. Especies de *Porphyra* citadas para Chile

Especie	Ubicación mareal	Tipo de sustrato	Autores
<i>Porphyra capensis</i>	Intermareal medio	Epilítica	(1) (4) (6)
<i>Porphyra columbina</i>	Intermareal superior	Epilítica	(1) (2) (4) (6)
<i>Porphyra miniata</i>	Intermareal medio	Epilítica	(1) (4) (6)
<i>Porphyra umbilicalis</i>	Intermareal	Epilítica	(4) (6)
<i>Porphyra woolhousiae</i>	Inter. bajo ⁽¹⁾ /submareal ^(5,)	Epilítica ⁽¹⁾ /epífita ⁽⁵⁾	(1) (4) (5) (6) (7)
<i>Porphyra linearis</i>	Intermareal bajo	Epilítica	(1) (2)
<i>Porphyra pseudolinearis</i>	Intermareal bajo	Epilítica	(1) (2)
<i>Porphyra pseudolanceolata</i>	Intermareal	Epilítica	(2)
<i>Porphyra lanceolata</i>	Intermareal bajo	Epilítica	(1)
<i>Porphyra torta</i>	Intermareal alto	Epilítica	(1)
<i>Porphyra thuretii</i>	Intermareal medio	Epilítica	(1)
<i>Porphyra</i> sp. 1	Submareal	Epífita	(2) (3)
<i>Porphyra</i> sp. 2		Epilítica	(2)

⁽¹⁾González & Santelices (2003); ⁽²⁾Candia (2001); ⁽³⁾Candia *et al.* 1999; ⁽⁴⁾Ramírez & Santelices (1991), ⁽⁵⁾Harvey (1863); ⁽⁶⁾Levring (1960); ⁽⁷⁾Avila *et al.* (1982).



Fig2. Morfología de distintas especies de *Porphyra*:
a) Forma en roseta.
b) Forma alargada
c) Transición desde formas alargadas a formas intermedias.

2.1.2. Descripción (Fig. 2)

Las especies del género *Porphyra* chilenas se caracterizan por presentar dos tipos de morfología según la etapa del ciclo de vida a que pertenezca el ejemplar. Los talos gametofitos presentan frondas de morfología laminar monostromática en sus partes vegetativas basales y centrales y multiestromáticas en sus zonas reproductivas. Disco de fijación pequeño, formado por células con procesos rizoídales alargados que se desarrollan en toda la zona cercana a la base del talo y que se fusionan para fijar a éste al sustrato. Las células vegetativas son uninucleadas con cloroplastos estrellados y con uno o dos pirenoides (Abbot & Hollenberg, 1976).

Según las distintas especies, éstas presentan frondas que van desde una formas circulares o en roseta a formas alargadas y combinaciones de éstas (Fig. 2). Las frondas pueden ser lisas o presentar corrugaciones en los márgenes que le confieren aspecto ondulado en estado natural y plegado cuando están adheridas a la hoja de herbario. Según la especie que se trate, las frondas en su madurez pueden ser monoicas o dioicas y las zonas reproductivas siempre están situadas en los márgenes. Los espermatangios de color claro se presentan en “paquetes” de 32-64 (128) espermácios (Abbot & Hollenberg, 1976) como se observa

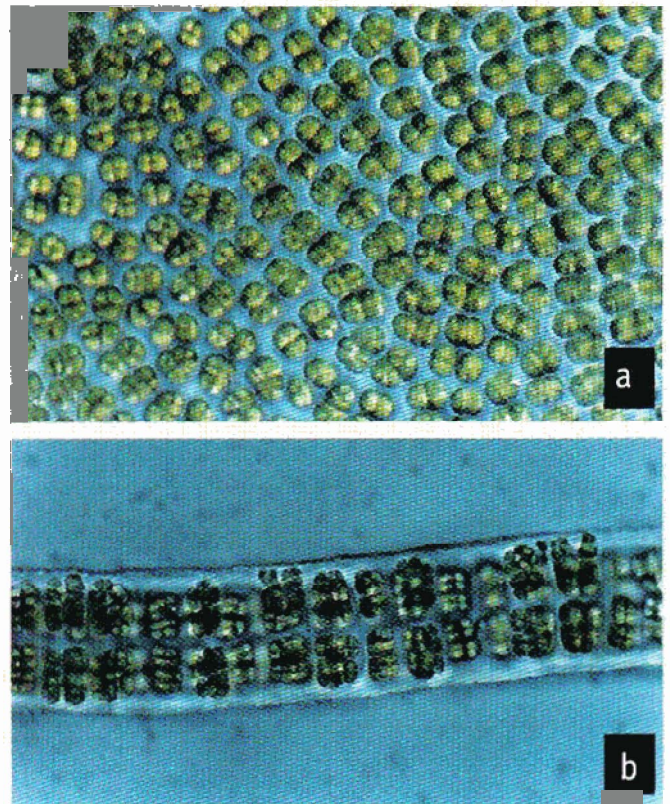


Fig.3. Estructuras masculinas de *Porphyra*. (a) Espermatangios en vista superior. (b) Espermatangios en sección transversal.

en la Fig. 3 y los cigotosporangios (o también carposporangios) en "paquetes" de 8-64 cigotosporas (Fig. 4). Estas estructuras reproductivas revelan el aspecto multiestromático de estas zonas de la fronda en sección transversal.

Los esporofitos filamentosos fueron descubiertos por Drew (1949) al efectuar cultivos experimentales de cigotosporas (antiguamente llamadas carposporas) de la especie británica *Porphyra umbilicalis* y demostró que dichos filamentos correspondían al género *Conchocelis* y a la especie *Conchocelis rosae* que había sido descrito 50 años antes por Batters (1898) como un nuevo género de alga perforante de las conchas de moluscos.

Los talos de la fase "conchocelis" (asexuada) germinan y su desarrollo siempre ocurre perforando y fabricando galerías que excavan en las primeras capas superiores de las conchas de moluscos (Fig. 5). En su madurez desarrollan órganos reproductivos, con varias células alineadas, y de paredes más engrosadas que los filamentos vegetativos, llamados conchosporangios (Fig. 5) los que al liberar las esporas (cigotosporas) de la concha generan nuevos talos gametofitos laminares, macroscópicos (el luche).

Aunque su hábitat natural es el sustrato calcáreo, también se pueden reproducir *in vitro* por fragmentación y también madurar y liberar las cigotosporas (Fig.5).

De las especies mencionadas para Chile en la Tabla 2, la más común en Chile corresponde a *Porphyra columbina* Montagne, pero a las demás hay que agregar por lo menos 3 especies cuya identificación no está aun aclarada y hoy se mencionan como "morfos" en la literatura especializada. En la Fig. 2 se muestran algunas de estas especies, todas las cuales, o mezclas de ellas probablemente se preparan como luche en la cocina popular.

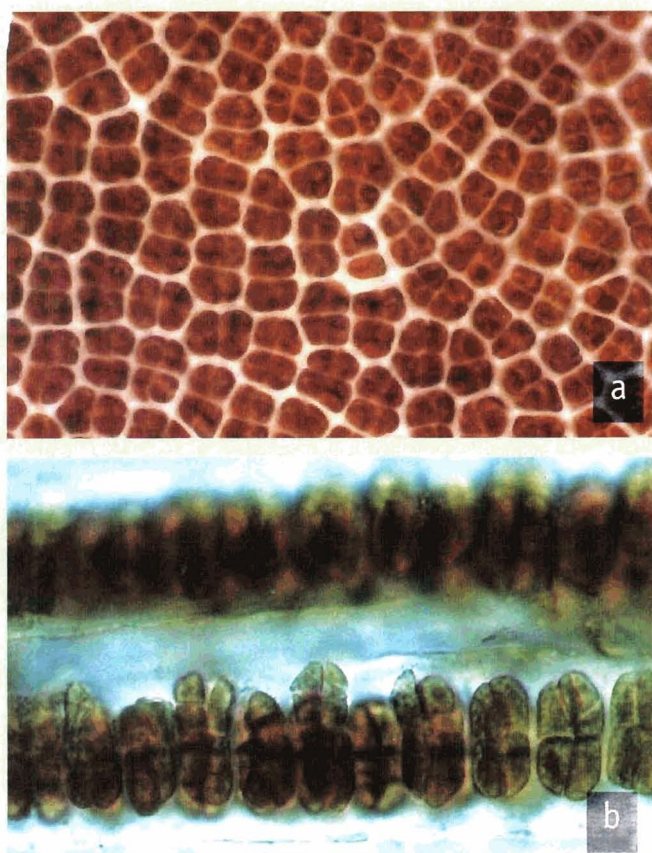


Fig. 4. Estructuras femeninas fecundadas de *Porphyra*. (a) Cigotosporangios en vista superior. (b) Cigotosporangios en sección transversal.



Fig. 5. Fase conchocelis. (a) Conchocelis en desarrollo. (b) Conchosporangios maduros, (c) Conchocelis cultivado in vitro.

2.1.3 Distribución vertical

El género *Porphyra* es cosmopolita y está representado desde latitudes ecuatoriales hasta las regiones polares. La mayor parte de las poblaciones de gametofitos de especies chilenas son estrictamente intermareales y algunas de ellas dominan el hábitat de la zona intermareal superior (Fig. 6), aunque por ser especies oportunistas a veces sus



Fig. 6. Población de *Porphyra* en su hábitat en la zona superior del intermareal.

respectivas distribuciones verticales pueden extenderse a posiciones más extremas si las esporas logran ocupar un sustrato libre en niveles no habituales para el resto de la población. Entre las especies citadas en la Tabla 2 tanto *Porphyra* sp.1 como *Porphyra woolhousiae* fueron primeramente encontradas en niveles submareales, epifitando a *Gracilaria*, *Grateloupia* y *Mazzaella* por parte de *Porphyra* sp.1 y a los estipes de *Macrocystis* (Harvey, 1863) en el caso de *P. woolhousiae*. Esta última ha sido mencionada además para la Región de Valparaíso pero en niveles intermareales altos por González & Santelices (2003). A nuestro entender, adaptaciones tan extremas como los hábitats submareales reportados por Harvey (1863) y Ávila *et al.* (1982) y los intermareales altos citados para la costa de Valparaíso son difíciles de homologar por lo que sería dudosa la conespecificidad de ambos tipos de registros.

2.2 Aprovechamiento de las adaptaciones ecológicas para el cultivo

2.2.1 Fase conchocelis

La fase asexual conchocelis de *Porphyra*, la cual en forma natural y ahora en forma artificial se desarrolla en conchas de moluscos, constituye la adaptación ecológica más importante en el desarrollo del cultivo de especies comerciales de este género (Fig. 7) y su descubrimiento por Drew en 1949 ha sido la más importante aplicación práctica de un aspecto de la biología básica de una macroalga de cultivo (Fig. 7). La posibilidad de manejar a gran escala conchocelis de *Porphyra* en invernaderos o en el mar con

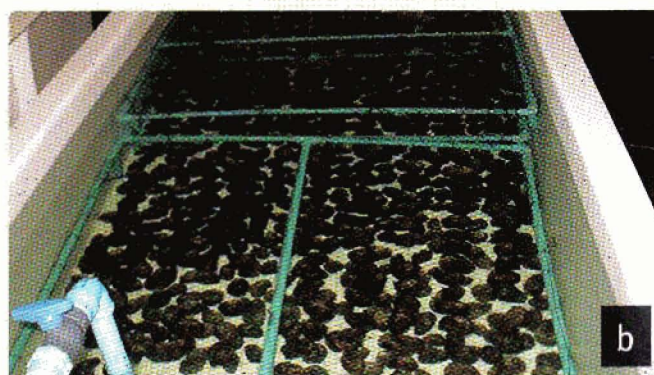


Fig. 7. Sustratos de conchocelis. (a) Concha de *Ostrea chilensis* colonizada por conchocelis. (b) Estanque con cultivo de conchocelis en conchas de ostras.

propósitos comerciales permaneció oculta para los cultivadores durante más de 400 años desde los inicios de la domesticación del nori.

2.2.2 Resistencia a la desecación

Todas las especies que se cultivan pertenecen a la categoría de especies intermareales que resisten muy bien períodos prolongados de desecación por emersión. Llegan incluso a parecer casi completamente deshidratadas al ser sometidas a la fuerte y directa radiación solar durante momentos de bajamar (Fig. 8). Los mecanismos fisiológicos



Fig. 8. Población de *Porphyra* en condiciones de emersión y deshidratación.

y bioquímicos que les permiten bajar los niveles de actividad metabólica y a resistir la fotólisis de sus pigmentos fotosintéticos por altas radiaciones y sin morir son desconocidos. Esta cualidad ha sido aprovechada desde muy temprano en la historia de los cultivos en Asia ya que la emersión es aprovechada para combatir en forma natural al "fouling" que está constituido por el crecimiento de otros organismos no deseados tanto vegetales como animales que pueden competir con la especie en cultivo o que depreden sobre ella con riesgo de su eliminación o baja en su crecimiento y rendimiento. En los últimos 40 años, con el desarrollo del cultivo flotante se han ideado mecanismos de emersión artificial los cuales son usados diariamente (simulando bajas mareas) especialmente cuando los primeros brotes de gametófitos están creciendo sobre las redes de cultivo.

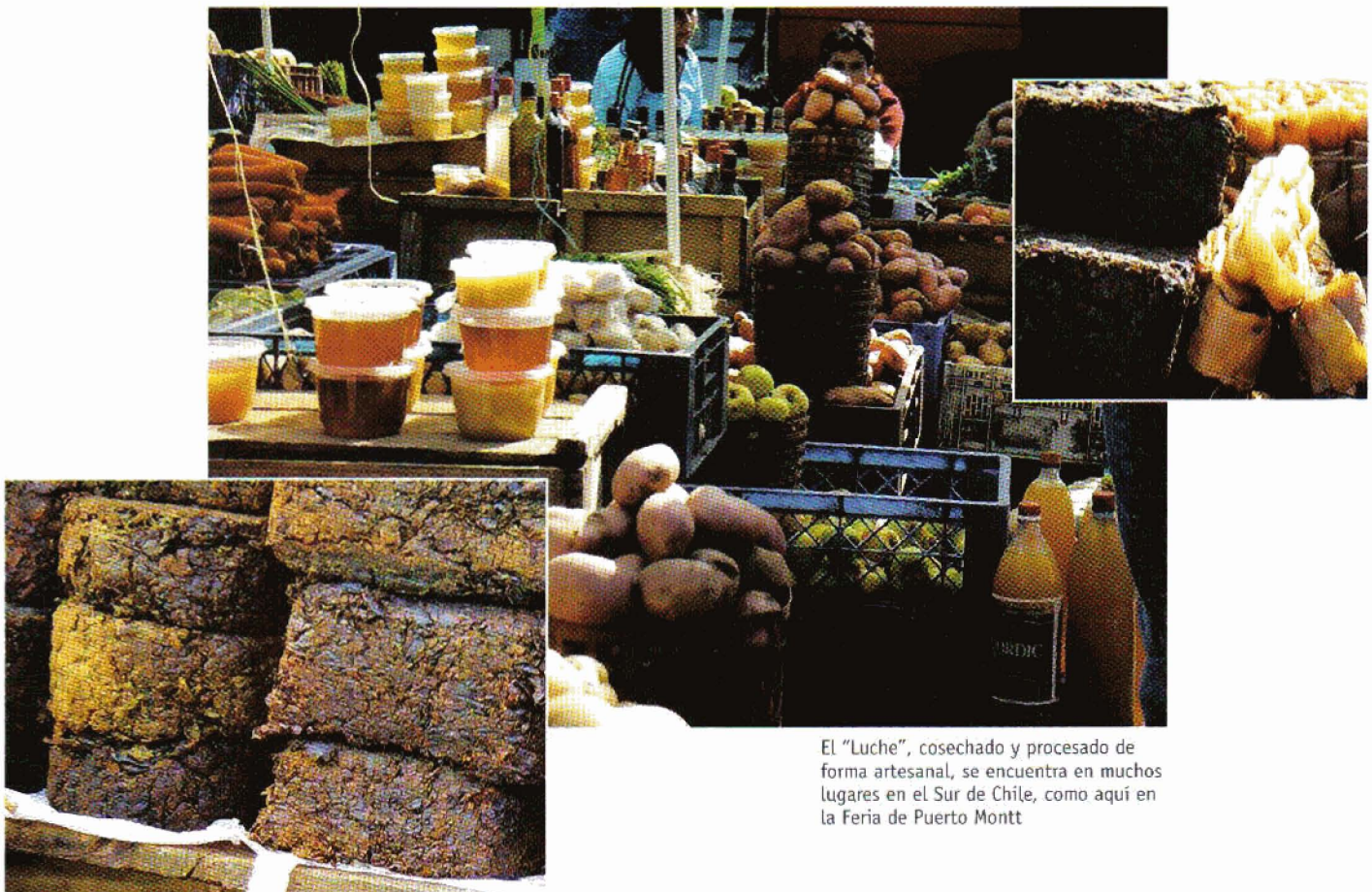
2.2.3 Tolerancia a baja en la salinidad

La posición alta en la zona intermareal de muchas de las especies de *Porphyra*, además de desarrollar adaptaciones para resistencia a la desecación, le confiere también la propiedad de resistir una baja relativa en la salinidad a la cual se exponen especialmente cuando coincide el período de emersión por baja marea con momentos de lluvia.

En algunos casos, poblaciones de especies en cultivo o poblaciones de conchocelis adaptadas a vivir en los estuarios presentan mayores tasas de crecimiento cuando la salinidad se encuentra entre 28 a 30 partes por mil de salinidad y el cultivo en dichos ambientes se torna muy productivo.

2.2.4 Resistencia a la congelación

En general varias especies asiáticas de cultivo resisten temperaturas de alrededor de 20° Celsius bajo cero y esta característica se aprovecha para combatir el efecto dañino que se produce en frondas juveniles cuando la combinación de altas temperaturas del agua y oscuridad nocturna inhiben el crecimiento de *Porphyra* de cultivo. En estas condiciones, cuando las frondas son juveniles (entre 1-3 cm de largo) las redes son sometidas a una desecación parcial en tierra y al aire mediante lo cual el contenido de agua del talo decrece hasta 20 o 40%. Luego las redes son plegadas y guardadas en bolsas de polietileno en frigoríficos hasta que pasa el período de calor y las redes son nuevamente retornadas al mar (Oohusa, 1993). Esta práctica que se comenzó a aplicar desde 1969 ha permitido, además, extender el período de cultivo y aumentar su rendimiento.

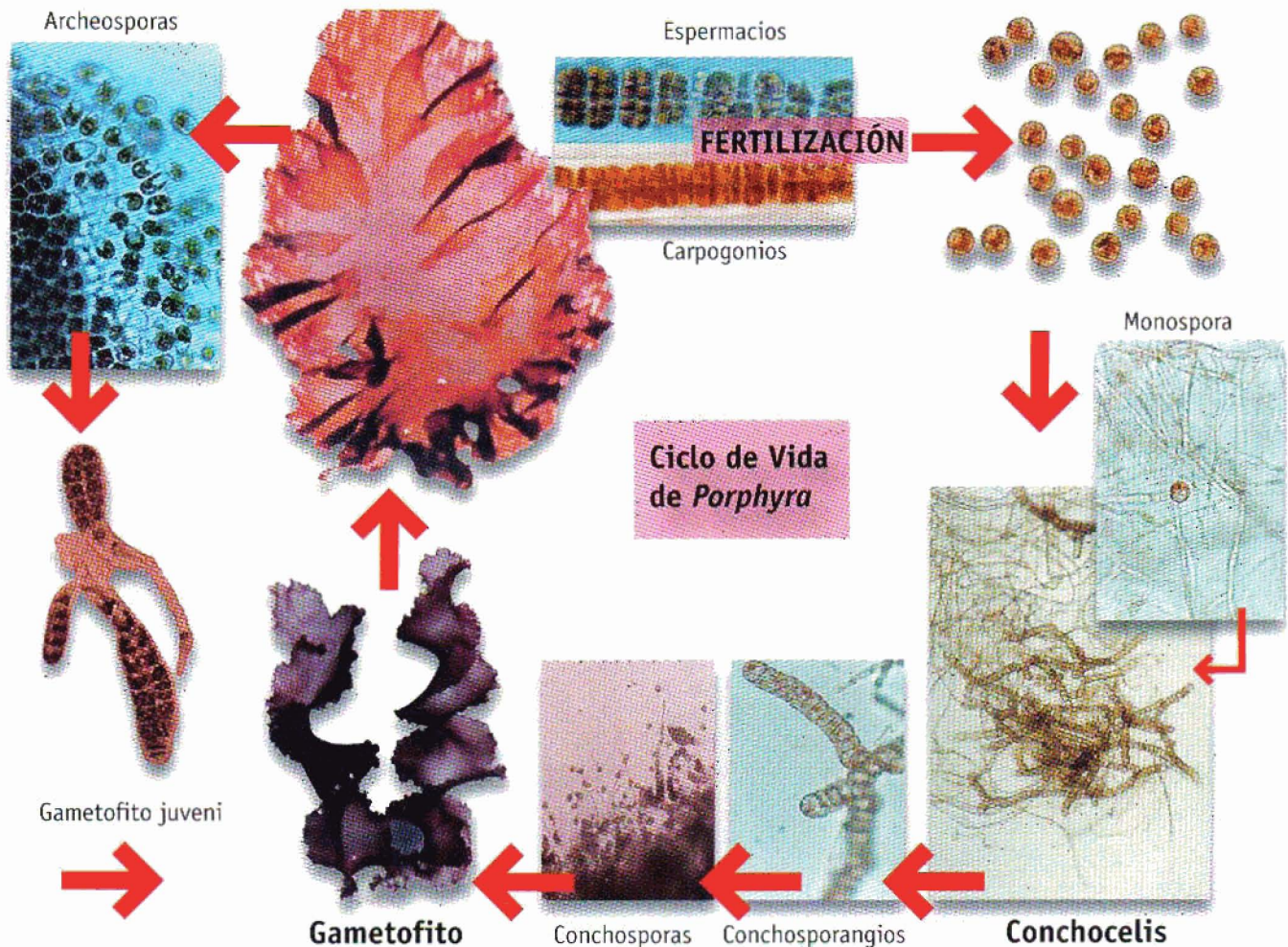


El "Luche", cosechado y procesado de forma artesanal, se encuentra en muchos lugares en el Sur de Chile, como aquí en la Feria de Puerto Montt

2.2.5 Ciclo de vida (Fig. 9)

El ciclo de vida representado en la (Fig. 9) corresponde al de *Porphyra columbina* de Chile y que en general y con algunas variantes presentan las principales especies comerciales asiáticas como *P. yezoensis* y *P. tenera* en base al

cual deben efectuarse todas las acciones del cultivo comercial. La nomenclatura de las diversas etapas representadas en el ciclo corresponde a la de Nelson *et al.* (1999).



En los márgenes de las láminas de luche se diferencian dos clases de células vegetativas, pero agrupadas en manchones de diferente tipo; un tipo dará origen a células madres espermatangiales, las que al madurar se dividen en paquetes de pequeños espermacios incoloros (gametos masculinos sin flagelos); otro tipo dará origen a las células sexuales femeninas las que se dividen en forma oblicua dejando un extremo más aguzado o tricógino. Hay especies monoicas en las cuales están representados ambos sexos en una sola fronda pero en el caso de las especies dióicas ambos sexos están en frondas distintas (Fig. 10). A continuación de producida la fecundación, el conjunto de células femeninas fecundadas conforman paquetes de cigotosporas (carposporas en la nomenclatura antigua).



Fig. 10 Sexualidad de *Porphyra*. (a) Especie monoica: ambos sexos en una fronda. (b) Especie dioica: sexos en frondas distintas; el talo masculino es el de borde claro.

Las cigotosporas al madurar son liberadas de la fronda en gran cantidad y al germinar se introducen en el sustrato calcáreo de conchas de moluscos, dando origen a la fase alternante conchocelis de hábito microscópico, filamentososo y ramificado. A su vez el crecimiento y maduración de conchocelis generará el conchosporangio consistente en una estructura de paredes engrosadas respecto a los filamentos vegetativos y que produce a las principales unidades reproductivas de esta fase o conchosporas. Las conchosporas, al madurar y ser liberadas de la fase conchocelis, salen de la concha que habitan y se fijan al sustrato rocoso donde generarán nuevos gametofitos.

En algunas especies como es el caso de *Porphyra yezoensis* los jóvenes gametofitos originados de conchosporas, entre los 10 y 14 días desde su germinación, producen monosporas (Ohousa, 1993 o arqueosporas de la fase foliosa en la nomenclatura de Nelson *et al.* 1999) las que al germinar generan una nueva fronda de luce (Fig.11). Este comportamiento ha sido también reportado para la especie no comercial, *Porphyra acanthophora* de Brasil por Romo & de Paula (1995). Este comportamiento también podría interpretarse como uno de los mecanismos responsables de la recuperación con nueva producción de luce de áreas previamente cosechadas en forma experimental en Chile central por Santelices & Avila (1986).

Una especie submareal chilena sin nombre específico aún, *Porphyra* sp. 1, especie intermareal estudiada por Candia *et al.* (1999) sólo ha mostrado el tipo de arqueosporas de fase foliosa que generan nuevos talos foliosos y sin evidencias de reproducción sexual. En las especies comerciales estas arqueosporas se encargan de sembrar los filamentos de las redes de cultivo.

En otros casos, la fase conchocelis puede, además de generar conchosporas, producir otra clase de monosporas, las ahora llamadas arqueosporas de conchocelis (Nelson *et al.* 1999) los cuales al germinar reproducen nuevos talos filamentosos de conchocelis (Fig. 9). Esta forma de reproducción de conchocelis y además la propiedad de fragmentarse para reproducir la misma fase

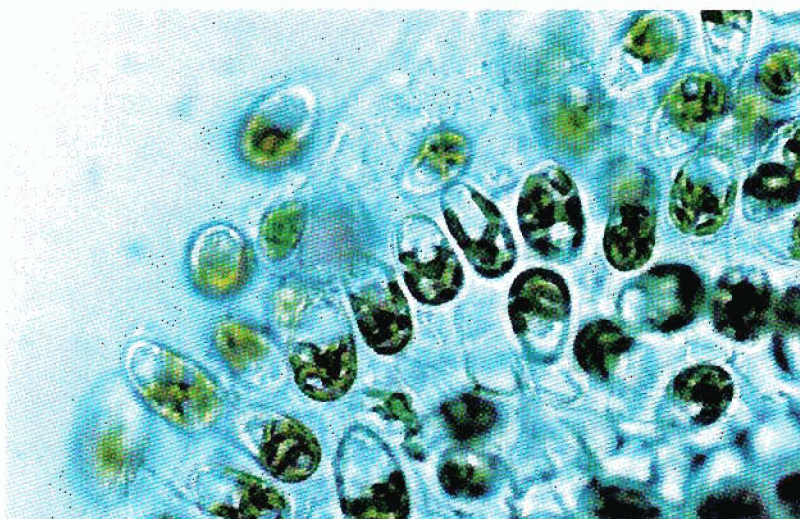
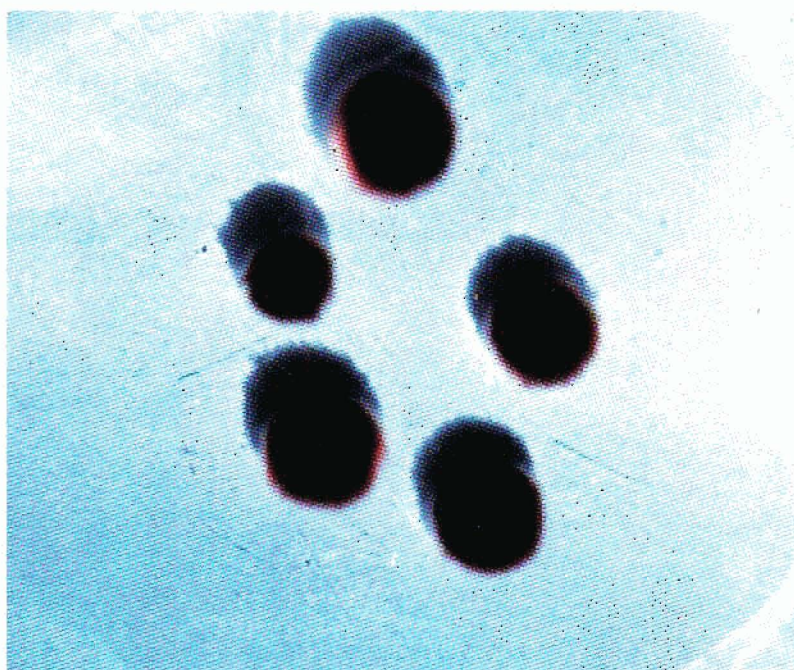


Fig. 11. Arqueosporas en proceso de esporulación desde una fronda gametofítica.



formando ramilletes esféricos (Fig. 12), se puede aplicar para mantener cepas de conchocelis *in vitro* para estudios fisiológicos, para manipulaciones de mejoramiento o selección genética o bien en la reproducción de conchocelis de cepas seleccionadas para siembras comerciales (Romo & Paula, 1988).

3. Importancia Económica

3.1 Usos en la antigüedad

Muchos pueblos costeros prehistóricos en varias partes del mundo, parecen haber incluido en su dieta algas marinas y entre ellas a las algas del género *Porphyra*. Es así que en Europa, pueblos de origen céltico como los antepasados de los actuales escoceses y galeses se saben consumían el “laver” o también llamado “varek” según la región o la época. Lo mismo ocurría en Nueva Zelanda donde los maoríes polinesios consumían y aún lo hacen y se le conoce como “karengo”. La tradición del consumo de luche en Chile aún se conserva y data desde la era prehispánica, aunque su uso está muy limitado y localizado principalmente en los pueblos y ciudades costeros del sur de Chile.

Fue en Asia y especialmente en Japón donde el uso de *Porphyra* como alimento se mantuvo desde la prehistoria y siempre se le consideró como un alimento muypreciado. Tal fue el valor que adquirió este alimento que en el año 701 de nuestra era, el nori fue instaurado como uno de los ítems para el pago de impuestos al emperador de Japón para consumo en las refinadas ceremonias de la Corte Imperial y como ofrendas por los pescadores en las ceremonias de la religión shintoísta. En 1966, también en Japón, se instauró el día nacional de las algas o día nacional del nori.

3.2 Importancia actual

Los principales países productores corresponden a China, Japón y Corea y en total se estima una producción mundial con ventas por 1,8 billones de dólares por toneladas anuales. Siendo Japón el principal productor con aproximadamente 500 mil toneladas anuales (Brown, 2000). Este negocio, que es capaz de mover tal cantidad de divisas duras como el dólar o el yen no está exento de vicisitudes y fue precisamente en 2003 en Japón que se produjo la última crisis del nori al iniciar el gobierno un proyecto de drenaje de la Bahía Isahaya en el Mar de Ariake, un mediano cuerpo de agua del Océano Pacífico ubicado en el sureste de Japón y responsable del 40% de la producción de nori japonés. El drenaje está destinado a habilitar más terrenos para construcción. Esta medida ha hecho caer la producción de nori de dicha área en aproximadamente un 25 % y su precio se ha incrementado en aproximadamente un 60 %. Estas vicisitudes y los históricos y creciente niveles de contaminación producto del desarrollo industrial asiático hacen que nuevas áreas de cultivo, en aguas tan productivas y de cerradas bahías como, por ejemplo, las de las zonas insulares de la X Región de Chile, sean especialmente apropiadas para satisfacer los requerimientos de nori de los países orientales (Fig. 13). Esta posibilidad ha impulsado a empresarios asiáticos a incursionar por primera vez en su cultivo en la parte norte de la Isla Grande de Chiloé.

Tabla 3. El luche oriental, un producto industrializado versus el luche chileno, un producto artesanal.

Nombres	Nori, Kim, Zicai (Japón, Corea y China)	Luche (Chile)
Especies	<i>Porphyra yezoensis</i> , <i>Porphyra tenera</i> y alrededor de otras 10 especies	<i>Porphyra columbina</i> y probablemente otras especies
Cultivo	Cultivadas desde hace 4 siglos	Sólo recolección manual
Tipo de manufactura	Industrial	Artesanal
Producto final	Como lámina o alga picada y deshidratada en envases de celofán o húmeda y preservada en frascos de vidrio	En forma de panes semisecos-ahumados, húmedo-cocido o seco en bolsas de malla
Nivel de consumo	Consumo habitual en el hogar, restaurantes y hoteles de todas las categorías	Consumo ocasional en el hogar y en locales populares
Formas de preparación	Innumerables formas de preparación, el más popular es en el sushi rollitos de arroz con nori y otros ingredientes	Como guiso con cebolla papas cocidas o en sopas de cordero
Precio	Entre \$30.000 y \$50.000 (en moneda chilena) por kg de nori deshidratado y según su calidad y presentación	Entre \$1.000 y \$ 2.000 por kg de luche semiseco o seco
Destino del producto industrial	Japón, China, Corea y otros países asiáticos	En Chile su consumo es marginal

3.3 Requerimientos del producto para su aceptación por el mercado asiático

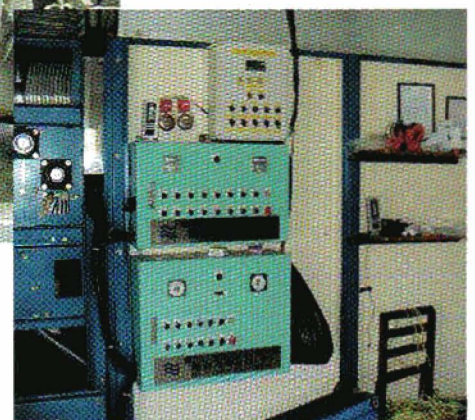
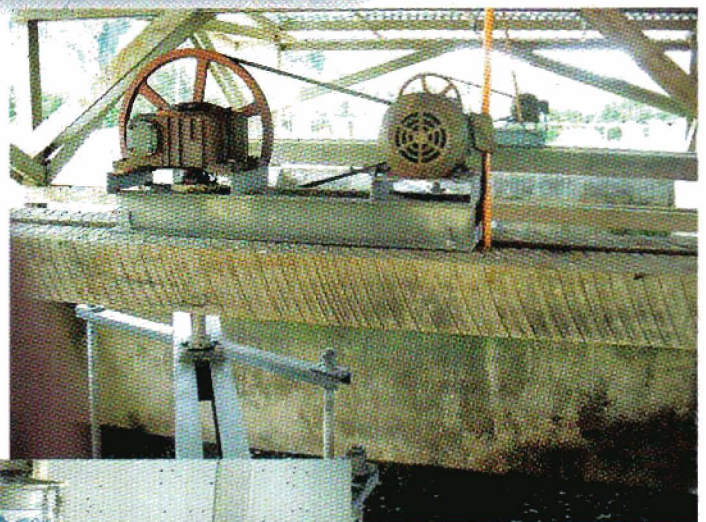


La milenaria costumbre asiática del consumo de *Porphyra* de los distintos países hace que las cualidades organolépticas del producto estén muy arraigadas y por lo tanto los estándares de calidad, en el caso de la tradicional lámina de 18 cm por 20 cm y de aproximadamente 3 g de peso seco, en cuanto a presentación, sabor, textura, color y olor son muy altas y definen al menos tres categorías de calidad. Productos de calidad inferior a éstas son destinadas a una posterior trituración fina y derivadas hacia la confección de productos en gránulos, pulverizados o semi-líquidos como sazonadores y mezclados con otros aliños.

Las diferencias entre estos tipos de productos de luche oriental (nori, kim o zikai que son nombres que se le da en Japón, Corea y China respectivamente) y nuestro luche se muestran en la Tabla 3. En la Fig. 14 se muestran ejemplos del producto final tanto de origen oriental como las que se observan en los mercados locales. Las aplicaciones en platos de la cocina asiática en variadas presentaciones se

muestran en la Fig. 15 (página siguiente). La posibilidad de producir nori en Chile para abastecer el mercado asiático, cualquiera sea el país destinatario, debe basarse en una premisa fundamental: el producto a ofrecer, debe cumplir con los más exigentes estándares de calidad del destinatario; estándares que se refieren tanto a la calidad de la especie a cultivar, como también a la calidad del proceso y la presentación final.

Respecto a las cualidades que presente la especie a cultivar, estas obviamente corresponden a las especies y variedades nativas que se cultivan en el país destinatario, entre las cuales las más difundidas son *Porphyra yezoensis* y *Porphyra tenera*. Por lo tanto si en Chile las regulaciones legales para introducción de especies foráneas son restrictivas, la selección de la especie chilena a cultivar debe contar con la aceptación del mercado consumidor en base a sus características organolépticas.



Con respecto a la calidad del producto final, en este caso de las tradicionales láminas de nori de 3 g de peso seco, las plantas de proceso deben poseer además el más moderno equipamiento de maquinarias para procesar en forma inmediata toda el alga fresca que se coseche en un día (Fig. 16). Además el proceso productivo, aplicando esta tecnología, debe contar con la dirección directa de un experto asiático en el proceso de manufactura del nori, por lo menos hasta que expertos nacionales puedan lograr esa categoría (en Asia el término de "maestro" que se da a estos expertos tarda varios años de perfeccionamiento en obtenerse). Por lo tanto, al inicio los cultivadores idealmente deberían producir nori en conjunto con empresas asiáticas procesadoras que se instalen en el país asegurando así ventas con precios y mercado estable y razonable, o bien empresas chilenas pero con personal técnico asiático de amplia experiencia y con un mercado receptor asegurado.

Fig. 16. Maquinaria de proceso de nori. (a) Estanque de lavado con agua de mar. (b) Dosificadora de la suspensión del triturado. (c) Panel de control de la procesadora de Hoshi-nori.

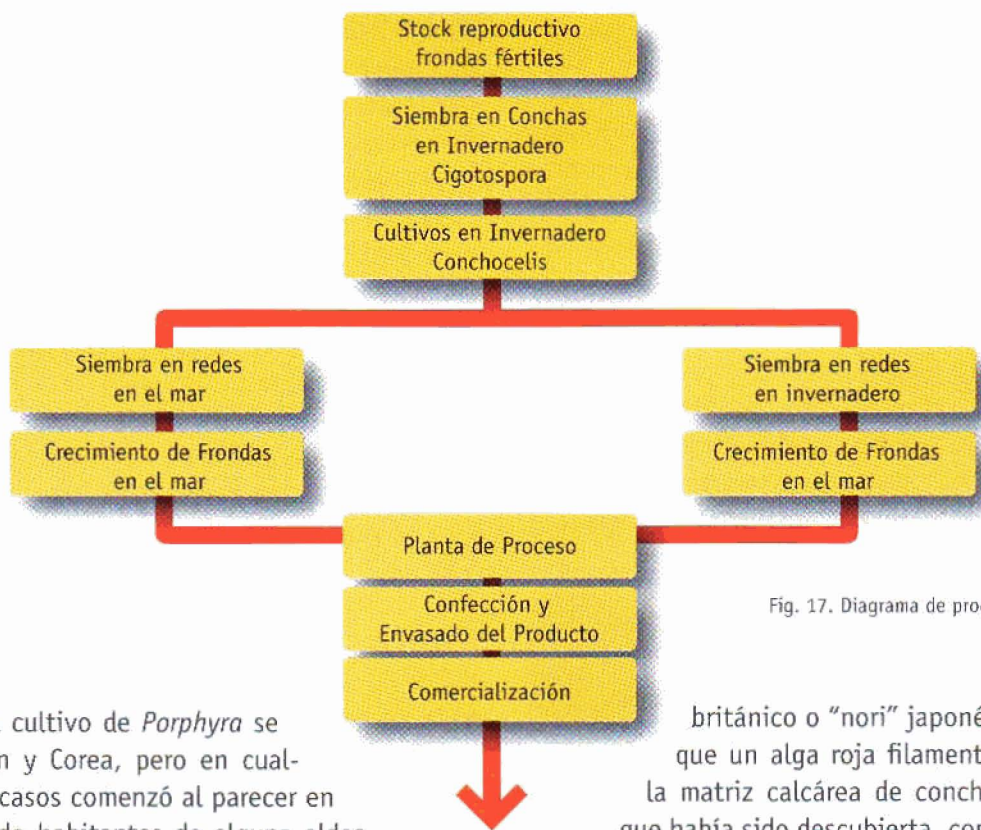
Línea de Producción de *Nori*

Fig. 17. Diagrama de producción

La paternidad del cultivo de *Porphyra* se la disputan Japón y Corea, pero en cualquiera de los dos casos comenzó al parecer en el siglo XVI cuando habitantes de alguna aldea costera (recolectores y consumidores habituales de nori o kim silvestre) se dieron cuenta que troncos y ramas de árboles depositados en la costa eran colonizados por esta especie en niveles donde *Porphyra*, crecía en forma natural durante otoño. Esta observación indujo a algunos a agregar, en los comienzos de otoño, ramas de bambú o de árboles en dichos niveles y una vez que las pequeñas láminas aparecían a simple vista, recogían las ramas y las plantaban en el sustrato del intermareal arenoso cuidando de ubicarlos a la misma altura donde crecía la población natural de *Porphyra*. Esta práctica primitiva de cultivo se mantuvo hasta comienzos del siglo XX cuando, en forma paulatina, las ramas fueron siendo reemplazadas por redes de fibra vegetal y extendidas entre hileras de estacas de bambú y posterior a la década del 50, con el advenimiento de la era del plástico, estas redes fueron cambiadas por redes de fibras de material sintético de mucha mayor durabilidad.

Una tercera etapa en el desarrollo del cultivo de estas algas sucedió en 1949 cuando una investigadora inglesa, la Dra. Kathleen Drew, publicó en la importante revista científica *Nature* un artículo en el que describió el ciclo de vida de la especie europea *Porphyra umbilicalis* y en el cual descubrió que la fase alternante asexual de "laver"

británico o "nori" japonés no era otra cosa que un alga roja filamentosa que horadaba la matriz calcárea de conchas de moluscos y que había sido descubierta, como un género nuevo de Rhodophyta, por otro británico el Dr. E. A. L. Batters en 1892 y al cual había denominado como género *Conchocelis*.

El descubrimiento de conchocelis por Drew, como una fase del ciclo de vida de las especies de *Porphyra*, impulsó a los cultivadores japoneses y luego a los cultivadores de los otros países asiáticos a usar este conocimiento de biología básica y aplicarlo masivamente para el cultivo de conchocelis en conchas de moluscos con el fin de sembrar las redes que definitivamente producirían al "nori", "kim" o "zikai" comercial. Este hecho constituyó una verdadera revolución en el cultivo de *Porphyra* permitiendo en menos de una década (1960-1970) duplicar las producciones tradicionales de este alimento en los diferentes países productores.

El cultivo de *Porphyra* es un proceso diferente al cultivo de *Gracilaria*, *Sarcothalia* o *Gigartina* en los que la cosecha se seca y se almacena a granel como un stock para comercializarlo después. En este caso, en cambio, la cosecha debe entrar inmediatamente a proceso. Esto es necesario pues para lograr un producto de calidad las algas deben entrar a la planta de proceso totalmente frescas. Es decir, en el diagrama de producción de la Fig. 17 todas las etapas, des-

de la siembra en invernadero de cigotosporas a partir de un stock reproductivo hasta la etapa de envasado y venta del producto, son un continuo desde el comienzo hasta el fin.

4.1 Cultivo en Invernadero

La primera etapa del cultivo de *Porphyra* ocurre en el invernadero (Fig. 17); esto es desde la siembra de cigotosporas en conchas y hasta la siembra de redes en invernadero; la segunda etapa del cultivo desde el crecimiento de frondas o siembra de conchosporas en redes en el mar se lleva a cabo en el mar (Fig. 17).

El invernadero para el desarrollo de la fase conchocelis, es la instalación más importante del inicio del cultivo en tierra. Debe tener, en forma ideal, paredes y techumbres de planchas semitransparentes como las planchas de fibra de vidrio y contar con un sistema removible y ajustable de malla Raschel de manera de regular la iluminación en el interior de acuerdo a las condiciones de iluminación



Fig. 18. Estanques de cultivo piloto de conchocelis cubiertos con malla Raschel para acortar el fotoperíodo.

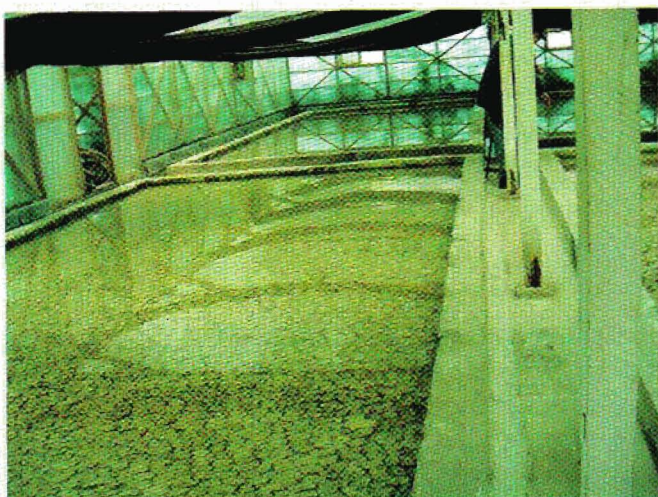


Fig. 19. Estanque industrial de cultivo de conchocelis.

externas. Las piletas de incubación de conchocelis, de dimensiones de acuerdo al tamaño del invernadero y al número de redes a sembrar, deben tener el tamaño adecuado para la producción programada. Así por ejemplo, para un cultivo piloto como fue el que desarrolló este estudio los estanques son de 1 metro de ancho por 3 metros de largo (3 m^2) y 50 centímetros de profundidad (Fig. 18), en cambio en cultivos de tipo industrial las piletas de conchocelis deben tener al menos 3 metros de ancho por 10 m de largo (30 m^2 de superficie) con pasillos entre pileta y pileta para el desplazamiento de operarios en las labores de limpieza y adición de nutrientes (Fig. 19).

Los sistemas de alimentación de agua de mar y de agua dulce al invernadero, así como los sistemas de filtros y esterilización ultravioleta han sido descritos previamente en el manual de cultivo de *Gigartina skottsbergii* de esta misma serie (Romo, et al. 2004).

4.2. Producción de Conchocelis

4.2.1. Siembra de cigotosporas en invernadero

El cultivo se inicia con la recolección de frondas maduras de la especie que se desee cultivar y el inmediato lavado en agua de mar para eliminar impurezas u otras especies que contaminarían el cultivo. En las actividades



Fig. 20. Siembra de cigotosporas. (a) suspensión de cigotosporas. (b) Siembra de cigotosporas.

del proyecto las frondas se mantuvieron durante la noche experimentando una deshidratación parcial después de lo cual son colocadas en jarros de vidrio en proporción de aproximadamente 100 g de alga húmeda por 2 l de agua de mar (filtrada 1 μ m y esterilizada por UV) para lograr la suspensión de esporas que se filtra para separarla de las frondas ya esporuladas y se siembra sobre conchas de ostra chilena en estanques de 3 m² (Fig. 20). Miura (1975), para la inoculación directa de cigotosporas mediante frondas maduras sobre conchas en el piso del estanque a sembrar, da un rango entre 15 a 100 g de frondas húmedas por cada 3,3 m².

Aunque se puede usar conchas de cualquier molusco las más apropiadas por su resistencia y forma son las valvas de ostras. Las conchas que se usaron en el proyecto fueron de ostra chilena (*Ostrea chilensis* Fig. 20), debido a la mayor disponibilidad de ellas en Hueihue pero también se usa la ostra del Pacífico o japonesa *Crassostrea gigas* (Fig. 19), la que presenta la ventaja de una mayor superficie de asentamiento para las cigotosporas y el consiguiente ahorro de tiempo en su manejo al haber menor número de unidades-concha sembradas. Las conchas deben estar totalmente limpias de materia orgánica y se debe usar la valva plana de la ostra, para minimizar la acumulación de material que sedimente en la parte cóncava como sería si se usara la valva superior de la ostra del Pacífico u otro tipo de concha fuertemente cóncava. La fase conchocelis así sembrado se deja durante una semana en reposo para su germinación e inicios de su crecimiento.

4.2.2 Siembra de cigotosporas en el mar

El método de siembra de esporas directamente en el mar consiste en usar una red doble formada por dos capas de 2,5 a 3 cm de apertura de malla y de similares dimensiones de las redes a sembrar. Esta red doble lleva en toda

su superficie (entre las dos capas) "bolsillos" de 20 cm por lado, en los cuales se introducen 6 conchas de ostra del Pacífico con conchocelis maduros que se criaron en el invernadero. Sobre estas redes con conchas se extienden 10 a 20 redes a sembrar (18 m de largo por 1,8 m de ancho y 30 cm de apertura de malla). Todo este conjunto se introduce en una gran manga de polietileno con agujeros en toda su superficie y se coloca en los sistemas de cultivo flotante o semiflotante. Después de una semana a 10 días, las redes ya sembradas con conchosporas se distribuyen en los sistemas definitivos de crecimiento de talos foliosos de nori en el mar.

Este sistema tiene la ventaja de hacer más fácil y barata la siembra, pero es más difícil de controlar si la siembra y la densidad de esporas han sido suficientemente exitosas. Como siempre, la condición indispensable para evitar el fouling que rápidamente crecería sobre las redes es un cuidadoso programa de emersión diaria que minimice este peligro.

4.2.2 Crecimiento de conchocelis

Con conchocelis ya sembrado en el invernadero, se inicia la adición de nutrientes usando, en el caso del presente proyecto, el abono agrícola Bayfoland® en concentración 0,1 ml por litro de agua de mar. Las condiciones de crecimiento más efectivas para la especie usada, a la cual provisoriamente se le conoce como *Porphyra* tipo *P. pseudolinearis* se muestran en la Tabla 4.

El desarrollo de conchocelis sobre las conchas se somete a condiciones ambientales, según la etapa en que se encuentre. El manejo en los estanques, desde su germinación y su maduración en el interior de las conchas consiste en el recambio de agua semanal, la adición de nutrientes y la limpieza para eliminar el fouling que se desarrolle sobre ellas.

Tabla 4. Condiciones ambientales de desarrollo de *Porphyra* sp. cultivada en Hueihue.

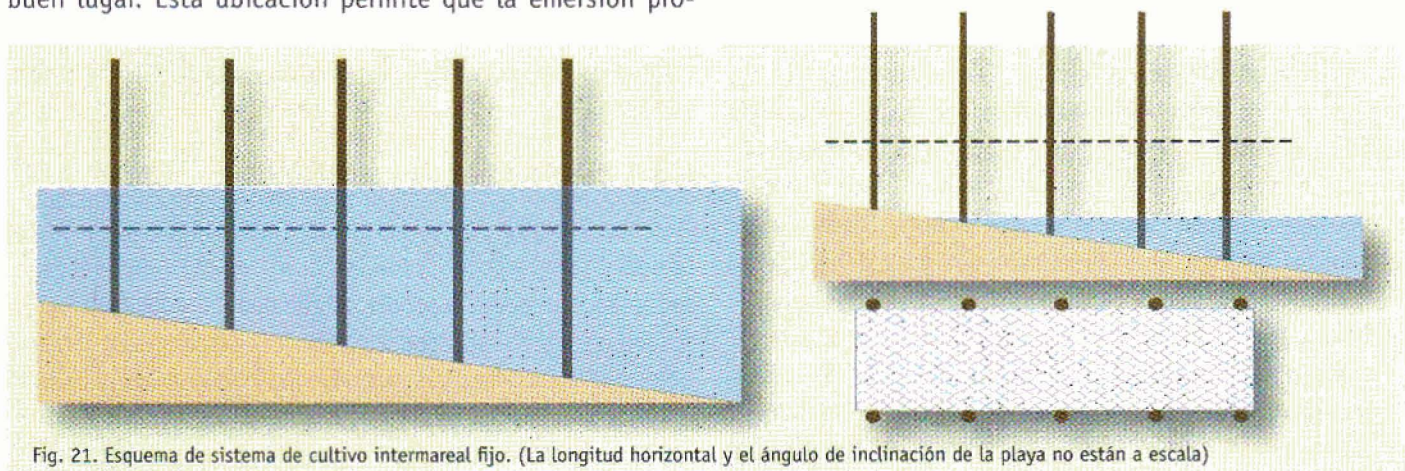
CRECIMIENTO		MADURACIÓN Y ESPORULACIÓN
Salinidad	20 ‰ - 30 ‰	20 ‰ - 30 ‰
Temperatura	15 $\pm$ 1°C	10 $\pm$ 1°C
Flujo fotónico	20 - 70 μ moles m ⁻² seg ⁻¹	20 - 50 μ moles m ⁻² seg ⁻¹
Fotoperíodo	12 hrs. : 12 hrs. (luz : oscuridad)	8 hrs. : 12 hrs. (luz : oscuridad)

4.3 Crecimiento del luche en el mar

4.3.1. Sistema de cultivo fijo (Fig. 21)

Este sistema de cultivo es apropiado para playas de sustrato blando que posean una pendiente muy suave y con moderada amplitud de mareas (2 a 3 metros en mareas de sicigia). Las redes se instalan en hileras perpendiculares a la línea de costa y sostenidas por estacas verticales, antiguamente de bambú o de madera resistente a la acción degradadora de organismos marinos. Las redes son colocadas a una altitud mareal en torno a los niveles donde la población natural de la especie de *Porphyra*, a cultivar, crece en la costa rocosa. Un desplazo mayor a 30 m desde la línea superior de crecimiento de *Porphyra* hasta los niveles de bajamar durante mareas normales puede considerarse un buen lugar. Esta ubicación permite que la emersión pro-

ducida por el ritmo de las bajas mareas ejerza su acción natural de control de competidores, epífitos o herbívoros activos. Esta acción de emersión es especialmente beneficiosa durante la germinación de los primeros estados de desarrollo de las láminas. La tasa de crecimiento que se obtiene con este tipo de cultivos es menor que el de cultivos flotantes y semiflotantes por tener un mayor período de emersión, pero esto a su vez parece otorgarle a la especie una mejor calidad en términos de sabor.



4.3.2 Sistema de cultivo semiflotante (Fig 22)

Es usado en playas de pendiente muy suave y de algo mayor amplitud de mareas y también requiere sustrato blando. En este sistema las redes también son colocadas en la misma forma que en el cultivo fijo, es decir entre estacas o postes verticales, pero sujetas mediante sistemas de argollas deslizables a lo largo de la estaca, de tal manera que las redes pueden subir y bajar al ritmo de la marea y

con flotadores en los bordes de las redes para asegurarles flotabilidad. Las argollas de deslizamiento son detenidas por un tope fijo que se coloca a una altura determinada de tal manera que puede prolongarse el período de flotación y con ello asegurar un mayor tiempo de nutrición de las frondas en el mar, pero disminuyendo el período de emersión diaria.

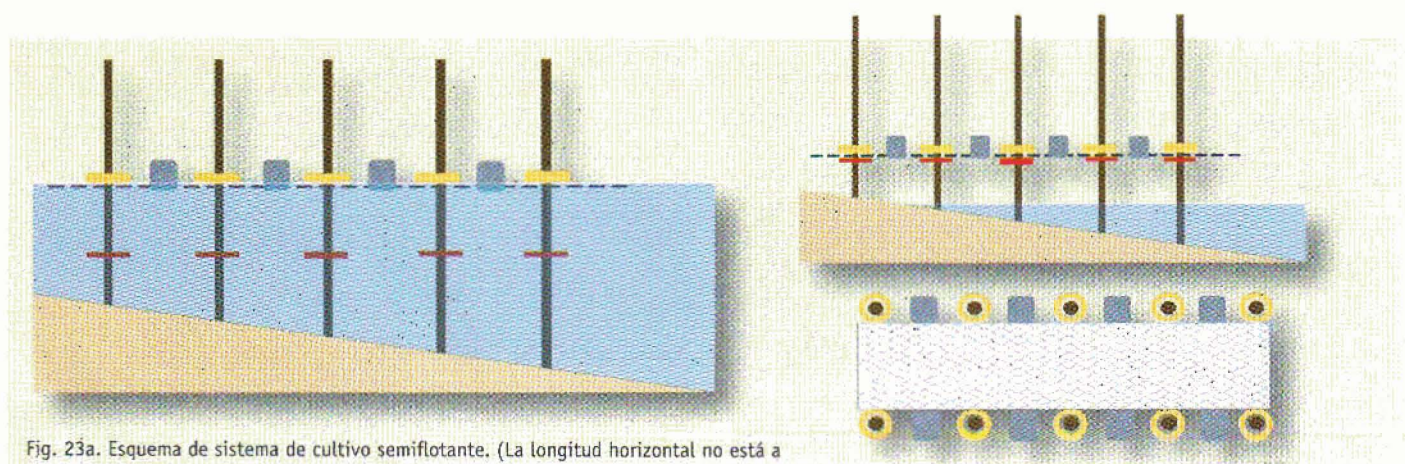


Fig. 23a. Esquema de sistema de cultivo semiflotante. (La longitud horizontal no está a escala)

4.3.3 Sistema de cultivo flotante (Fig. 23)

Este tipo es el que actualmente se está ensayando en Chile, tanto por los investigadores del proyecto FONDEF como por la única empresa que cultiva nori comercialmente (Fig. 24). Este sistema es a la vez el más moderno y actualmente uno de los más difundidos en Asia. Requiere que la profundidad exceda los 15 m en períodos de bajamar y aún mayor profundidad cuando la amplitud de marea sea grande, como ocurre con muchos lugares de la X Región. El fondo puede ser arenoso o fangoso en cuyo caso se usan anclas de acero para su fondeo. Cuando el fondo es rocoso, se usan fondeos de concreto de 500-600 kg, de peso. Las redes llevan encabalgados de cuerda de 8 mm de diámetro adosados a los cuales se colocan boyas de poliestireno cúbicas de 30 cm de lado cada 5 m de distancia. Una variante de este sistema, en lugar de boyas como las descritas, éstas se reemplazan por sistemas de soportes metálicos de 1,8 m de alto e inoxidable, los cuales con un siste-

ma de contrapeso y flotación mantiene al soporte vertical sosteniendo las redes. Para efectuar la emersión artificial y controlar el fouling las redes se colocan sobre las boyas por sobre la superficie del mar (Fig. 24) o bien se levantan en los sistemas de soportes metálicos verticales según el sistema usado.

Las redes mantienen su ancho por separaciones de tubos de PVC de 1,80 m que se adosan a las boyas de lados opuestos y reemplazan a las estacas en su labor de separación. Para evitar que el movimiento del oleaje enrolle la red, esta debe mantener su posición extendida con líneas de fondeo adicionales a los costados de cada red (Fig. 23). Los esquemas en las figuras no están a escala, por lo tanto debe tomarse en cuenta que cada red tiene una extensión 18 m de largo por 1,8 de ancho.

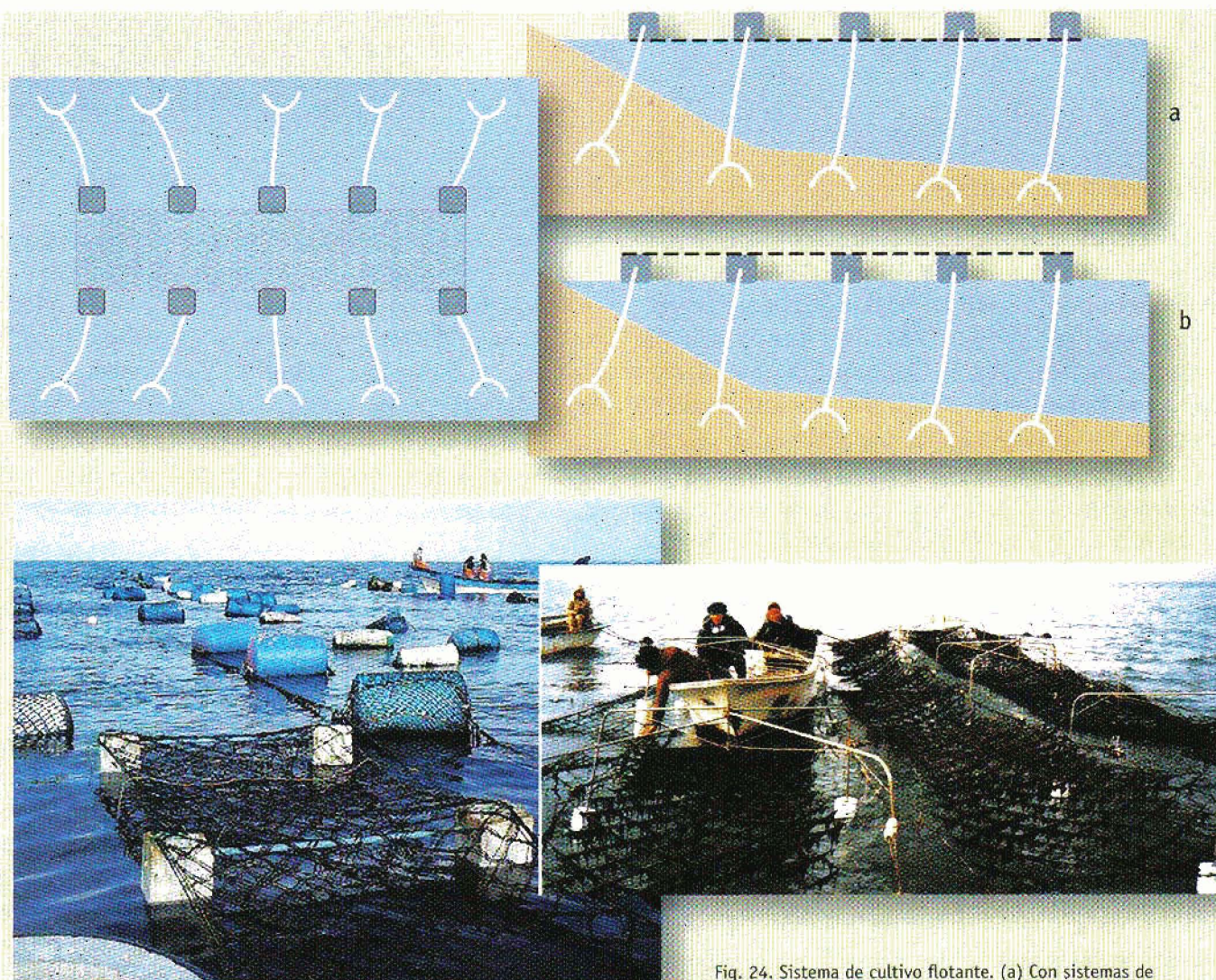


Fig. 24. Sistema de cultivo flotante. (a) Con sistemas de boyas para emersión. (b) Con soportes metálicos de emersión (Extraído de folleto de Fisheries Agency, Japón, sin fecha. de edición)



Fig. 25. Luche cultivado en Hueihue listo para la cosecha.

4.3.4 Crecimiento del luce

Una vez que las redes de crecimiento definitivo de *Porphyra* en el mar se encuentran en cualquiera de los tres sistemas de cultivo, comienzan los trabajos de mantención de los sistemas. Los primeros días son críticos para evitar el inicio del desarrollo del fouling mientras los juveniles de luce comienzan su germinación y primeras etapas de crecimiento. En los sistemas fijos y semiflotantes, la emersión durante la bajamar funciona como mecanismo natural de deshidratación casi total o parcial de las plantas para combatir el fouling (Fig. 21 y 22). En cambio en los sistemas de tipo flotante se debe provocar una emersión artificial colocando a las redes en una posición superior sobre las boyas durante varias horas diarias (Fig. 24) o subiendo el nivel de las redes por sobre la superficie del mar en el caso del sistema de soportes metálicos flotantes.

El crecimiento es rápido, especialmente en los sistemas de cultivo flotantes donde los períodos más continuados de contacto de los talos con los nutrientes naturales del agua de mar aceleran su crecimiento (Fig. 25). La desventaja es que la amenaza de fouling y de herbivoría por organismos que logran resistir los períodos de emersión artificial es mayor que en los sistemas fijos y semiflotantes. En general, habiendo ocurrido una buena siembra de conchocelis y una buena germinación el luce tarda en crecer y madurar en alrededor de dos meses.

4.3.5 La cosecha

A diferencia de la cosecha manual que se efectuaba en la época de producción de nori sobre ramas de bambú o las primeras épocas del cultivo en redes, en la actualidad la cosecha se efectúa en forma mecanizada usando un rodillo giratorio de similar largo del ancho de las redes, provisto de dos hojas cortantes que sobresalen a lo largo del rodillo y propulsado por un motor a gasolina que lo hace girar. Esta máquina va montada en el sentido proa-popa sobre un bote pequeño, un poco más largo que el ancho de las redes. La cosecha se efectúa avanzando el bote atravesado a lo largo de la red, con ésta por sobre la embarcación de manera que el rodillo cortante se encarga de podar a todas las frondas que cuelgan bajo la red. El tamaño adecuado de corte es por sobre los 30 cm de largo de fronda. Con cepas seleccionadas de *Porphyra yezoensis* y *Porphyra tenera* de Asia la cosecha se efectúa cuando los talos tienen una longitud entre 40 y 60 cm (Miura, 1975). El bote de cosecha ocupa dos operarios que se encargan del manejo del rodillo y de hacer avanzar manualmente el bote a lo largo de la red. Una red de 18 m de largo por 1,8 m de ancho y sembrada con una buena cepa de nori, de cualquiera de las especies cultivadas en Asia, puede rendir entre 1.000 a 2.000 láminas de nori manufacturado seco y puede cosecharse al menos 5 veces en la temporada desde otoño hasta finales de invierno o inicios de primavera.

5. La Manufactura del Hoshi-nori

Hoshi-nori es el nombre japonés que se da a la lámina de *Porphyra* triturada, manufacturada y seca que mide entre 18 cm por 20 cm de lado (Fig.26). El proceso consiste en lavar las frondas cosechadas en estanques con abundante agua de mar para eliminar las impurezas y especialmente en el nori cultivado en sistema flotante sobre el cual siempre se desarrolla una abundante flora epífita de diatomeas coloniales (en Chile conocida como una de las formas de "chocolate") que le restan brillo y prestancia al producto cuando estas diatomeas no son bien removidas. Posteriormente, los talos lavados pasan por una máquina trituradora, y el producto es rápidamente lavado en agua potable para eliminar la sal. Se forma una suspensión de triturado y una máquina dosificadora separa la cantidad justa de suspensión sobre una malla de plástico de trama fina que drena el exceso de agua y posteriormente entra a la máquina de secado de aproximadamente 10 m de largo en la cual correas transportadoras llevan las láminas que se van secando a medida que avanzan en el secado. Por último, si la lámina quedó con algún grado de humedad remanente, las láminas de Hoshi-nori terminan su proceso de secado en un secador vertical convencional.

El producto final es bien valorizado cuando la lámina de Hoshi-nori es profundamente oscura, de un hermoso brillo, sin poros, muy suave y una prolija terminación en los bordes. En adición a estas características los expertos destacan la calidad del producto por su sabor dulzón, aroma, olor, textura suave y el cambio de color desde el oscuro original a un bonito color verde al calentar.

6. El Futuro

Si los actuales estudios pilotos y la actividad industrial ya instalada tienen éxito, se puede predecir que a un corto plazo este nuevo tipo de maricultura en Chile podría tener un auge insospechado, teniendo en cuenta la demanda por este producto de los países asiáticos. La introducción de nuevas técnicas de mejoramiento genético podrá valorizar el Hoshi-nori en términos de mejorar el crecimiento de las actuales especies, aumentar su valor nutritivo, de minerales o sustancias beneficiosas para la salud y mejorar o estabilizar las cualidades organolépticas de determinadas cepas. De hecho *Porphyra* y en particular la especie comercial *Porphyra yezoensis* podría ser el blanco del primer proyecto de genómica para una macroalga. El cúmulo de datos en los bancos de genes, estudios de biología molecular en general y los avances en la transformación genética de *Porphyra* han acumulado una enorme cantidad de información que excede a toda la información con aplicabilidad biotecnológica que se tiene en cualquier otra especie de macroalga (Waaland *et al.*, 2004).

Por último, y desde el punto de vista comercial, debido a la diferencia temporal de las estaciones del año con respecto al hemisferio norte, hace que cuando en Asia es la temporada de primavera-verano (época en la cual no se produce nori) en Chile, que en esa época corresponde a otoño-invierno, se estaría produciendo nori fresco y procesando el Hoshi-nori para el abastecimiento del mercado asiático.



Fig. 26. Hoshi-nori:
(a) Lámina de Hoshi-nori recién salida de la máquina procesadora.
(b) Láminas de Hoshi-nori individuales
(c) Presentación de grupos de 10 hojas en cada atado para envasar en cantidades mayores que 50 láminas por paquete.

7. Glosario

Alacalufe	: Pueblo aborígen canoero que habitó desde el sur de Chiloé hasta el Golfo de Penas.
Arqueospora	: Célula germinativa única formada por la maduración de una célula vegetativa.
Calcáreo	: Material compuesto por carbonato de calcio en conchas de moluscos y otros organismos.
Carpospora	: Espora generada por la fecundación de un carpogonio por un espermacio en <i>Porphyra</i> (actualmente se prefiere el término cigotospora).
Carposporangio	: Órgano generador de carpósporas en <i>Porphyra</i> Actualmente se ha cambiado por cigotosporangio.
Célula uninucleada	: Célula con un solo núcleo.
Cepa	: Conjunto de individuos generados por clonación de un progenitor único.
Changos	: Pueblo de aborígenes costeros que habitaron la zona norte de Chile entre la primera y cuarta regiones.
Chonos	: Pueblo aborígenes canoeros que habitaron el archipiélago de los Chonos, al sur de Chiloé.
Cigotospora	: Célula reproductiva producida por la fertilización del tricógino femenino por un espermacio.
Cigotosporangios	: Órgano generador de cigotosporas de <i>Porphyra</i> .
Cirripedios	: Crustáceos sésiles con el cuerpo protegido por placas calcáreas.
Cloroplastos	: Organelo celular responsable del proceso de fotosíntesis.
Conchosporangio	: Órgano generador de conchosporas en la fase conhocelis <i>Porphyra</i> .
Cultivo <i>in vitro</i>	: Cultivo de animales o algas en cápsulas o frascos de vidrio en el laboratorio.
Diatomea	: Grupo de microalgas en las cuales la célula está encerrada en dos cápsulas de silicio.
Dioica	: Macroalga en la cual los órganos sexuales de ambos sexos están en talos distintos.
Durvillaea	: Cochayuyo. Alga parda usada en Chile en la alimentación.
Ecosistema	: Sistema natural en el cual se considera todas las interacciones de los seres vivos entre sí y también con las variables ambientales.
Emersión	: Lapso de tiempo en el cual la zona intermareal queda al descubierto del agua por efecto de la bajamar.
Epífito	: Organismo vegetal o animal que crece sobre un talo de un alga.
Espermacio	: Célula reproductiva masculina de algas rojas inmóvil, sin flagelo.
Espermatangio	: Órgano reproductor masculino formador de espermacio.
Espora	: Célula reproductiva asexual en las algas.
Esporofito	: Talos de algas que forman esporas para su reproducción.

Esporulación	: Proceso de liberación de esporas.
Estipe	: Estructura alargada y generalmente cilíndrica que sostienen a otras estructuras como hojas o flotadores (en huiros).
Estuarios	: Parte final del río, antes de su desembocadura en el mar sometida al flujo y reflujo de las mareas.
Fase conchocelis	: Estado asexual del ciclo de vida del luche.
Fase foliosa	: Estado sexual de <i>Porphyra</i> conocido como luche.
Fase gametofítica	: Fase foliosa productora de gametos. Luche en el caso de <i>Porphyra</i> .
Flagelo	: Estructura microscópica en forma de látigo que sirve para la movilidad de esporas o gametos. En <i>Porphyra</i> esporas y gametos no tienen flagelo.
Fotólisis	: En vegetales es la destrucción, por ejemplo de pigmentos fotosintéticos por efecto del exceso de radiación solar.
Fotoperiodicidad	: Régimen de horas de luz y oscuridad en un periodo de veinticuatro horas.
Fotosíntesis	: Síntesis de hidratos de carbono (almidón) a partir de anhídrido carbónico y agua con el aporte energético de la radiación solar y la acción de enzimas fotosintéticas de las células vegetales.
Fouling	: Conjunto de organismos indeseados de rápido crecimiento que colonizan la estructura de cultivo de una especie quitándole, reduciendo su disponibilidad de luz, movimientos de agua necesario para su normal desarrollo.
Fronda	: Parte principal de una macroalga que puede ser ramificada, tubular, filamentosa o laminar (como es <i>Porphyra</i>) a cargo de la fotosíntesis y de la reproducción.
Gametofitos	: Talos que corresponden a la fase del ciclo de vida que produce gametos.
Geonómica	: Bases de datos de la secuencia de genes de un organismo.
Gracilaria	: Especie de alga roja cordiforme ramificada productora de agar agar (ejemplo: pelillo).
Grateloupia	: Genero de alga roja sin valor comercial similar a la luga y de superficie mucilaginoso.
Hábitat	: Lugar donde habita una especie (por ejemplo el hábitat del luche es la zona intermareal superior).
Herbívoro	: Animal que se alimenta de vegetales en este caso algas.
Hoshi-nori	: Lamina rectangular y deshidratada de 18cm por 20cm fabricada en base a trozos de nori.
Huilliches	: Pueblo aborigen de Chile que habita en la costa y en las islas de la X Región.
Karengo	: Nombre del luche en idioma Maorí.
Kim	: Nombre coreano del luche.
Lafquenchies	: Rama del pueblo mapuche que habita la costa entre la VIII y IX regiones.
Laver	: Nombre del luche en inglés.
Macrocystis	: Alga parda provista de disco de fijación, estipe y frondas con flotadores (huiro o sargazo).

Maorí	: Pueblo de origen polinésico que habita en Nueva Zelanda.
Maricultura	: Cultivo de organismos marinos.
Mazzaella	: Alga roja de forma laminar lanceolada que habita en la zona intermareal desde Valparaíso a Magallanes (luga cuchara o yapín).
Monoico	: Macroalga en la cual ambos sexos están en una misma fronda.
Monospora	: Espora que se forma por división oblicua de una célula madre esporangial.
Monostromática	: Talo o fronda formado por una sola capa de células.
Morfo	: Voz abreviada de morfología (forma).
Multiestromática	: Talo o fronda formada por muchas capas de células.
Nori	: Nombre japonés del luche.
Organoléptica	: Conjunto de sensaciones que se perciben por los sentidos del gusto, olfato, vista y tacto.
Pehuenches	: Pueblo aborigen de Chile que habita en los valles y mesetas de la Cordillera de los Andes entre la VIII IX regiones.
Phaeophyta	: División que comprende a las algas pardas.
Pirenoide	: Organelo en el interior del cloroplasto asociado con la acumulación en algas de sustancias de reserva o almidón.
Porphyra	: Luche.
Procesos rizoidales	: Filamentos microscópicos que emergen de las células cercanas a la base en <i>Porphyra</i> .
Regeneración	: Capacidad de un tejido o trozo de alga de cicatrizar una parte dañada o cortada y formar nuevo tejido.
Rhodophyta	: División que comprende a las algas rojas.
Roseta	: Forma circular que asemeja la forma de una rosa
Submareal	: Zona de la costa ubicada por debajo de la línea de extrema bajamar.
Talo	: Cuerpo de un alga. En el caso de macroalgas el talo más complejo es el del huiro que presenta: disco de fijación, estípes y frondas con flotadores.
Taxonomía	: Disciplina científica que se ocupa de la clasificación de conjuntos de especies ya sean animales o vegetales, En este caso de macroalgas.
Tricógino	: Prolongación de la célula sexual femenina de algas rojas que recibe al espermacio en la fecundación.
Valvas	: Caparazón calcáreo doble de moluscos filtradores (almejas, choritos). Aplicase también a las cubiertas silíceas de las microalgas diatomeas.
Varek	: Nombre galés del luche o <i>Porphyra</i> .
Zicai	: Nombre chino del luche.
Zona intermareal	: Zona en la costa entre la plea y la bajamar.

8. Agradecimientos

Se agradece el financiamiento de FONDEF y el apoyo de las empresas:

Antártica Productos Marinos S. A.

Federación de Algueros Pescadores de Ancud

Bentromar S. A.

Sindicato de Pescadores Artesanales de Polocué

Algas Atacama S. A.

Rodrigo Santelices

que han hecho posible la edición del presente manual.

Además deseamos agradecer a las Sras. M. Romo y V. Castro, antropólogas por el diseño de tres figuras y aporte de bibliografía antropológica usada en esta edición; a G. Aroca, R. Sepúlveda, R. Ruiz y K. Castro por el apoyo técnico en laboratorio y terreno y a M. C. Bustos por su asistencia en la recopilación y selección de material gráfico.

9. Referencias

- Abbott, I. A. & G. J. Hollenberg. 1976. Marine Algae of California. Stanford University Press, Stanford, California, 827 pp.
- Aldunate, C & C. Villagrán. 1992. Recolectores de los bosques templados del cono sur americano. En: W. Moesbach, (Ed.). Botánica Indígena de Chile. Museo de Arte Precolombino, Fundación Andes. Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile, pp. 23-38.
- Ávila, M., K. Alveal & H. Romo. 1982. Comunidades de Algas epífitas en *Macrocystis pyrifera* de Isla Ambarino, Chile. Gayana (Botánica), 38: 1-16.
- Ávila, M., B. Santelices & J. McLachlan. 1986. Photoperiod and temperature regulation of the life cycle of *Porphyra columbina* (Rhodophyta, Bangiales) from central Chile. Canadian Journal of Botany, 64: 1867-1872.
- Batters, E. A. L. 1892. On *Conchocelis*, a new genus of perforating algae. Phycol. Mem., 1: 25-28.
- Brown, M. T. 1999. Editorial. The Biology of *Porphyra*. An internacional workshop. Journal of Applied Phycology, 11: 405
- Candia, A. 2001. Biosistemática del género *Porphyra* C. Agardh. Estudios morfológicos, reproductivos, de interfertilidad y moleculares en variantes fenotípicas presentes en el intermareal del área de Concepción. Tesis Doctorado Universidad de Concepción, 168 pp.
- Candia, A., S. Lindstrom & E. R. Reyes. 1999. *Porphyra* sp. (Bangiales, Rhodophyta): Reproducción and life form. Hydrobiologia, 398/399: 115-119.
- Drew, K. 1949. Conchocelis-phase in the life-history of *Porphyra umbilicalis* (L) Kütz. Nature, 164: 748-749.
- Etcheverry, H. & G. Collantes. 1977. Cultivo artificial de luche, *Porphyra columbina*, Montagne 1885 (Rhodophyta, Bangiales). Revista de Biología Marina, 16: 195-202.
- González, A & B. Santelices. 2003. A re-examination of the potential use of central Chilean *Porphyra* (Bangiales, Rhodophyta). In: A. R. O. Chapman, R. J. Anderson, V. J. Vreeland & I. R. Davison. Proceedings of the 17 th International Symposium, Cape Town 2001. Oxford University Press, New York, pp. 249-256
- Harvey, W. H. 1863. Phycologia Australica, (5): 241-300
- Latcham, R. 1910. Los changos de las costas de Chile. Imprenta Cervantes, Santiago de Chile, pp. 65
- Masuda, S. 1988. Algas y algueros en Chile. En S. Masuda (Ed.), Recursos Naturales Andinos. Universidad de Tokio, Tokio, pp. 265-299.
- Matamala, M., E. Martinez, I. Etchepare & H. Romo. 1985. Observaciones en terreno y observaciones *in vitro* de la fase conchocelis de *Porphyra columbina* Montagne (Algae, Rhodophyta). Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción, 56: 207-212.
- Miura, A. 1975. *Porphyra* cultivation in Japan. In: J. Tokida & H. Hirose (eds). Advance of Phycology in Japan. VEB Gustav Fischer Verlag Jena, Jena, pp 273-304.
- Nelson, W. A., J. Brodie & M.D. Guiry. 1999. Terminology used to describe reproduction and history stages in the genus *Porphyra* (Bangiales, Rhodophyta). Journal of Applied Phycology, 11:407-410.
- Oohusa, T. 1993. Chapter 7. The cultivation of *Porphyra* "Nori". En: M. Ohno & A. T. Critchley. Seaweed Cultivation and Marine Ranching. JICA, Yokosuka, pp. 57-73.
- Romo, H & E. de Paula. 1995. métodos experimentalers para el cultivo de *Porphyra*. En: K. Alveal, M. E. Ferrario, E. C. Oliveira & E. Sar. (Eds.). Manual de Métodos Ficológicos. Universidad de Concepción, Concepción, Chile, pp. 551-562.
- Romo, H. & S. Navarrete, 1988. Conchocelis de *Porphyra columbina* (Rhodophyta, Bangiaceae). Estudios *in vitro* sobre escape a la herbivoría y observaciones de terreno

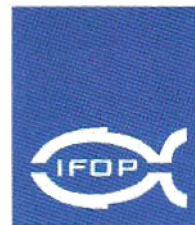
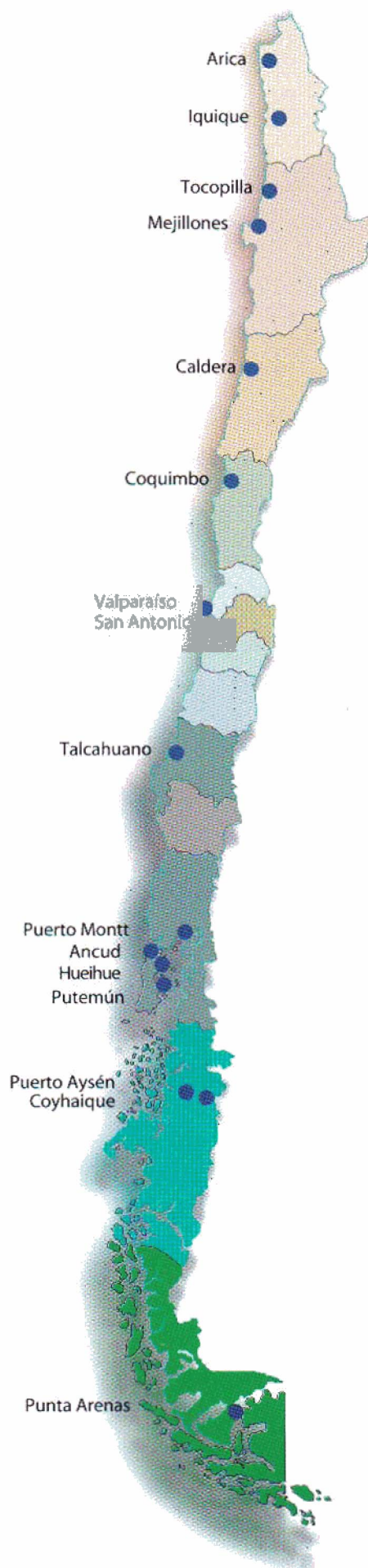
sobre su abundancia. Gayana (Botánica), 45: 391-399.

Romo, H., M. Ávila & A. Candia. 2004. Manual de técnicas de cultivo y repoblación de "luga roja" (*Gigartina skottsbergii*). Proyectos FONDEF D00 I 1064 y D00 I 1109. Universidad de Concepción-IFOP, Chile Segunda Edición. 32 pp.

Santelices, B. & M. Avila. 1986. Bases biológicas para maximizar la cosecha de "luche" (*Porphyra columbina*) Montagne en Chile central. En: R. Westermeyer (Ed.) Actas del II Congreso sobre Algas Marinas Chilenas. Universidad Austral de Chile

Seguel, M. & B. Santelices. 1988. Cultivo masivo de la fase conchocelis del luche *Porphyra columbina* Montagne (Rhodophyta). Gayana (Botánica), 45: 317-327.

Waaland, J. R., J. W. Stiller & D. P. Cheney. 2004. Macroalgal candidates for genomics. Journal of Phycology, 40: 26-33.



Instituto de Fomento Pesquero
División
Investigación en Acuicultura

Balmaceda 252 • Casilla 665
F. (56)(65) 34 2287 / 88 / 94
Puerto Montt, Chile

Hueihue
Centro Maricultura
Camino Manao s/n
(X Región)
F. (56) 1964130
Fax 1964131

Putemún
Centro Maricultura
Ten- Ten s/n, F/Fax (56) 1964135
(X Región)

Coyhaique
Complejo Piscícola Coyhaique
Camino Aeropuerto Tte. Vidal s/n
F: 67-219538
(XI Región)

Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)
Valparaíso
Huito 374, Casilla 8.V
F. 56 - 32 322000
Código Postal 2370282
www.ifop.cl