

# Algas



Insumo  
alternativo  
para la  
alimentación  
de especies  
acuícolas



PONTIFICIA UNIVERSIDAD  
CATOLICA  
DE VALPARAISO

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso  
Escuela de Ciencias del Mar





# ALGAS

## Insumo alternativo para la alimentación de especies acuícolas

MARÍA ISABEL TOLEDO  
MARCELA ÁVILA LAGOS  
ALEX MANRÍQUEZ LAGOS  
GERMÁN OLIVARES CANTILLANO  
ANDREA SOTO AZÓCAR  
SANDRA SAAVEDRA MUÑOZ  
JOSÉ ANTONIO ZERTUCHE  
SUNGCHUL C. BAI

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO  
Escuela de Ciencias del Mar

Para mayores informaciones:

**Laboratorio de Cultivo de Peces y Alimentación para la Acuicultura**  
**Escuela de Ciencias del Mar**  
**Pontificia Universidad Católica de Valparaíso**

Avenida Altamirano 1480, oficina 204

Fono / Fax: 56 - 32 - 2274263

Fax: 56 - 32 - 2274206

e-mail: [isabel.toledo@ucv.cl](mailto:isabel.toledo@ucv.cl)

Valparaíso - Chile

Inscripción N° 179.483  
ISBN 978-956-17-0439-8  
Derechos Reservados

Diseño y Producción Gráfica  
Ediciones Universitarias de Valparaíso  
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso  
[www.euv.cl](http://www.euv.cl)

Marzo 2009

Página 7	<b>Introducción</b>
9	<b>CAPÍTULO I</b> ¿Por qué usar algas en la alimentación de especies acuícolas?
21	<b>CAPÍTULO II</b> Incremento del valor nutricional de las algas
31	<b>CAPÍTULO III</b> Evaluación de algas enriquecidas como insumo para la formulación de alimentos para truchas y salmones
47	<b>CAPÍTULO IV</b> Otras aplicaciones de las algas



## Introducción

Las propiedades climáticas y ecológicas de nuestro país han permitido que se desarrolle en nuestras costas una flora marina con características exclusivas y diferentes a las que se desarrollan en otras latitudes, lo que, sumado a la buena manipulación por parte de recolectores capacitados en el oficio, permite desarrollar productos algales con alto valor agregado (Avila *et al.*, 2005).

El uso de algas en áreas como la agricultura o como alimento humano data de muchos siglos atrás, en la actualidad dadas sus propiedades como espesantes gelificantes y estabilizantes han permitido su uso en la industria alimentaria. En los últimos años se ha reconocido las propiedades de las algas para ser usadas en el área farmacológica (Chapman y Chapman, 1980).

El uso de algas pardas se ha diversificado. Algunos de sus actuales compradores no sólo las utilizan para producir alginatos, sino que las procesan y las revenden a un precio mayor abarcando tres grandes mercados: cosmético, avícola y acuícola.

Con el fin de buscar nuevos insumos proteicos para la elaboración e incorporación en la dieta de especies acuícolas, la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso en conjunto con el Instituto de Fomento Pesquero, empresas del sector acuícola y elaboradoras de alimentos para peces, desarrollaron el proyecto “Generación de fuentes alternativas de materias primas para la alimentación de especies acuícolas, basadas en productos algales: I peces” (Proyecto FONDEF D01-I-1046). Gracias al financiamiento del Fondo de Desarrollo y Fomento FONDEF.

Esta publicación resume el trabajo realizado, con el objetivo de difundir los resultados del proyecto en el sector acuícola, aborda temas tales como la importancia de las algas en la salmonicultura, las algas en la alimentación acuícola y otros usos.

Los autores desean manifestar su reconocimiento a FONDEF y a las empresas participantes por su valioso aporte, interés y respaldo, con lo cual se ha logrado concretar las metas propuestas en este proyecto de investigación.



## Capítulo I ¿Por qué usar algas en la alimentación de especies acuícolas?

La industria acuícola en general, ha tenido un incremento significativo en los últimos años, tanto en Chile, como en el resto del mundo. Consecuentemente con ello, la demanda por alimento para las diversas especies en cultivo ha ido en aumento.

La harina y aceite de pescado han sido tradicionalmente los principales insumos proteicos y oleicos de los alimentos para las especies acuícolas. Se estima que la intensificación de la producción acuícola de peces en agua dulce podría absorber, sólo en Asia, el 50% de la producción mundial de harina de pescado, al final de la década, lo cual traerá problemas de abastecimiento (Werner *et al.*, 2004). Para contrarrestar la creciente demanda por estos insumos, los productores a nivel mundial están buscando recursos alternativos de proteínas y aceites en los vegetales y otras fuentes marinas (Toledo *et al.*, 2004).

Las algas, por su composición nutricional, pueden ser utilizadas como insumo en la sustitución parcial de la harina de pescado. Si bien el contenido proteico no es más alto que algunas plantas terrestres, este podría ser incrementado sometiendo a las algas a pulsos de nitrógeno (Jones *et al.*, 1995). Los compuestos algales pueden también tener efectos beneficiosos sobre la salud de los peces, similares a los efectos positivos sobre el sistema inmunológico en humanos y el sistema de defensa en las plantas (Werner *et al.*, 2004).

### Principales especies de algas utilizadas como alimento

Las algas marinas se han utilizado como alimento humano desde la antigüedad, especialmente en Corea, Japón y China. Este último es el principal productor de algas marinas comestibles, produce alrededor de cinco millones de toneladas al año. La mayor parte de esa cantidad corresponde al *kombu* (*Laminaria japonica*), cuyo cultivo en cuerdas suspendidas ocupa cientos de hectáreas en el océano. Corea cultiva unas 800.000 ton/año de tres especies diferentes, de las cuales, la de mayor relevancia es el *wakame* (*Undaria pinnatifida*), cuyo cultivo es similar

al de Laminaria en China. A su vez, Japón produce unas 600.000 ton/año, de las cuales la mayoría corresponde al *nori* (*Porphyra sp*), esta alga es un producto de gran valor comercial por tonelada, en comparación con el *kombu* y el *wakame* (McHugh, 2002).

Otro importante uso de las algas, es la obtención de carragenina, alginato y agar, espesantes y gelificantes que constituyen la base principal del uso industrial de las algas, ya sea en el área textil, alimentaria, papelera, farmacéutica, cosmética, y de productos dentales, etc. (Cruz-Suárez *et al.*, 2000; McHugh, 2002).

Para el hombre y otros mamíferos las algas, no solamente han sido reconocidas como una excelente fuente de nutrientes (Domínguez *et al.*, 2002), sino que además, se ha demostrado que algunos de sus componentes, especialmente los pigmentos y polisacáridos, poseen propiedades fisiológicas importantes, por ejemplo, como anticoagulantes, antioxidantes y antitumorales, entre otras propiedades, encontradas principalmente en especies como *Ascophyllum*, *Undaria*, *Saragassum*, *Laminaria* y *Macrocystis* (Cruz-Suárez *et al.*, 2000).

En los años 60, Noruega fue el primer país en producir harina de algas, elaborada con algas pardas desecadas y en polvo, la que fue utilizada como aditivo en la elaboración de pellets (McHugh, 2002).

### **Utilización de algas en la elaboración de alimentos para especies acuícolas y otras**

La utilización de las algas como complemento en alimentos para ganado bovino y aves ha dado buenos resultados. En bovinos se ha reportado que *Ascophyllum nodosum*, mejora la eficiencia del alimento y la ganancia en peso, incrementa además la producción de leche, aumenta el contenido de hemoglobina en la sangre y produce la reducción del contenido de grasa en la carne. Se ha comprobado que la inclusión de algas en alimentos mejora la calidad nutricional de éstos, por ejemplo, la inclusión de algas en alimentos para ganado lechero aumenta el contenido de los niveles de yodo y vitamina A en la leche (Cruz-Suárez *et al.*, 2000; Domínguez *et al.*, 2002).

Por otra parte, en aves también se ha reportado efectos positivos al incluirlas en los alimentos, por ejemplo, aumenta los niveles de pigmentación de la yema de huevo y los niveles de ácidos grasos insaturados (Cruz-Suárez *et al.*, 2000). En otro estudio, se comparó harina de algas marinas (*Ulva fasciata*), follaje de yuca (*Manihot sculenta*) y alfalfa (*Medicago sativa*), incorporadas al 10% en dietas para pollos de engorde. Se evaluó la ganancia de peso, el consumo de alimento y la conversión, los resultados mostraron diferencias significativas en el consumo

de alimento. Se concluyó que las harinas de algas y follaje de yuca constituyen sustitutos potenciales de la alfalfa, en dietas para pollos de engorde (Pérez-Buriel, 1978).

En cuanto a la utilización de las algas en la alimentación de especies acuícolas, se han utilizado *Macrocystis pyrifera* y *Ulva spp.*, tanto en forma fresca como incluidas en alimentos extruidos. En erizo de mar (*Loxechinus albus*), se obtuvo buenos resultados en la formación de gónadas, especialmente con el alimento extruido conteniendo *kelp* (*M. pyrifera*) (Lawrence *et al.*, 1997 In: Cruz-Suárez *et al.*, 2000). Se ha reportado el uso de *kelp* en alimentos para abalón (*Haliotis fulgens*), al comparar los parámetros nutricionales y de crecimiento frente a ensilados de pescado y vísceras, se obtuvieron buenos resultados (Viana *et al.*, 1996). Complementariamente, se evaluó el alga en forma fresca como atrayente sobre la misma especie de abalón (*H. fulgens*), resultando más atractiva que el uso de ensilado de peces y vísceras (Viana *et al.*, 1994).

En peces, también se ha evaluado la inclusión de algas en la alimentación, en Japón se encontró que éstas aceleran la asimilación de ácido ascórbico, mejorando además las condiciones fisiológicas relacionadas con el metabolismo de la vitamina C. Así mismo, el metabolismo de los lípidos es mejorado, lo cual puede ser parcialmente explicado por el efecto sinérgico con la vitamina C (Nakagawa, 1997 In: Cruz-Suárez *et al.*, 2000).

El efecto inmunoestimulante de alginatos de *U. pinnatifida* y *M. pyrifera* se ha probado en el control de enfermedades bacterianas causadas por *Edwardsiella tarda* en la carpa común (*Cyprinus Carpio L.*) (Fujiki *et al.*, 1994 In: Cruz-Suárez *et al.*, 2000).

El efecto de la inclusión de algas en alimentos el camarón (*Penaeus japonicus*), ha demostrando la eficacia de la administración oral del fucoidán, que es un polisacárido sulfatado extraído del alga café *Cladosiphon okamuranos*, a concentraciones de 60 y 100 mg semipuro por kilo de camarón por día, para el control del virus del síndrome de la mancha blanca (WSSV), obteniendo sobrevivencias del 76 y 77% comparado con un 0% obtenido en el control. Con esto se concluyó que el fucoidán inhibe la adsorción del WSSV en las células del camarón, previniendo de esta forma la infección y posterior desarrollo de la enfermedad (Takahashi *et al.*, 1998. In: Cruz-Suárez *et al.*, 2000). En la actualidad, el fucoidán es comercializado como un producto líquido extraído de algas café y aplicado como inmunoestimulante para camarones marinos.

En otra investigación realizada con harina de *kelp* en alimentos para camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), se evaluó el efecto de la inclusión de 2% y 4% de harina sobre diferentes parámetros zootécnicos en el camarón blanco, se midió

el consumo de alimento, ganancia en peso, tasa de crecimiento, conversión alimenticia, digestibilidad, entre otros. Los resultados mostraron que la inclusión de harina de kelp en los alimentos aumentó al doble el consumo, el crecimiento y la biomasa, así como la digestibilidad de la materia seca. Además, los pellets aumentaron significativamente su capacidad de absorción de agua. Con todo esto se puede concluir que la inclusión de harina de kelp, en un 2 y 4% en alimentos pelletizados para camarón, resulta ser un excelente aditivo atrayente, aglutinante y texturizante, lo que permite la utilización más eficiente de los nutrientes en la dieta (Cruz-Suárez *et al.*, 2000).

Por su alto contenido de cenizas, la harina de algas es una fuente potencial de minerales, como calcio, fósforo, cloro, potasio, magnesio, yodo y otros minerales traza, además de vitaminas, su fibra constituida principalmente de polisacáridos solubles, difiere química y físico-químicamente de la fibra de las plantas terrestres, por lo tanto, inducen diferentes efectos fisiológicos. En general, la composición química de las algas varía considerablemente de especie a especie en función de su localización geográfica, estación del año, exposición al oleaje y a las corrientes, concentración de nutrientes presentes en el medio, profundidad a la que se localizan, la temperatura, estado de desarrollo etc. (Cruz-Suárez *et al.*, 2000).

### Propiedades y características nutricionales de las algas chilenas

Para el desarrollo de esta investigación se recolectaron frondas de distintas zonas geográficas (Tabla 1.1). La recolección de las algas fue realizada estacionalmente para evaluar la variación de su composición nutricional.

**Tabla 1.1. Especies de macroalgas utilizadas y localidad de muestreo.**

Especie	Localidad de Muestreo
L. nigrescens Pisagua	(19°36'S; 70°16'W, I Región)
M. pyrifera Hueihue	(41°58'S; 73°33'W, X Región)
Ulva spp. Hueihue	(41°58'S; 73°33'W, X Región)
G. chilensis Maulín	(41°37'S; 73°36'W, X Región)
P. columbina Chacao	(41°50'S; 73°31'W, X Región)
S. crispata Hueihue	(41°58'S; 73°33'W, X Región)
G. skottsbergii Calbuco	(41°43'S; 73°05'W, X Región)

A continuación se detallan las propiedades y características nutricionales de las

siete algas chilenas de mayor utilización en la elaboración de alimentos, tanto para el consumo humano, como en la fabricación de alimentos para la acuicultura.

### Perfil Nutricional de *Lessonia nigrescens*

División: *Phaeophyta*

Orden: *Laminariales*

Familia: *Lessoniaceae*

Género: *Lessonia*

Especie: *Lessonia nigrescens*

### Descripción Morfológica

Alga de color pardo, se conoce con el nombre de Chascón. Consta de un disco adhesivo de hasta 50 cm de diámetro, macizo y cónico formado por hapterios fusionados, del que se originan un número variable de estipes alargados de 2-3 m de longitud y de hasta 4 cm de diámetro. Los estipes se dividen dicotómicamente dos o tres veces luego se aplanan transformándose en láminas de márgenes lisos o levemente dentados. Esta alga forma extensas franjas desde el intermareal al submareal somero, adheridas a rocas expuestas y semiexpuestas al oleaje. Los discos adhesivos habitualmente presentan numerosas cavidades que son utilizadas como hábitat por diversas especies de invertebrados.

### Distribución

En Chile se distribuye desde Iquique hasta Tierra del Fuego.

**Tabla 1.2. Vitaminas y Minerales de *L. nigrescens*.**

Especie/Análisis	Vitaminas (mg/100g)			Minerales (%)				
	B1	B2	C	Ca	P	K	Na	Mg
<i>Lessonia nigrescens</i>	2.38	0.08	83.25	0.91	3.93	7.08	16.27	0.85

**Tabla 1.3. Análisis Proximal Estacional de *L. nigrescens*.**

Estación	% Proteínas	% Cenizas	% Lípidos	% Fibras	% Carbohidratos	Calorías* 100 g
Primavera	12.17	31.41	0.14	22.53	6.02	32.99
Verano	12.83	28.12	0.38	27.82	6.17	35.68
Otoño	14.58	27.01	1.05	21.27	6.72	39.56
Invierno	13.79	28.09	0.92	19.36	7.26	41.22

### Perfil Nutricional de *Macrocystis pyrifera*

División: *Phaeophyta*  
 Orden: *Laminariales*  
 Familia: *Lessoniaceae*  
 Género: *Macrocystis*  
 Especie: *Macrocystis pyrifera*

### Descripción Morfológica

El nombre común de esta alga es huiro, es de color pardo y puede alcanzar hasta 30 m de longitud. La planta consta de un disco adhesivo formado por hapterios ramificados no fusionados. Del disco nacen los estipes cilíndricos que dan origen a las láminas, está provisto de aerocisto piriforme basal lleno de aire. Esta especie se encuentra formando bosques submarinos extensos sobre sustrato rocoso hasta 30 m de profundidad. Esta alga es utilizada para la elaboración de alginatos y utilizada para la alimentación de abalones y erizos.

### Distribución

En Chile se distribuye desde Tocopilla hasta Tierra del Fuego.

**Tabla 1.4. Análisis Proximal Estacional de *M. pyrifera*.**

Estación	% Proteínas	% Cenizas	% Lípidos	% Fibras	% Carbohidratos	Calorías* 100 g
Primavera	17.48	37.18	0.40	20.02	3.27	22.69
Verano	10.24	31.92	0.84	20.43	5.26	28.00
Otoño	9.18	35.57	0.61	14.58	6.12	30.89
Invierno	11.00	29.88	0.47	18.94	8.46	44.10

### Perfil Nutricional de *Gigartina skottsbergii*.

División: *Rhodophyta*  
 Orden: *Gigartinales*  
 Familia: *Gigartinaceae*  
 Género: *Gigartina*  
 Especie: *Gigartina skottsbergii*

### Descripción morfológica

Alga conocida con el nombre de Luga roja. Es una lámina gruesa de hasta 90

cm de largo por 120 cm de ancho, de color rojo púrpura o rojo oscuro. Consta de numerosas proyecciones rizoidales con las que se adhiere al sustrato. En la superficie de la lámina se puede encontrar papilas que corresponden a cistocarpos o a proyecciones vegetativas. Se utiliza para la elaboración de carrageninas, gel utilizado principalmente en la industria alimentaria.

**Distribución**

Se distribuye desde Valdivia a Cabo de Hornos.

**Tabla 1.5. Análisis Proximal Estacional de *G. skottsbergii*.**

Estación	% Proteínas	% Cenizas	% Lípidos	% Fibras	% Carbohidratos	Calorías* 100 g
Primavera	7.15	27.66	0.10	0.24	17.28	77.00
Verano	8.85	25.92	0.45	0.22	19.61	90.48
Otoño	8.73	25.69	0.28	1.81	17.00	77.99
Invierno	6.86	24.97	0.46	0.92	17.56	78.56

**Perfil Nutricional de *Porphyra columbina***

División: *Rhodophyta*

Orden: *Bangiales*

Familia: *Bangiaceae*

Género: *Porphyra*

Especie: *Porphyra columbina*

**Descripción Morfológica**

Alga conocida comúnmente con el nombre de Luche. Estas plantas varían entre rosado, violáceo, rojo verdoso y verdoso. Están formadas por frondas de hasta 10 cm de largo y 5 cm de ancho y de textura fina. Son de formas variables, pueden ser relativamente planas, onduladas o crespas y se originan aisladas o en manojos a partir de un disco formado por rizoides o por una base en cojín.

Las algas crecen adheridas a las rocas en la zona intermareal alto sometidas a prolongados períodos de desecación.

Se extrae de poblaciones naturales para consumo humano.

**Distribución**

Se distribuye desde Iquique a Cabo de Hornos.

**Tabla 1.6. Vitaminas y Minerales de *P. columbina*.**

Especie/Análisis	Vitaminas (mg/100g)			Minerales (%)				
	B1	B2	C	Ca	P	K	Na	Mg
<i>Porphyra columbina</i>	3.28	1.22	28.55	0.17	3.00	3.17	19.88	0.56

**Tabla 1.7. Análisis Proximal Estacional *P. columbina*.**

Estación	% Proteínas	% Cenizas	% Lípidos	% Fibras	% Carbohidratos	Calorías* 100 g
Primavera	30.04	13.29	0.13	1.26	13.89	86.03
Verano	26.84	20.60	0.50	0.91	8.60	53.16
Otoño	28.75	21.30	0.66	3.55	8.25	54.84
Invierno	25.20	22.84	0.73	1.00	7.82	47.95

### Perfil Nutricional de *Sarcotalia crispata*

División: *Rhodophyta*

Orden: *Gigartinales*

Familia: *Gigartinaceae*

Género: *Sarcotalia*

Especie: *Sarcotalia crispata*

### Descripción Morfológica

Alga conocida con el nombre común de Luga negra. Estas plantas contienen una o más láminas que nacen de un disco basal. Las láminas son pardo rojizas o verdosas, de hasta 1 m de largo y 60 cm de ancho pero comúnmente de 40 a 50 cm de largo. La porción basal de la lámina presenta proliferaciones que asemejan cilios o papilas. Crece desde el intermareal bajo hasta 10 m de profundidad sobre sustrato rocoso y piedras.

Es productora de carragenina, gel utilizado principalmente en la industria alimentaria.

### Distribución.

Se distribuye desde Valparaíso a Tierra del Fuego.

**Tabla 1.8. Análisis Proximal Estacional *S. crispata*.**

Estación	% Proteínas	% Cenizas	% Lípidos	% Fibras	% Carbohidratos	Calorías* 100 g
Primavera	16.87	28.80	0.11	0.60	10.04	53.03
Verano	12.09	27.76	0.37	0.77	12.25	59.76
Otoño	13.41	30.42	0.43	1.00	11.92	60.19
Invierno	16.25	27.09	0.25	1.34	11.07	57.77

**Perfil Nutricional de *Gracilaria chilensis***

División: *Rhodophyta*

Orden: *Gracilariales*

Familia: *Gracilariaceae*

Género: *Gracilaria*

Especie: *Gracilaria chilensis*

**Descripción Morfológica**

Se conoce con el nombre común de Pelillo. Los tallos son cilíndricos, filamentosos, de color pardo rojizo, de unos 2 mm de diámetro, y su longitud puede alcanzar hasta 2 m de largo. Las plantas pueden vivir enterradas a sustrato de arena o fango, o adheridas a rocas o moluscos mediante un disco adhesivo. Esta alga crece en ambientes protegidos, en zonas intermareales y submareales hasta 10 m de profundidad. Es productora de agar, gel que se utiliza en la industria alimentaria y farmacéutica.

**Distribución**

Desde Mejillones hasta Chiloé en forma discontinua. En varios lugares ha sido introducida para el cultivo.

**Tabla 1.9. Vitaminas y Minerales *G. chilensis*.**

Especie/Análisis	Vitaminas (mg/100g)			Minerales (%)				
<i>Gracilaria chilensis</i>	B1	B2	C	Ca	P	K	Na	Mg
	27.57	0.68	13.77	0.19	1.82	9.88	10.16	0.30

**Tabla 1.10. Análisis Proximal Estacional. *G. chilensis***

Estación	% Proteínas	% Cenizas	% Lípidos	% Fibras	% Carbohidratos	Calorías* 100 g
Primavera	15.14	25.83	0.24	7.00	7.80	40.68
Verano	17.47	20.79	0.37	7.26	10.89	58.63
Otoño	18.66	22.92	0.67	8.01	8.10	45.55
Invierno	24.31	19.42	0.21	5.43	10.42	62.08

### Perfil Nutricional de *Ulva spp.*

División: *Chlorophyta*

Orden: *Ulvales*

Familia: *Ulvaceae*

Género: *Ulva*

Especie: *Ulva spp.*

### Descripción Morfológica

Esta alga se conoce con el nombre común de Lamilla, es de color verde y de forma muy variable, vive adherida a rocas o sobre otras algas, se adhiere al sustrato mediante un pequeño disco. El crecimiento de estas plantas es difuso, y sus láminas tienen sólo dos capas de células. La diferenciación de las especies se basa en características como el grosor de la lámina, disposición de las células y formas de reproducción. Esta alga puede vivir en el intermareal o submareal y es particularmente común en áreas sujetas a contaminación orgánica, ricas en nutrientes. Es utilizada para consumo humano y como fertilizante por su alto contenido en nitrógeno. También se utiliza como alimento animal.

### Distribución

En Chile se distribuye a lo largo de toda la costa hasta Tierra del Fuego.

**Tabla 1.11. Vitaminas y Minerales de *Ulva sp.***

Especie/Análisis	Vitaminas (mg/100g)			Minerales (%)				
	B1	B2	C	Ca	P	K	Na	Mg
<i>Ulva spp.</i>	8.53	0.79	9.93	0.33	1.11	2.91	20.13	1.56

**Tabla 1.12. Análisis Proximal Estacional de *Ulva sp.***

Estación	% Proteínas	% Cenizas	% Lípidos	% Fibras	% Carbohidratos	Calorías* 100 g
Primavera	25.75	21.67	0.25	10.01	8.20	53.21
Verano	14.05	22.28	0.62	14.20	9.82	51.77
Otoño	20.18	24.78	0.54	11.64	7.81	46.86
Invierno	21.79	18.72	0.63	12.14	9.97	59.65

### Bibliografía

- Ávila, M., Saavedra, S., Toledo, M., Olivares, G., Manríquez, A. & Soto, A., 2005.** Perfiles Nutricionales de las Algas Chilenas. Fichas. Proyecto FONDEF D01/1046; Generación de fuentes alternativas de materias primas para la alimentación de especies acuícolas, basados en productos algales: I Peces.
- Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Guajardo-Barbosa, C., 2000.** Uso de harina de kelp (*Macrocystis pyrifera*) en alimentos para camarón. In: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M. A. & Civera-Cerecedo, R. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 19-22 noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México.
- Domínguez, S., Casas, M., Ramos, F., et al., 2002.** Algas marinas de Baja California Sur, México: Valor nutrimental. ALAN, dic. 2002, vol. 52, N° 4, p. 400-405.
- Jones, A., Dennison, C. & G. Stewart. 1996.** Macroalgal responses to nitrogen source and availability: aminoacid metabolic profiling as a bioindicator using *Gracilaria edulis* (Rhodophyta). *J. Phycology*, 32:757-766.
- McHugh, D., 2002.** Perspectivas para la producción de algas marinas en los países en desarrollo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO Circular de Pesca N° 968 FIIU/C968(Es). Roma, 2002.
- Pérez-Buriel, J., Carballo, A. & Millán, J., 1978.** Harinas de algas marinas, *Ulva fasciata*, follaje de yuca, *Manihot sculenta* y alfalfa en dietas para aves. *Agronomía Tropical*. 28(3): 275-282.
- Toledo M., G. Olivares, P. Soto & A. Manríquez, 2004.** Lupino Dulce un ingrediente para la alimentación de truchas y salmones. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Abril 2004, Valparaíso, Chile. p. 1-43.
- Viana, M. T., Cervantes-Trujano, M. & Solana-Sansores, R., 1994.** Attraction and palatability activities in juvenile abalone (*Haliotis fulgens*): nine ingredients used in artificial diets. *Aquaculture*, 127: 19-28.
- Viana, M. T., López, L. M., García-Esquivel, Z., Méndez E., 1996.** The use of silage made from fish and abalone viscera as an ingredient in abalone feed. *Aquaculture*, 140 (1-2), 87-98.

**Werner, A., Clarke, D., Kraan, S., 2004.** Strategic Review of the Feasibility of Seaweed Aquaculture in Ireland. NDP Marine RTDI Desk Study Series. Irish Seaweed Centre, Martin Ryan Institute, National University of Ireland, Galway (Ed.).

## Capítulo II Incremento del valor nutricional de las algas

Las diferentes especies de algas presentan variación en su composición química y por lo tanto en su valor nutritivo (ver Capítulo I). Algunos de los factores que influyen en la composición química de las algas son la disponibilidad de nutrientes del medio, especialmente nitrógeno, considerado como el elemento mayoritariamente limitante en su crecimiento (Friedlander & Dawes, 1985; Peckol *et al.*, 1994; Jones *et al.*, 1996), área geográfica de donde provienen, época del año en que son cosechadas y temperatura del agua (Laycock & Craigie, 1977; Bird, 1984; Indergaard & Knudsen, 1990; Rodríguez-Montesinos & Hernández-Carmona, 1991; Castro-González *et al.*, 1994; Norziah & Ching, 2000).

Diversos estudios han reportado la posibilidad de modificar el nivel de proteínas en las algas mediante fertilizaciones con nitrógeno, obteniendo aumentos en el contenido de nitrógeno en el tejido, principalmente como proteínas y aminoácidos (Bird *et al.*, 1982; Lapointe & Duke, 1984; Friedlander & Dawes, 1985); esto debido a la capacidad que tienen las algas de incorporar y almacenar nutrientes, tanto en cantidad como en calidad, cuando éstos se encuentran disponibles en el medio (Chopin *et al.*, 2001; Naldi & Wheeler, 2002).

Una de las principales fuentes para enriquecer a las algas es el nitrógeno, el cual ha sido utilizado en sus diferentes formas químicas: amonio, nitrato, nitrito (Lobban & Harrison, 1994). Estas fuentes de nitrógeno pueden encontrarse y utilizarse en forma natural como desecho del metabolismo de otras especies (efluentes de cultivos) (Shpigel *et al.*, 1999); o bien en forma artificial en productos comerciales o fertilizantes.

Con los antecedentes antes mencionados, en este estudio se evaluó en condiciones controladas el efecto de la adición de nitrógeno, en forma de amonio y nitrato, sobre la concentración de proteínas y aminoácidos del tejido algal, con el fin de incrementar su valor nutricional para alimento de especies acuícolas.

Para realizar los análisis de proteínas y aminoácidos, luego del proceso de enriquecimiento, las muestras fueron lavadas con agua destilada, liofilizadas y mo-

lidas. La extracción de proteínas se realizó con 0.1N NaOH a 60°C durante dos horas (Mayer *et al.*, 1986), posteriormente se centrifugaron alícuotas de sobrenadante, se diluyeron con NaCl y mezclaron con solución de Coomassie Brilliant Blue G-250 (Setchell, 1981). Las muestras fueron leídas luego de 5 minutos en un espectrofotómetro HP 8452 a 594 nm. La cuantificación se realizó mediante una curva de calibración usando albúmina como estándar.

La determinación de aminoácidos totales hidrolizables se realizó por cromatografía líquida de alta presión (HPLC) con prederivatizaciones con ophthaldialdehído (OPA) y 2-mercaptoetanol (Lindroth & Mopper, 1979; Jones *et al.*, 1981). La detección se realizó con un detector de fluorescencia (330 nm excitación y 450 nm de emisión). La separación cromatográfica se hizo en un gradiente con acetato de sodio y metanol (Pantoja & Lee, 1999). La cuantificación se realizó analizando un estándar de 15 aminoácidos con cada set de muestras, en donde se compararon tiempos de retención y factores de respuesta. Los quince aminoácidos analizados se detallan en la Tabla 2.1 y se enumeraron del 1 al 15 para efectos de análisis y gráficas.

**Tabla 2.1. Aminoácidos analizados.**

Nº	Aminoácidos
1	Acido Aspártico
2	Acido Glutámico
3	Serina
4	Histidina
5	Glicina
6	Treonina
7	Arginina
8	Alanina
9	Tirosina
10	Metionina
11	Valina
12	Fenilalanina
13	Isoleucina
14	Leucina
15	Lisina

### Enriquecimiento proteico de las algas

Para evaluar el efecto del enriquecimiento proteico se seleccionaron aquellas especies con mayor contenido de proteínas: *P. columbina*, *G. chilensis* y *Ulva spp.*

En la Tabla 2.2, se muestran los resultados del análisis de proteínas de las siete especies de algas, en esta se observa que en *Macrocystis pyrifera* y *Lessonia nigrescens* (algas pardas), el porcentaje de proteínas varía entre 9.18%-17.48%. Las algas rojas muestran un rango más amplio entre 6,86%-30,04%, encontrándose los valores más bajos en la especie *Gigartina skottsbergii* y los más altos en la especie *Porphyra columbina*. Mientras que el alga verde, *Ulva spp.*, muestra un rango medio entre 14,05%-25,75% de proteínas. En cuatro especies de las analizadas (*M. pyrifera*, *S. crispata*, *P. columbina* y *Ulva spp.*) los máximos valores de proteína (%) se encontraron en primavera.

Las experiencias de adición de nitrógeno a las algas, se desarrollaron en condiciones controladas de luz y oscuridad (40 y 60  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ seg}^{-1}$ ) a 15°C en cámara de cultivo (Fig. 2.1A) y a distintas concentraciones de fertilizantes. Se utilizó dos fertilizantes comerciales (1 y 2) con diferentes fuentes de nitrógeno:

- Fertilizante 1 = nitrógeno en forma de amonio al 11%.
- Fertilizante 2 = nitrógeno a la forma de nitrato al 25%.

En todas las experiencias las algas se mantuvieron con abundante aireación (Fig. 2.1C), con el propósito de que éstas se mantuvieran en constante movimiento para facilitar la incorporación de nutrientes. Al inicio de cada experiencia, las algas fueron mantenidas tres días en inanición, para que de este modo agotaran sus reservas.

Al término del experimento las muestras de algas se sacaron y se congelaron para determinar el nivel de proteínas y de aminoácidos logrados luego del proceso de enriquecimiento. Este último se realizó en aquellas algas que mostraron los mejores resultados de enriquecimiento. El análisis estadístico de los datos se efectuó mediante análisis de varianza con alfa igual a 0.05 utilizando el programa Statistica (StatSoft, 1998).

**Tabla 2.2. Contenido proteico (%) estacional en especies de algas de importancia económica. (Base seca).**

Especie	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Promedio anual
<i>L. nigrescens</i>	12,17	12,83	14,58	13,79	13,34
<i>M. pyrifera</i>	17,48	10,24	9,18	11,00	11,97
<i>Ulva spp</i>	25,75	14,05	20,18	21,79	20,44
<i>G. chilensis</i>	15,14	17,47	18,66	24,31	18,89
<i>P. columbina</i>	30,04	26,84	28,75	25,20	27,71
<i>S. crispata</i>	16,87	12,09	13,41	16,25	14,65
<i>G. skottsbergii</i>	7,15	8,85	8,73	6,86	7,89

### Evaluación del Efecto de Oscuridad sobre el enriquecimiento proteico

Frondas frescas de las especies de *Porphyra columbina*, *Gracilaria chilensis* y *Ulva spp.* fueron transportadas desde los lugares de recolección, hasta el laboratorio, donde fueron lavadas y dispuestas en contenedores de plástico o cubetas (capacidad 10 l) con agua de mar filtrada (45 µm), aireación constante y en completa oscuridad (Fig. 2.1).

Se pesaron 20 g de alga húmeda, las que fueron depositadas en cada cubeta, agregando 8 l de agua de mar y 0.1 ml/l de cada fertilizante sólo por una vez al inicio del experimento. Se realizaron tres tratamientos con tres réplicas cada uno. Los muestreos se realizaron a las 6, 12 y 24 horas de haber fertilizado. En cada muestreo se sacó aproximadamente 4 gramos de alga de cada cubeta. El material recolectado fue congelado para análisis de proteínas y de aminoácidos.

En esta experiencia, de las 3 especies utilizadas, *P. columbina* presentó un mayor y significativo aumento en el contenido de proteínas al utilizar el fertilizante 2 (25% nitratos) por un período de 24 horas (Fig. 2.2) ( $p < 0.05$ ); *Ulva spp.* no presentó respuesta frente a ningún fertilizante en un periodo de 24 horas y *G. chilensis* aumentó el contenido de proteínas sólo cuando se utilizó el fertilizante 1 que contiene amonio, notándose un aumento a partir de las 12 horas de iniciado el experimento.

En la Figura 2.3 se muestran los resultados de la concentración de aminoácidos (g/100g) en la especie *P. columbina*, en frondas enriquecidas y no enriquecidas, se observa que en todos los aminoácidos las algas enriquecidas presentan una mayor concentración ( $p < 0.01$ ), siendo la excepción la lisina, ya que su concentración es levemente superior en las frondas no enriquecidas.

### **Evaluación del Efecto de Luz y Oscuridad sobre el enriquecimiento proteico**

Fronδας de *G. chilensis* fueron colectadas desde centros de cultivo localizados en Maullín (X Región) y fueron transportadas al laboratorio en Puerto Montt donde se limpiaron de epífitos. Las frondas se dispusieron en cubetas (10 l) con agua de mar y aireación constante. Para cada cubeta se pesaron 20 gramos de alga, agregando 8 l de agua de mar filtrada (45 µm). Se realizaron dos tratamientos (luz y oscuridad) con sus respectivos controles y tres réplicas cada uno. Se utilizó solamente el fertilizante 1 (11% amonio); ya que de acuerdo a la literatura, *Gracilaria* incorpora más eficientemente amonio (Alarcón, 2000), lo cual quedó demostrado en la experiencia anterior (Fig. 2.2). El enriquecimiento se efectuó adicionando por una vez al agua de mar un volumen de 0.1 ml/l de fertilizante. Después de 24 horas, se obtuvieron muestras de algas, las que fueron congeladas para análisis de proteínas y aminoácidos.

La Figura 2.4 muestra los resultados obtenidos en la especie *G. chilensis*, donde existió un aumento significativo ( $p < 0.05$ ) en la cantidad de proteínas (%) al enriquecer las algas con una fuente de nitrógeno en base a amonio. Los tratamientos de luz y oscuridad no muestran diferencias en el efecto sobre el incremento de proteínas, ya que se observa la misma tendencia. En la Figura 2.5 se muestran los resultados de la concentración de aminoácidos (g/100 g) en *G. chilensis*. No obstante, en términos de concentración de aminoácidos, las algas enriquecidas en luz y oscuridad presentan una mayor concentración, que en las algas no enriquecidas ( $p < 0.01$ ), la excepción la constituye serina que presenta una mayor concentración en las frondas no enriquecidas.

### **Efecto de concentraciones de fertilizante sobre el enriquecimiento proteico**

En el mes de marzo se recolectó *Ulva spp* fresca de la localidad de Hueihue (Chiloé); las frondas colectadas fueron transportadas al laboratorio y se las sometió al mismo tratamiento antes mencionado. Para el enriquecimiento se usó el fertilizante 2 (25 % nitrato), adicionando volúmenes de fertilizante de 1.5 ml/l y 3.0 ml/l, se usaron tres réplicas por tratamiento y se fertilizó cada 24 horas durante un periodo de 72 horas.

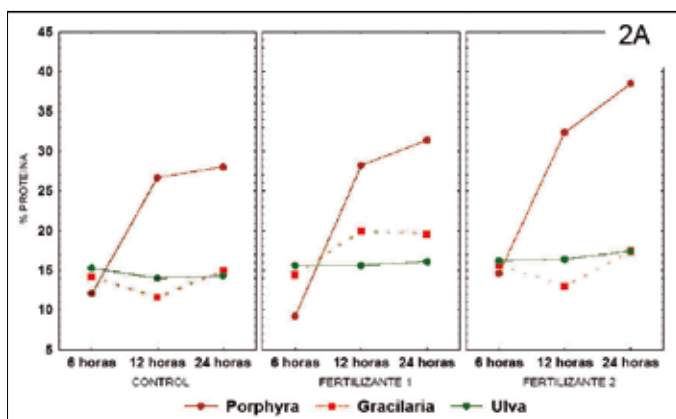
En la Figura 2.6 se muestra el efecto de distintas concentraciones de fertilizante sobre *Ulva spp*, se observa un aumento en la cantidad de proteína (%) de 10% a 20% utilizando el fertilizante 2 que contiene nitratos, sin embargo no se observaron diferencias significativas entre las concentraciones probadas ( $p > 0.05$ ). En la Figura 2.7, se observa que la concentración de aminoácidos en algas enriquecidas es mayor o igual ( $p > 0.01$ ) que en las algas no enriquecidas.

**Tabla 2.3. Resumen composición proteica de las algas después del proceso de enriquecimiento (base seca).**

Algas	Proteína Control	Fertilizante 1 Amonio	%	Fertilizante 2 Nitrato	%
Porphyra	28 ± 0.04	31.4 ± 0.06	12%	38.4 ± 0.1	37%
	Proteína Control	Fertilizante 1 (Luz)		Fertilizante 1 (Oscuridad)	
Gracilaria	13.48 ± 0.33	16.10 ± 0.84	19,4%	17.23 ± 0.35	26,8%
	Proteína Control	Fertilizante 2 (1.5ml)		Fertilizante 2 (3.0ml)	
Ulva	21.79 ± 2.7	19.8 ± 0.2		22.2 ± 3.7	2%



**Figura 2.1.** Disposición de las cubetas durante los experimentos: (A) en presencia de luz, (B) de oscuridad. Además todas las cubetas se mantuvieron con aireación constante (C).



**Figura 2.2.** Efecto de oscuridad. Proteínas (%) en tres especies de algas *Porphyra* columbina, *Gracilaria* chilensis y *Ulva* spp, después del enriquecimiento con dos fertilizantes comerciales.

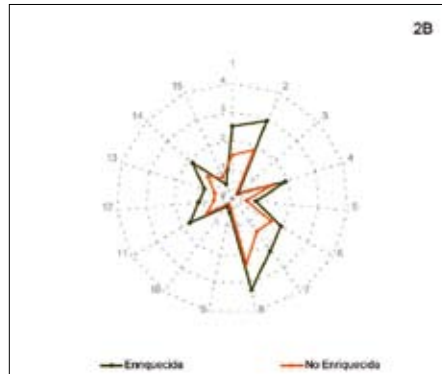


Figura 2.3. Concentración de aminoácidos (g/100g) en *Porphyra columbina* en algas enriquecidas y no enriquecidas.

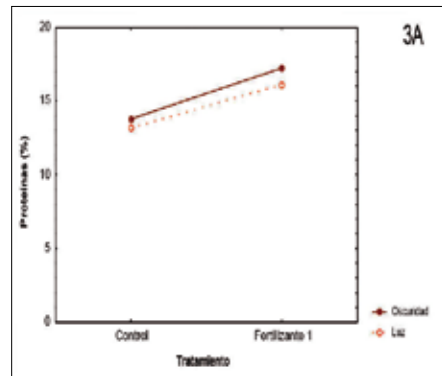


Figura 2.4. Efecto de luz y de oscuridad. Proteínas (%) en *Gracilaria chilensis*, después del enriquecimiento con un solo fertilizante (Fertilizante 1).

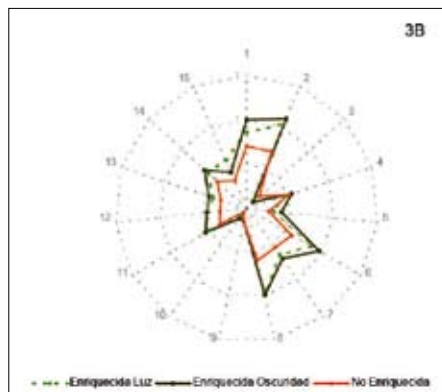


Figura 2.5. Comparación de la concentración de aminoácidos (g/100g) en *Gracilaria chilensis* en algas enriquecidas (luz-oscuridad) y en algas no enriquecidas.

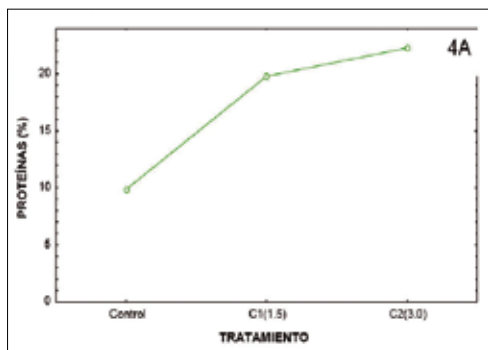


Figura 2.6. Efecto de distintas concentraciones de fertilizante. Proteínas (%) en *Ulva* spp luego del enriquecimiento bajo condición de luz y con dos concentraciones de fertilizante (Fertilizante 2).

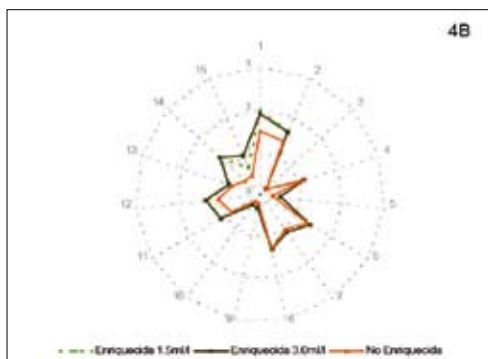


Figura 2.7. Concentración de aminoácidos (g/100g) en algas enriquecidas con dos concentraciones de fertilizante y en algas no enriquecidas.

## Referencias

- Alarcón, A. 2000.** Gracilaria pacifica fertilizada como alimento de abalones cultivados. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California. México. 63 pp.
- Bird, K., Habig, C. & T. DeBusk. 1982.** Nitrogen allocation and storage patterns in Gracilaria tikvahiae (Rhodophyta). *J. Phycol.*, 18:344-348.
- Bird, K. 1984.** Seasonal variation in protein: Carbohydrate ratios in a subtropical estuarine alga, Gracilaria verrucosa and the determination of nitrogen limitation using these ratios. *Botánica Marina*, 27:111-115.
- Castro-González, M., Carrillo-González, S. & F. Pérez-Gil. 1994.** Composición química de *Macrocystis pyrifera* recolectada en verano e invierno y su posible empleo en alimentación animal. *Ciencias Marinas*, 20(1):33-40.
- Chapman, V. J. 1980.** Seaweeds and their uses. Chapman and Hall. 3ª Ed. New York, 387 pp.
- Chopin, T., Buschmann, A., Halling, C., Troell, M., Kautsky, N., Neori, A., Kraemer, G., Zertuche-González, J., Yarish, C. & C. Neefus. 2001.** Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: a key toward sustainability. *J. Phycol.*, 37: 975-986.
- Cruz-Suárez L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M. & C. Guajardo-Balbosa. 2000.** Uso de harina de Kelp (*Macrocystis pyrifera*) en alimentos para camarón. *In: Cruz-Suárez L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. & R. Civera-Cerecedo.*(Eds). *Avances en Nutrición Acuícola. V Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola.* 2000. Mérida, Yucatán.
- Friedlander, M., & C. Dawes. 1985.** In situ uptake kinetics of ammonium and phosphate and chemical composition of the red seaweed *Gracilaria tikvahiae*. *J Phycol.*, 21:448-453.
- Fujiwara-Arasaki, T, Mino N. & M. Kuroda. 1984.**The protein value in human nutrition of edible marine algae in Japan. *Hydrobiologia*, 116/117: 513-516.
- Indergaard, M. & S. Knudsen. 1990.** Seasonal differences in ash, carbon and nitrogen components of *Furcellaria lumbricalis* (Gigartinales, Rhodophyceae), Norway. *Bot. Mar.*, 33:327-334.
- Ito, K. & K. Hori. 1989.** Seaweed: chemical composition and potential food uses. *Food Reviews International*, 5:101-144.
- Jones, A., Dennison, C. & G. Stewart. 1996.** Macroalgal responses to nitrogen source and availability: aminoacid metabolic profiling as a bioindicator using *Gracilaria edulis* (Rhodophyta). *J. Phycology*, 32:757-766.
- Jones, B., Pavo, S. & S. Stein. 1981.** Amino acid analysis and enzymatic sequence determination by an improved o-phthaldehyde precolumn labeling procedure. *Journal of Liquid Chromatography*, 4:565-586.
- Lapointe, B. & C. Duke. 1984.** Biochemical strategies for growth of *Gracilaria tikvahiae* in relation to light intensity and nitrogen availability. *J. Phycol.*, 20:488-495.

- Laycock, M. & J. Craigie. 1977.** The occurrence and seasonal variation of gigartinine and L-citrullinyl-L-arginine in *Chondrus crispus* Stackh. *Can. J. Biochem.*, 55: 27-30.
- Lindroth, P & K. Mopper. 1979.** High performance liquid chromatographic determination of subpicomole amounts of amino acids by precolumn fluorescence derivatization with o-phthaldehyde. *Anal. Chem.* 51:1667- 1674.
- Lobban C & P. Harrison. 1994.** Seaweed ecology and physiology. Cambridge University Press, New York, 366 pp.
- Mayer, L., Schinck, L & F. Setchell. 1986.** Measurement of protein in nearshore marine sediments. *Marine Ecol. Pro. Series*, 30:159-165.
- Naldi, M. & P. Wheeler. 2002.** <sup>15</sup>N measurements of ammonium and nitrate uptake by *Ulva fenestrata* (Chlorophyta) and *Gracilaria pacifica* (Rhodophyta) comparison of net nutrient disappearance, release of ammonium and nitrate and <sup>15</sup>N accumulation in algal tissue. *J. Phycol.*, 38:135-144.
- Neori, A., Cohen, I. & H. Gordin. 1991.** *Ulva lactuca* Biofilters for Marine Fishpond Effluents.II. Growth rate, yield and C:N ratio. *Bot. Mar.*, 34:483- 489.
- Norziah, M. H. & C.Y. Ching. 2000.** Nutritional composition of edible seaweed *Gracilaria changii*. *Food Chemistry*, 68: 69-76.
- Pantoja, S. & C. Lee. 1999.** Peptide decomposition by extracellular hydrolysis in coastal seawater and salt marsh sediment. *Mari. Chem.*, 63: 273-291.
- Pak N. & H. Araya. 1996.** Valor nutritivo y aportes de fibra dietética (soluble e insoluble) de macroalgas marinas comestibles de Chile, crudas y cocidas. *Alimentos*, 21:63-69.
- Peckol, P., DeMeo-Anderson, B., Rivers, J., Valiela, I., Maldonado, M. & J. Yates. 1994.** Growth, nutrient uptake capacities and tissue constituents of the macroalgae *Cladophora vagabunda* and *Gracilaria tikvahiae* related to sitespecific nitrogen loading rates. *Mar. Biol.*, 121:175-185.
- Quilhot W. 1970.** Estudio de los aminoácidos libres y de las proteínas de algunas algas marinas. *Rev. Biol. Mar.*, 14(2):55-61.
- Rodríguez-Montesinos, Y. & G. Hernández-Carmona. 1991.** Variación estacional y geográfica de la composición química de *Macrocystis pyrifera* en la costa occidental de Baja California. *Ciencias Marinas*, 17(3):91-107.
- Setchell, F. 1981.** Particulate protein measurement in oceanographic samples by dye binding. *Mar. Chem.*, 10: 301-313.
- Shpigel, M., Ragg, N., Lupatsch, I. & A. Neori. 1999.** Protein content determines the nutritional value of the seaweed *Ulva lactuca* L for the abalone *Haliotis tuberculata* L and *H. discus hannai* ino. *Journal of Shellfish Research*, 18(1):227-233.

## Capítulo III Evaluación de algas enriquecidas como insumo para la formulación de alimentos para truchas y salmones

Para evaluar las algas enriquecidas como insumo en alimentos para salmones y truchas, se formuló un premix algal (Alg@emix Plus ®) empleándose para ello cuatro especies de algas recolectadas en invierno de distintas zonas de Chile. Se recolectó *L. nigrescens* en las costas de la III y IV Región, *M. pirifera*, en las cercanías de la Isla de Chiloé, mientras que *Ulva sp.* y *P. columbina* fueron recolectadas en las localidades de Pargua y Chacao. Los análisis proximales realizados a las algas previo al proceso de enriquecimiento (Tabla 3.1), mostraron que *G. Chilensis*, *P. columbina* y *Ulva sp.*, contenían niveles de proteína mayores que *L. nigrescens*, razón por la cual fueron escogidas para el proceso de enriquecimiento y formulación del Alg@emix Plus ®.

Tabla 3.1. Composición proximal de algas recolectadas (Base seca).

Nutriente/Algas	G. chilensis	P. columbina	Ulva sp.	L. nigrescens
Proteínas	24,31	25,2	21,79	13,79
Lípidos	0,21	0,73	0,63	0,92
Carbohidratos	10,42	7,82	9,97	7,26
Fibra	5,43	1,00	12,14	19,36
Ceniza	19,42	22,84	18,72	28,09
Calorías*100gr	62,08	47,95	59,65	41,22

De acuerdo a los resultados presentados en el Capítulo II, para el enriquecimiento de las algas se utilizó un fertilizante en base a nitrato, puesto que se obtuvo un 37% más de contenido proteico comparado con el control. (Tabla 2.3). Luego del enriquecimiento, se determinó el nivel de vitaminas y minerales (Tabla 3.2.).

**Tabla 3.2. Contenido de vitaminas (mg/100g) y minerales (%) en algas enriquecidas.**

Análisis/Alga	Porphyra	Gracilaria	Ulva	Lessonia
Vitamina B1	3.28	27.57	8.53	2.38
Vitamina B2	1.22	0.68	0.79	0.08
Vitamina C	28.55	13.77	9.93	83.25
Colina	7.68	7.72	6.22	7.47
Ca	0.17	0.19	0.33	0.91
P	3.00	1.82	1.11	3.93
K	3.17	9.88	2.91	7.08
Na	19.88	10.16	20.13	16.27
Mg	0.56	0.30	1.56	0.85

Al comparar las vitaminas y minerales de las algas empleadas con los requerimientos necesarios para los peces, se observa que estas cumplen con sus requerimientos mínimos. Con la información obtenida de las Tablas 3.1 y 3.2 se determinó el porcentaje de incorporación de las algas en el Alg@emix Plus ® (Tabla 3.3).

**Tabla 3.3. Porcentaje de incorporación de las algas empleadas en el Alg@emix Plus ®.**

Alga	Porcentaje en formulación
Porphyra	85%
Ulva	5%
Lessonia	5%
Gracilaria	5%
Total	100

Una vez elaborado el Alg@emix Plus ®, se procedió a determinar su composición proximal y contenido de aminoácidos, de ácidos grasos y de minerales (Tablas 3.4, 3.5, 3.6 y 3.7).

**Tabla 3.4. Composición proximal del Alg@emix Plus ®, en base seca.**

Premix	%
Proteína	29.84%
Extracto Etéreo	0.42%
Cenizas	22.43%
Fibras	11%
E.N.N.	36.72%
Energía (MJ/Kg)	10.63

**Tabla 3.5. Análisis aminoacídico de Alg@emix Plus ®.**

AMINOACIDO	PREMIX DE ALGAS (g/100g)
Acido Aspártico	0.85
Acido Glutámico	1.63
Hidroxiprolina	0.04
Serina	1.3
Glicina	2.08
Histidina	0.31
Arginina	1.42
Taurina	0.29
Treonina	1.33
Alanina	2.35
Prolina	1.21
Tirosina	0.81
Valina	1.68
Metionina	0.41
Isoleucina	0.73
Leucina	1.61
Fenilalanina	0.97
Lisina	1.58
Triptófano	0.2
Cistina	0.62

La información obtenida de los distintos análisis revela, que el contenido de los nutrientes **Alg@emix Plus ®**, es equivalentes al de otros insumos utilizados en alimentos para la acuicultura y en especial para salmónidos. Las proteínas y aminoácidos son necesarios para la formación y reparación de tejidos y síntesis de proteína funcional.

Tabla 3.6. Ácidos grasos presentes en Alg@emix Plus ®.

Acido Graso	% Esteres metílicos
C11:0 Undecaenoico	1.84
C14:0 Mirístico	1.48
C16:0 Palmítico	30.1
C18:0 Esteárico	0.94
<i>Suma Saturados</i>	<b>34.36</b>
C14:1 Miristoleico	0.6
C15:1 Pentadecanoico	1.1
C16:1W9 Palmitoleico	3.15
C16:1W7 Palmitoleico	1.54
C16:1 ISO Palmitoleico	0.84
C18:1W9 Oleico	3.09
C18:1W7 Oleico	2.35
C20:1W9 Eicosaenoico	3.23
C22:1W9 Docosaenoico	0.75
<i>Suma Monoinsaturados</i>	<b>16.65</b>
C18:2W9 Linoleico	2.77
C18:3ISO Linolenico	0.5
C20:2W6 Eicosadienoico	1.13
C20:3W6 Eicosatrienoico	1.79
C20:4W6 Eicosatetraenoico	17.39
C20:5W3 Eicosapentaenoico EPA	25.43
<i>Suma Poliinsaturados</i>	<b>49.01</b>

A su vez los lípidos de la dieta son utilizados por lo peces principalmente como fuente de energía, aportan vitaminas A, D y K, como también los ácidos grasos esenciales de cadenas largas de las familias w 6 y w 3 para el apropiado funcionamiento de membranas celulares y de órganos vitales.

**Tabla 3.7. Aporte de Minerales de Alg@emix Plus ®.**

Minerales	Aporte mg/ 100 g
Calcio	395
Fósforo	378
Hierro	40.6
Sodio	3.6 %
Manganeso	2.81
Cobre	1.19
Magnesio	626
Potasio	2.39%
Zinc	1.36
Azufre	1.60%

La presencia de estos minerales esenciales en la mezcla de premix es un aporte importante, ya que muchos de estos tienen las siguientes propiedades:

- Formación de huesos, construcción de músculos (calcio y fósforo)
- Constituyente de la Hemoglobina (hierro)
- Ayuda en el metabolismo de carbohidratos, proteínas y grasas (magnesio)
- Oxidación del Ácido Ascórbico (cobre)

#### Formulaciones de alimentos con inclusión de Alg@emix Plus ®

Para la formulación de los alimentos se seleccionaron materias primas de uso corriente en la industria de alimentos para la acuicultura (Tabla 3.8). La harina de lupino puede reemplazar hasta el 100% de la harina de soya y hasta un 15% de harina de pescado prime en formulaciones de alimento para salmónidos (Toledo *et al.*, 2004).

**Tabla 3.8. Análisis Proximal de materias primas utilizadas para la formulación de las dietas.**

(%)	H. de Lupino	Bio-CP	H. de Pescado	Gluten de Maíz	H. de Soja	Gluten Vital de Trigo	Alg@emix Plus ®.
Proteína	41.16	65.69	66.78	62.93	45.73	79.26	29.84
Extracto Etéreo	10.38	21.02	9.99	2.59	1.61	1.91	0.42
cenizas	3.96	4.65	15.79	1.46	7.18	1.07	22.43
Fibra	6.21	0.08	0.13	1.30	5.59	0.13	11
E.N.N.	35.40	5.59	2.38	26.25	34.24	13.37	36.72
Energía (MJ/Kg)	16.01	19.35	14.99	15.41	13.24	16	10.63

Utilizando programación lineal y con los antecedentes nutricionales de los ingredientes empleados, se obtuvo las siguientes formulaciones (isoproteicas e isocalóricas) para los alimentos de prueba en trucha.

**Tabla 3.9. Formulación de alimentos para prueba en trucha.**

Ingredientes (g)/% inclusión de premix	0%	3%	5%	10%
AP Premix	0.00	29.57	49.33	98.97
Lupino	56.68	45.07	37.25	18.16
Soya	57.72	45.89	37.93	18.50
H. de Pescado	349.33	350.38	350.75	351.83
Gluten de maíz	189.80	200.78	204.79	215.60
H. de Trigo	171.45	138.57	133.83	113.86
Aceite de Pescado	156.80	165.16	165.39	168.42
Premix Mineral	0.96	0.97	0.97	0.97
Premix Vitamínico	1.94	1.95	1.95	1.95
Vitamina C	0.79	0.79	0.80	0.80
Vit E	0.37	0.37	0.37	0.37
Colina 50%	1.84	1.85	1.85	1.86
Carboximetilcelulosa	12.32	18.65	14.79	8.72
<b>Total</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>

Las materias primas se recibieron en el Laboratorio de Cultivo de Peces y Alimentación para la Acuicultura, de la PUCV, y según la formulación preestablecida, los ingredientes se pesaron y mezclaron para luego pelletizar la mezcla. El pellet se secó en una estufa marca Memert a 60° por 24 horas y se envasó de manera hermética para su traslado a la Piscicultura. La calidad nutricional de los alimentos se muestran en las Tablas 3.10 y 3.11.

**Tabla 3.10. Composición química proximal de los alimentos formulados y elaborados con inclusión de Alg@emix Plus ®.**

Item/Dieta	Control 0%	3%	5%	10%
Materia Seca (%)	94.45	96.35	96.2	96.66
Proteína	46.82	49.05	48.30	47.99
Extracto Etéreo	21.28	24.49	24.40	22.70
cenizas	7.83	7.99	8.13	8.81
Fibra	2.36	2.32	2.60	3.06
E.N.N.	21.72	16.09	16.58	17.43
Energía (MJ/Kg)	18.32	19.32	19.2	18.77

**Tabla 3.11. Composición aminoacídica de los alimentos elaborados con inclusión de Alg@emix Plus ®.**

Aminoácido/Dieta	0%	3%	5%	10%	Requerimiento truchas y salmones % Aminoácidos esenciales
Ac. Aspártico	3.48	3.38	3.32	3.15	
Ac. Glutámico	7.22	7.03	7.00	6.77	
Hidroxiprolina	0.20	0.20	0.20	0.20	
Serina	1.92	1.91	1.86	1.80	
Glicina	2.09	2.06	2.02	1.97	
Histidina	1.27	1.25	1.24	1.21	0.7
Arginina	2.43	2.29	2.26	2.10	2.4
Treonina	1.64	1.56	1.59	1.53	0.9
Alanina	2.86	2.80	2.85	2.84	
Prolina	2.51	2.42	2.49	2.46	
Tirosina	1.78	1.66	1.74	1.70	
Valina	2.03	1.93	1.98	1.92	1.3
Metionina	1.14	1.13	1.14	1.13	0.5-0.6
Isoleucina	1.69	1.58	1.64	1.58	0.9-1.1
Leucina	4.41	4.29	4.41	4.39	1.6
Fenilalanina	2.05	1.96	2.02	1.98	1.7
Isina	2.41	2.27	2.32	2.23	2.0
Cistina	0.06	0.03	0.04	0.03	0.15-0.25

Todos los alimentos formulados resultaron con niveles de proteínas y lípidos levemente superiores al alimento comercial-control. En términos de perfil de aminoácidos, todas las dietas formuladas satisfacen los requerimientos de truchas y salmones.

### Evaluación del Alg@emix Plus ® en bioensayos de alimentación en truchas

Los bioensayos en truchas, se realizaron en la Piscicultura Río Blanco, Los Andes, para lo cual se emplearon 12 estanques de PVC de 0.5 m<sup>3</sup> y se utilizaron 30 peces en cada uno de ellos. El peso inicial de los peces fue de 20.2 ± 1.9 g y su longitud promedio de 11.1 ± 0.6 cm. Cada dieta fue probada en triplicado. Al inicio, se tomó una muestra de peces para realizarles un análisis proximal y determinar su condición nutricional inicial. Los muestreos de control se realizaron cada 21 días.

Los resultados indicaron que los peces que fueron alimentados con las dietas con incorporación del Alg@emix Plus ®, presentaron un mejor crecimiento en peso y en longitud (Tabla 3.12 y 3.13). Si bien, se observan leves diferencias en peso entre las dietas con Alg@emix Plus, al comparar estas dietas con la dieta control se observa un mayor contraste en el crecimiento en peso, pero estadísticamente no existieron diferencias significativas entre los tratamientos (p<0.05) (Figs. 3.1 y 3.2).

**Tabla 3.12. Peso promedio (g) obtenido con dietas de prueba.**

Dieta/Muestreo	1	2	3	4	5
0%	20.04	22.4	28.30	37.95	43.2
3%	20.50	26.6	36.01	53.86	61.57
5%	19.83	26.00	34.92	50.92	61.03
10%	20.70	26.23	35.04	51.11	60.3

**Tabla 3.13. Longitud promedio (cm) obtenida con dietas de prueba.**

Dieta/Muestreo	1	2	3	4	5
0%	10.8	11.1	12.0	13.2	13.8
3%	11.0	11.8	13.0	14.8	15.5
5%	10.8	11.7	12.9	14.6	15.5
10%	11.0	11.7	12.9	14.6	15.4

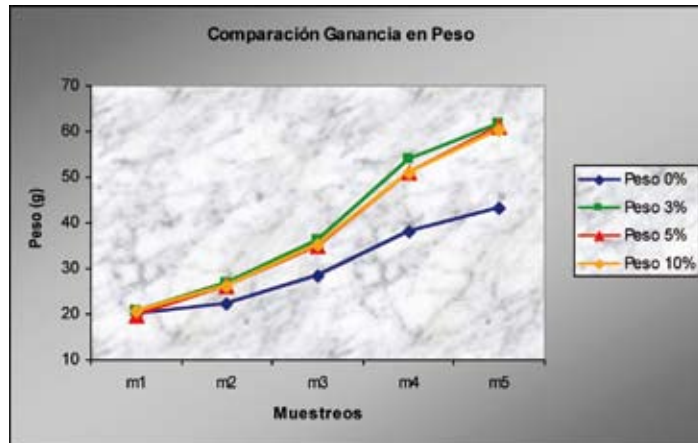


Fig. 3.1. Peso (g) de truchas alimentadas con dietas de prueba.

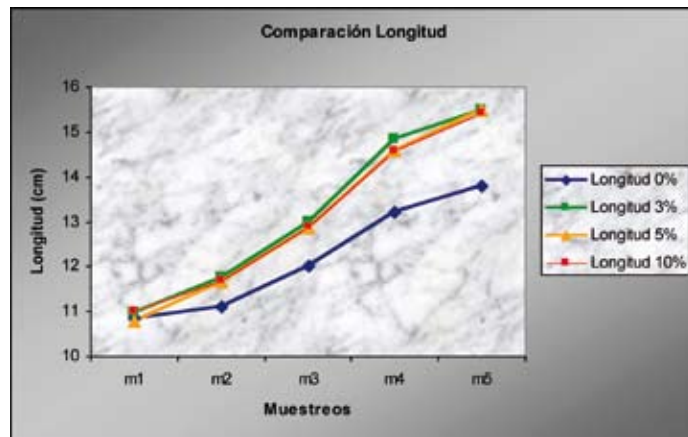


Fig. 3.2. Longitud (cm) de truchas alimentadas con dietas de prueba.

En cuanto a los índices productivos de las truchas alimentadas con las dietas de prueba, es posible observar que a las concentraciones de 3% y 5% se logran resultados similares en los índices productivos comparados con la dieta con un 10% de incorporación de Alg@emix Plus® (Tabla 3.14.). Sin embargo, estadísticamente, no hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los índices productivos de los peces alimentados con las dietas con inclusión de premix y la dieta control.

**Tabla 3.14. Índices productivos obtenidos en Trucha Arcoiris alimentadas con dietas de prueba.**

Indice/Dieta	Control	3%	5%	10%
TEC	0.73	1.07	1.07	1.02
FC	2.20	1.5	1.5	1.6
%PG	115.53	207.57	207.91	191.09
K	1.61	1.68	1.68	1.68
PER	1.02	1.40	1.44	1.37

T.E.C: Tasa Específica de Crecimiento; F.C: Factor de Conversión; %P.G: Porcentaje de Peso Ganado; K: Factor de Condición; P.E.R: Tasa de Eficiencia Proteica.

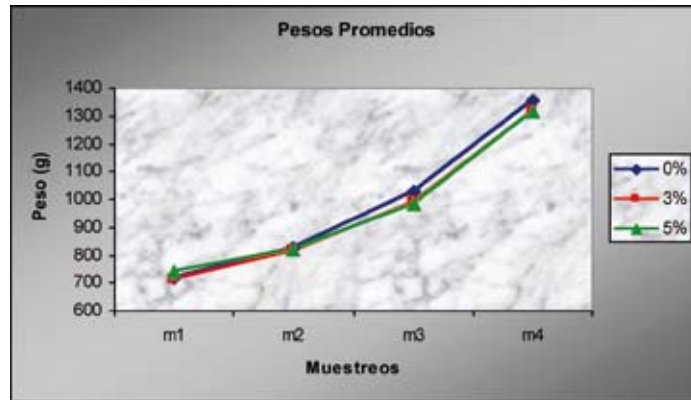
### **Evaluación del Alg@emix Plus® en bioensayos de alimentación en salmones**

Con los resultados obtenidos en los bioensayos con trucha, se determinó que para los bioensayos con Salmón Coho, se utilizarían dietas con un 3% y 5% de inclusión de Alg@emix Plus® y que éstas fueran comparadas con un alimento comercial como control. Los bioensayos se realizaron en el centro de mar de Ensenada Baja (Puerto Chacabuco) perteneciente a IFOP. Se emplearon 9 jaulas de 10 m<sup>2</sup>. La temperatura promedio del período fue de 8.3 °C.

Se trabajó con un total de 3600 peces, con un peso y longitud promedio iniciales de 367 g y de 30.18 cm, respectivamente. Posteriormente se distribuyeron 400 peces por jaulas para evaluar las dietas en triplicado. La experiencia se llevó a cabo por 4 meses, efectuando muestreos cada 30 días (Tabla 3.15, Figs. 3.3 y 3.4).

**Tabla 3.15. Peso promedio (g) de Salmón Coho alimentados con dietas de prueba, en cada uno de los muestreos.**

Dieta	Muestreo	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3
Control	Junio	509	498	503
	Julio	642	664	635
	Agosto	703	742	723
	Septiembre	828	891	856
3%	Junio	478	506	499
	Julio	611	623	628
	Agosto	689	733	696
	Septiembre	814	860	838
5%	Junio	497	507	500
	Julio	605	646	640
	Agosto	670	703	766
	Septiembre	778	866	904



**Fig. 3.3. Peso (g) de Salmón Coho alimentados con dietas de prueba.**

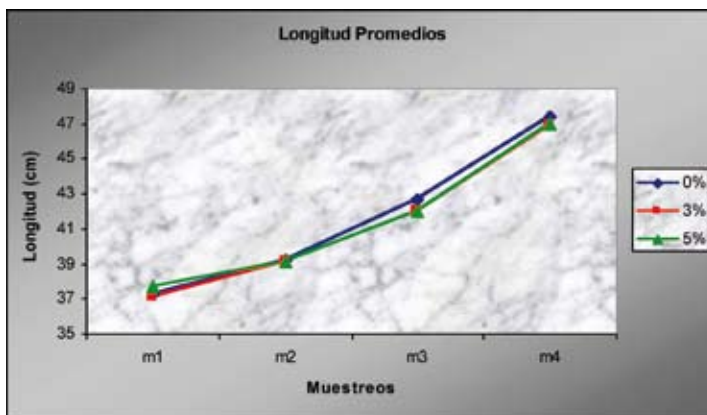


Fig. 3.4. Longitud de Salmón Coho alimentados con dietas de prueba.

Al comparar los resultados obtenidos en los muestreos con Salmón Coho se observa que las dietas suministradas presentan un comportamiento similar en cuanto al crecimiento lo que estadísticamente se corrobora al no existir diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). De igual forma sucede con los índices productivos (Tabla 3.16).

Tabla 3.16. Índices productivos obtenidos en Salmón Coho alimentados con distinta inclusión de Alg@emix Plus ®.

Indice/Dieta	Control	3%	5%
FC	1.4	1.4	1.4
TEC	0.5	0.5	0.5
%PG	123.3	122.6	123.8
K	1.4	1.4	1.3
PER	1.6	1.6	1.8
Costo Kg salmón	1.3	1.4	1.5

### Análisis de canal de Salmón Coho

El objetivo del análisis de canal, es determinar la calidad de la carne de los peces que fueron alimentados con dietas de prueba (Tablas 3.17 y 3.18). Los resultados indican que existe similitud en los resultados, con excepción del porcentaje de grasa visceral que fue casi un 50% más bajo en la dieta con un 5% de Alg@emix Plus ® (Tabla 3.18). Es probable que el aporte de minerales de esta dieta haya contribuido al metabolismo de los lípidos y evitado su acumulación en la zona visceral.

**Tabla 3.17. Pesos promedios por dieta y réplica de Salmón Coho (g) en cada ensayo de canal.**

Dieta	Muestreo	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3
Control	Agosto	741.90	724.73	694.23
	Septiembre	786.00	851.77	835.52
3%	Agosto	711.77	724.67	702.60
	Septiembre	773.43	858.27	816.60
5%	Agosto	705.63	737.80	776.83
	Septiembre	754.31	819.10	880.50

**Tabla 3.18. Índices productivos en bioensayo de canal en Salmón Coho.**

Índice/Dieta	Control	3%	5%
Peso Final	824.38	815.07	814.36
Longitud	39.16	39.26	39.13
Peso Eviscerado	754.14	745.10	742.57
% Peso Eviscerado	91.48	91.41	91.18
Peso Viscera	69.86	66.41	66.43
% Peso Viscera	8.47	8.15	8.16
Peso Hígado	12.37	11.83	11.53
% Peso Hígado	1.50	1.45	1.42
Grasa Visceral	19.17	19.17	19.17
% Grasa Visceral	2.32	2.35	1.13
Ancho Belly	8.38	8.53	8.43
% Ancho Belly	1.01	1.04	1.04
Color A	25.97	26.22	25.56
Color B	14.93	14.99	14.71

Nota: los porcentajes están referidos al peso final

También se calcularon los Índices Hepatosomático (HSI) y Gonadosomático (GSI) (Tabla 3.19) en el primero se advierte una leve relación inversa respecto del nivel de inclusión del Alg@emix Plus®, lo cual indicaría una correspondencia con el menor porcentaje de grasa visceral de los peces alimentados con la dieta con 5 % de Premix.

**Tabla 3.19. Índices Hepatosomático (HSI) e Índices Gonadosomáticos (GSI) obtenidos en bioensayo de canal en Salmón Coho.**

Indice/ Dieta	Control	3%	5%
HSI	1.49	1.46	1.42
GSI	0.54	0.53	0.54

### Cálculo de costos de las dietas probadas

Al determinar los costos de las dietas en función de su formulación y costos de los ingredientes, se nota una relación directa entre el aumento de la inclusión de premix algal y el aumento del costo. Sin embargo, al incorporar los índices productivos, específicamente el Factor de Conversión del alimento, se observa que el menor costo de producir 1 kg de Trucha Arcoiris se obtiene con las dietas de un 3% y 5% de inclusión de premix, diferencia que resultó ser significativa con respecto a la dieta control y a la dieta de un 10% de Alg@emix Plus ® (Tabla 3.20).

**Tabla 3.20. Costo de dietas (1 kg) y costo de producción de 1 kg de Trucha Arcoiris (en US\$).**

	Control	3%	5%	10%
Costo Dieta	0.57	0.64	0.66	0.74
Costo Trucha	1.28	0.98	0.98	1.18

Al determinar los costos de las dietas probadas en Salmón Coho, de acuerdo a su fórmula y costos de los insumos, también se advierte una relación directa entre el aumento de la inclusión de premix algal y el aumento del costo. Sin embargo, la diferencia que se observa no es significativa. Al incorporar en el análisis el Factor de Conversión del alimento, se observa que el menor costo de producir 1 Kg de Salmón Coho se obtiene con la dieta control y con un 3% de inclusión del premix, diferencia que resultó ser significativa con respecto a la dieta con un 5% de inclusión (Tabla 3.21).

**Tabla 3.21. Costo de dietas (1 kg) y costo de producción de 1 kg de Salmón Coho (en US\$).**

	Control	3%	5%
Costo Dieta	0.98	1.03	1.08
Costo salmón	1.36	1.4	1.62

## Conclusión

Los distintos niveles de inclusión de Alg@emix Plus ® utilizados en las dietas, mostraron un rendimiento similar en peso y longitud, tanto en truchas como en Salmón Coho, en comparación a la dieta comercial utilizada como control.

De igual forma los resultados obtenidos de los índices productivos, como factores de conversión (FC), tasa de crecimiento fueron equivalentes en todas las pruebas. Las dietas con inclusiones crecientes de Alg@emix Plus ® no alteraron la composición proximal de los peces y aquellos peces alimentados con un 5% de Alg@emix Plus ® registraron el menor porcentaje de grasa visceral, casi un 50% más bajo que los peces alimentados con las otras dietas.

En conclusión, es factible utilizar algas enriquecidas como insumo en la formulación de dietas y elaboración de alimentos, de acuerdo a los resultados obtenidos en estos bioensayos.

## Referencias

- Caicyt 1987.** Alimentación en Acuicultura. Plan de formación de técnicos superiores en acuicultura, Industrias Graficas España. Madrid, 325 pp.
- Caicyt 1987.** Nutrición en Acuicultura I. Plan de formación de técnicos superiores en acuicultura, Industrias graficas España. Madrid, 302 pp.
- Caicyt 1987.** Nutrición en Acuicultura II. Plan de formación de técnicos superiores en acuicultura, Industrias graficas España. Madrid, 318 pp.
- Cruz-Suárez, L.E., D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar y C. Guajardo-Barbosa 2002.** Uso de harina de kelp (*Macrocystis pyrifera*) en alimentos para camarón. Programa Maricultura. FCB. Universidad Autónoma de Nuevo León. Memorias de V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola Mérida, Yucatán. p. 19-22.
- Curch, O. y W. Pónd. 1974.** "Basic Animal Nutrition and Feeding". Oxford Presa, Portland. Oregon, 300 pp.
- Halver, J. 1972.** Fish nutrition. Westem Fish Nutrition Laboratory Bureau of sport Fisheries and Wild Life. U.S. Department of the Interior. Cook Washington. 713 pp.
- Karmy, 1. 1994.** Evaluación de un alimento para reproductores de Trucha arco iris. Tesis para optar al titulo de Ingeniero Pesquero. Tesis Universidad Católica de Valparaíso 43 pp.
- Pelegrin, Y. 2001.** Algas en la "botica" Avance y perspectiva Volumen 20. p. 283-292.
- Rivera, G. Yoong F, Riofrío, G. Reinoso, B. Hurtado F., Massuh P. 2002.** Inclusión de harina de Kelp (*Macrocystis pyrifera*) en alimentos balanceados para camarón. In Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. <http://www.civa2003>.

**Serrano Gutiérrez E. 2004.** “Reemplazo parcial de harina de pescado por harina de lupino blanco (*lupinus albus*) en dietas extruidas para trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*): efectos sobre los índices productivos y la composición de ácidos grasos en el músculo”. Tesis para optar al grado de Licenciado en Ciencias de la Acuicultura. Tesis Universidad Católica de Temuco 63 pp.

**Toledo M., G. Olivares, P. Soto y A. Manríquez, 2004.** Lupino Dulce un ingrediente para la alimentación de truchas y salmones. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Abril 2004, Valparaíso, Chile. p. 1-43.

## Capítulo IV Otras aplicaciones de las Algas

### Uso de algas marinas en especies acuícolas

Si bien es cierto, las algas corresponden a la base de la cadena trófica en el medio marino, su aplicación en la acuicultura no ha sido desarrollada como en otras áreas (productos industriales, alimentación humana, medicina y cosmética). La constante búsqueda de nuevas materias primas y aditivos para la alimentación acuícola y el desarrollo del cultivo de nuevas especies, sumado al creciente aumento de los conocimientos sobre usos benéficos de algas en la acuicultura, ha traído como consecuencia un aumento en la utilización y desarrollo de éstas en el área alimentación y nutrición.

A nivel nacional no estamos ajenos de la situación anterior, la cual se ve ratificada por el desarrollo y consolidación de nuevos cultivos acuícolas, que hacen necesario contar con fuentes alimenticias adecuadas a las especies producidas en calidad y cantidad requerida (por ejemplo, el abalón ha tenido un aumento aproximado de 25 toneladas en el período 2002-2003, según Sernapesca). Lo anterior se ve reflejado en el considerable aumento de las investigaciones que hacen referencia al uso de las algas en la acuicultura, realizadas tanto por universidades nacionales como por instituciones y empresas privadas.

El uso de algas en la acuicultura puede ser dividido en dos grandes grupos de acuerdo a su aplicación o utilización:

**Uso Directo:** Se designa cuando la especie cultivada utiliza el alga en su forma natural, es decir, no se adiciona ni se mezcla con otros elementos o productos para desarrollar un nuevo elemento, unidad o alimento final. Este grupo incluye tanto algas de recolección como de cultivo, enriquecidas o no, algas secas, húmedas, enteras, partidas, molidas, o en cualquier estado que se aplique directamente.

**Uso Indirecto:** Se designa cuando el alga es usada como un insumo, materia prima o aditivo para la elaboración de un nuevo elemento, producto o alimento final, en general, se designa este nombre cuando el alga es mezclada o incorporada con otras materias primas perdiendo su naturaleza original dando paso a un nuevo

producto. En este grupo se incluyen aditivos, alimentos extruidos, pelletizados, coloides, concentrados, extractos, etc.

En la acuicultura encontramos que las algas son utilizadas e incorporadas en diversas especies y en las diferentes fases productivas en los cultivos. Es así como encontramos algas que son utilizadas como medio de asentamientos y fijación de larvas tanto para áreas de manejo como para cultivos intensivos, también es posible encontrar que macroalgas son utilizadas en algunos hatcheries para limpiar el agua de recirculación (Jory *et al.*, 2001). Sin embargo, hoy día podemos visualizar que el uso de las algas en la acuicultura tiene su mayor importancia y se orienta prácticamente en su totalidad a la nutrición y/o alimentación de los cultivos de especies acuícolas.

La forma menos elaborada de utilización de las algas es mediante uso directo como alimento fresco y como atrayentes proveniente de recolección o de algas de cultivo para diversas especies ramoneadoras (Stuart y Brown, 1994; Marsden y Williams, 1996; González-Avilés y Shepherd, 1996; Viana *et al.*, 1994; Viana *et al.*, 1996; Fleming 1998). Este uso es conocido y utilizado tanto a nivel mundial como nacional, un claro ejemplo de esto es la alimentación de abalones (*Haliotis spp.*) en nuestro país, en donde destaca el uso de *Macrocystis* y *Lessonia* y en una menor aplicación la *Ulva* y *Gracilaria*. *Macrocystis* y *Ulva*, en Chile también han sido probada en experiencias como alimento fresco para erizos de mar (*Loxechinus albus*) obteniendo buenos resultados. Es importante destacar, a nivel de investigación, experiencias de ensilado de *Macrocystis* para el consumo de abalones como una forma de contrarrestar la estacionalidad de las algas (Pizarro, 2003).

En conformidad con lo anterior, dado el gran desarrollo y necesidad de alimento por parte de las especies ramoneadoras, se puede visualizar que en un futuro cercano la gran participación de las algas en la acuicultura será de una forma indirecta como materia prima principal o insumo en la elaboración de alimentos extruidos para la industria de la alimentación acuícola (harina, concentrado, aditivo, etc.). Actualmente encontramos que en nuestro país es una realidad latente donde ya existe una producción comercial de estos tipos de alimentos orientados a la industria abalonera con buenos resultados. Experiencias similares se han repetido en pruebas de alimentación para erizos a base de harina de Kelp<sup>1</sup>, encontrándose ventajas en la formación de gónadas (Lawrence *et al.*, 1997).

---

<sup>1</sup> Kelp: nombre genérico que se usa para denominar algas cafés feocitas de los ordenes fucales y laminariales, aunque otros autores solamente consideran dentro de este término las laminariales.

La utilización de harina y concentrados de alga no es exclusivo de la industria acuícola, la industria de la alimentación de peces ornamentales a nivel mundial presenta a las harinas y otros productos algales como una importante materia prima en la elaboración de sus alimentos tanto para agua dulce como salada, destacando como una de las más utilizada a la *Porphyra sp.*, tanto en su uso como materia prima principal o como complemento en dietas de peces ornamentales marinos. La presencia de *Porphyra* se repite para los alimentos de peces ornamentales de agua dulce pero esta vez en un menor porcentaje de participación y asociada a mezclas con algas de otras especies, tanto unicelulares como multicelulares, sin embargo, destaca la aparición de *Ulva* en este tipo de dietas.

Las algas se utilizan como fuentes o complemento de proteínas, de ciertos aminoácidos, de minerales, de inmunoestimulantes, pigmentos u otros. En Japón, por ejemplo, se han evaluado las algas como aditivos asimiladores de ácido ascórbico mejorando las condiciones fisiológicas del pez, de igual manera el metabolismo de lípidos (especialmente la lipólisis) es mejorado (Nakagawa, 1997). Los alginatos de sodio de *Undaria pinnatifida* y *Macrocystis pyrifera* se han probado como inmunoestimulantes (Fujiki *et al.*, 1994). Este uso de inmunoestimulante algal es aplicado también en el cultivo de camarones para el tratamiento de la Mancha Blanca (Takahashi *et al.*, 1998), mediante el uso de un polisacárido extraído del alga café *Cladosiphon okamuranops*.

Un uso incipiente de las algas es su utilización en la pigmentación de especies racionadoras o como colorante en la alimentación de peces. Para este último caso existen algas que corresponden a fuentes importantes de carotenoides como es el caso de *Fucus serratus* que alcanzan 920 mg de carotenoide por kilogramo de peso seco, sin embargo, estudios han revelado que se han encontrado en algunas especies de algas hasta 2200 y 4000 mg de carotenoide por kilogramo de peso seco (Albert y Tacon, 1980).

Otra aplicación de las algas en la alimentación en la acuicultura es su uso como aglutinante, los niveles de inclusión dietaria de estos agentes aglutinantes generalmente varían entre el 1% y 2% de la dieta seca (Reinitz, 1983). Las algas como aglutinantes son usadas dentro de las raciones alimenticias para incrementar la eficiencia del proceso de manufactura (reducción de fuerzas de fricción de la mezcla de alimentos), producción de un alimento durable (incremento de la dureza del pelletizado o extruido), evitar pérdida de materiales en forma de "finos" (durante los procesos de pelletizado, manejo y transporte). Los alginatos y carrageninas son usados para retardar la desintegración física del pellet o masa alimenticia dentro del agua hasta que la digestión sea completa en aquellas especies que poseen hábitos lentos de consumo y que requieren de masticar los

alimentos externamente antes de la ingestión (por ejemplo, camarones de agua dulce y marinos) (Albert y Tacon, 1980).

Una aplicación que está en estudio y con gran desarrollo principalmente en España, es la alimentación de moluscos bivalvos, y una de las formas de lograr lo anterior es mediante el desarrollo de biotransformados de algas marinas, en donde algas, procedentes de cultivos intensivos, son modificadas mediante tratamiento enzimático y digestión bacteriana, a fin de obtener un producto de alta asimilabilidad, en el que parte de los polisacáridos estructurales han sido transformados en biomasa bacteriana, respetando la estructura y composición celular con el fin de mejorar el aprovechamiento del alimento.

### **Algas y salud humana**

Estos vegetales marinos son ampliamente conocidos debido a su aplicación cosmética, donde estimulan la circulación sanguínea, movimiento de grasas acumuladas, tonificación de la piel y acción antioxidante, sin embargo, no sólo son útiles en este sentido, sino que a su vez son una gran fuente de alimento y poseen características que la convierten en fuentes de medicina natural.

### **Valores nutricionales**

Las algas son vegetales comestibles con un contenido importante de minerales y oligoelementos. Tanto así que su contenido de fierro y calcio supera al de lentejas y leche, respectivamente, además son ricas en cobalto, yodo, magnesio, fósforo y potasio.

Poseen todos los aminoácidos esenciales, no contienen grasas saturadas ni residuos químicos, contienen vitamina E y betacarotenos.

### **Beneficios para la salud humana**

Gracias a sus propiedades bio-químicas son capaces de actuar como:

- Estimulantes del metabolismo, ya que son ricas en fibra por lo que ayudan a disminuir el colesterol en la sangre, además producen efecto de saciedad que ayuda en el tratamiento de la obesidad.
- Remineralización de los huesos, debido a que poseen un alto contenido de calcio.
- Favorecimiento de la eliminación y tránsito intestinal.

- Ayudante en problemas de tiroides, por su alto contenido de yodo previene el bocio e hipertiroidismo.
- Acción antitumoral, ya que recientemente se ha registrado presencia de “kahalalide F” un agente antitumoral en algunas algas.
- Actividad antibiótica y antiviral, sobre todo las algas rojas (aquellas que poseen carragenanos) gracias a los polisacáridos sulfurados.

### **Algunas algas chilenas y sus características**

Agar-agar (*Gelidium sp.*): También conocida como “Chasca”, es útil en la disminución del colesterol, como también es utilizada como adelgazante natural.

Chascón (*Lessonia nigrescens*): Coadyuvante en los tratamientos para bajar de peso. Posee un alto contenido de calcio, hierro, zinc y potasio.

Cochayuyo (*Durvillea antarctica*): Es rica en fibra, yodo y ácido alginico (efecto depurativo), como también en sodio, potasio, calcio y magnesio. Es baja en calorías, por su bajo contenido de grasas y posee todos los aminoácidos esenciales.

Huiro (*Macrocystis sp.*): Es rica en vitaminas A, B, C y E, además de un alto contenido de yodo, sodio, hierro y azufre. Es uno de los alimentos más rico en calcio. Tiene un alto valor proteico. Destaca su aporte de fibra, y cantidad de hidratos de carbono complejos.

Huiro palo (*Lessonia trabeculata*): Alto contenido de calcio, fierro y potasio.

Lamilla (*Ulva lactuca*): Es rica en hierro, vitamina C, posee efectos antivirales, siendo capaz de reducir el contagio de algunos tipos de influenza. Es generalmente consumida cruda en ensaladas o como sopas.

Luga negra (*Sarcothalia crispata*): Propiedades que controlan y reducen los herpes virales, gracias a sus polisacáridos sulfurados.

Luga roja (*Gigartina skottsbergii*): Ampliamente usada (carragenanos) en el tratamiento de herpes y como anticoagulante.

Luche (*Porphyra sp.*): Es una de las algas más nutritivas, con un contenido proteico de alrededor de un 30%. Posee un bajo contenido de azúcares y un alto contenido de vitaminas como A, C, niacina y ácido fólico.

Pelillo (*Gracilaria sp.*): Rica en hierro, magnesio y elementos traza, se usa como laxante, excitante de los movimientos peristálticos del intestino y para aliviar el estreñimiento.

## Uso de las algas como fertilizantes en el Agro

Desde hace siglos, aquellas personas dedicadas a la agricultura en zonas cercanas a la costa, han utilizado diferentes especies de algas marinas para abonar sus tierras. Esto es posible verlo en Chile, por ejemplo, en la zona sur, donde los agricultores utilizan la “lamilla” para enriquecer sus suelos, así mismo existen antecedentes en diversos países como Francia, Escocia, Filipinas, Inglaterra, Estados Unidos, México, sin embargo, su uso es generalizado en Asia, donde el alga más utilizada es el Kelp.

Las algas contienen los macro y micronutrientes requeridos por las plantas, además aportan sustancias naturales cuyos efectos son similares a los de reguladores de crecimiento (Senn, 1987). Entre todos los componentes se han identificado numerosas vitaminas, un número cercano a los 5000 tipos de enzimas, sustancias controladoras de plagas y enfermedades de las plantas (Crouch y van Staden, 1992).

Todos los componentes de las algas marinas renuevan las características nutritivas del suelo, permiten optimizar los rendimientos de las cosechas al mejorar la calidad de los productos, reducir efectos de patologías e infestaciones y aumentar la resistencia a heladas.

En la actualidad existen en el mercado fertilizantes y acondicionadores de suelo de origen algal, estos concentrados son extraídos exclusivamente de algas pardas, pero de diferentes especies de ellas. Estos extractos son ampliamente utilizados en cultivos de frutas, hortalizas y flores ya que una pequeña cantidad de éstos permite regular las sustancias de crecimiento de la planta, incrementar el contenido de clorofila y la síntesis de proteína y división celular, promueve el crecimiento de la raíz y el brote, y además mejora la germinación de la semilla (Yan, 1993; Zhang, 1997).

Por último, es importante destacar que el uso de algas como fertilizantes agrícolas, es una opción al uso de compuestos químicos para el desarrollo de la agricultura orgánica.

## Bibliografía

- Albert, G. y J. Tacon. 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de Capacitación. Proyecto Aquila II, documento de campo N° 4. Preparado para el proyecto gcp/rla/102/ita: Apoyo a las actividades regionales de acuicultura para América latina y el caribe, FAO.
- Appler, H. y K. Jauncey. 1983. The utilization of a filamentous green alga (*Cladophora glomerata*) as a protein source in pelleted feeds for *Sarotherodon* (Tilapia) niloticus fingerlings. *Aquaculture*, 30:21-30.

- Avila, M. y M. Seguel. 1993.** An overview of seaweeds resources in Chile. *J. appl. Phycol.* 5: 133-139.
- Carlucci M., C. Pujol, M. Ciancia, M. Nosedá, M. Matulewicz, E. Damonte y A. Cerezo. 1997.** Antiherpetic and anticoagulant properties of carrageenans from the red seaweed *Gigartina skottsbergii* and their cyclized derivatives: correlation between structure and biological activity. *Int J Biol Macromol.* (2):97-105.
- Choubert, G. 1979.** Tentative utilization of algae as a source of carotenoid pigments for rainbow trout. *Aquaculture*, 18:135-143.
- Crouch, I.J. y J. Van Staden. 1992.** Effect of seaweed on the establishment and yield of greenhouse tomato plants. *Journal of Applied Phycology* 4: 291-296.
- Dalmo, R. y R. Seljelid. 1995.** The immunomodulatory effect of LPS, laminaran and sulphated laminarian  $\alpha$ (1,3)-Dglucan on Atlantic salmon, *Salmo salar* L., macrophages in vitro. *Journal of Fish Diseases*, 18, 175-185.
- Fleming, A. 1998.** Growth, intake, feed conversion efficiency and chemosensory preference of the Australian abalone, *Haliotis rubra*. *Aquaculture*, 132, (3-4), 297-311.
- Fujiki, K., H. Matsuyama, y T. Yano. 1994.** Protective effect of sodium alginates against bacterial infection in common carp, *Cyprinus carpio*. *Journal of Fish Diseases*, 17(4), 349-355.
- González-Aviles, J. y S. Shepherd. 1996.** Growth and survival of the blue abalone *Haliotis fulgens* in barrels at Cedros Island, Baja California, with a review of abalone barrel culture. *Aquaculture* 140(1-2), 169-176.
- Jory, D. E., Cabrera, T. R., Dugger, D. M., Fegan, D., Lee, P. G. 2001.** A global overview of current shrimp feed management: status and perspectives. In: *The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture. Aquaculture 2001*; pp. 104-152.
- Lawrence, J., S. Olave, R. Otaiza, A. Lawrence y E. Bustos. 1997.** Enhancement of gonad production in the sea urchin *Loxechinus albus* in Chile fed extruded feeds. *Journal of the World Aquaculture Society* 28(1), 91-96.
- Marsden, I. y P. Williams. 1996.** Factors affecting the grazing rate of the New Zealand abalone *Haliotis iris* Martyn. *Journal of Shellfish Research* 15(2), 401-406.
- McHugh, D. 2003.** A guide to the seaweed industry. *FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER* 441. Australia. 118 pp.
- Nakagawa, H., 1997.** Effect of dietary algae on improvement of lipid metabolism in fish. *Biomed. Pharmacother*, 51(8), 345-348.
- Pizarro, C. 2003.** Evaluación de una técnica de ensilado para el alga *Macrocystis pyrifera* y observación de su consumo por parte de abalón rojo (*Haliotis rufescens*). Tesis de Licenciatura en Ciencias de la Acuicultura, Universidad Católica de Temuco, Chile. 50 pp.
- Reinitz, G., 1980.** Evaluation of sodium bentonite in practical diets for rainbow trout. *Prog. Fish-Cult.*, 45:100-101.

- Reinitz, G., 1983.** Influence of diet and feeding rate on the performance and production cost of rainbow trout. Transactions of the American Fisheries Society., 112: 830-833.
- Santelices, B. 1989.** Algas Marinas de Chile. Ed. Universidad Católica de Chile. 399 pp.
- Senn, T. L. 1987.** Seaweed and plant growth. T. L. Senn ed. SC Clemson 166 pp.
- Smith, A. 2004.** Medicinal and pharmaceutical uses of seaweed natural products: A review. J. Appl. Phycol. 16 (4): 245-262.
- Stein, J. y C, Borden. 1984.** Causative and beneficial algae in human disease conditions: a review. Phycologia 23:485-501.
- Takahashi, Y., Uehara, K., Watanabe, R., Okumura, T., Yamashita, T., Omura, H., Yomo, T., Kanemitsu, A., Kawano, T., Narasaka, H., Suzuki, N. and Itami, T., 1998.** Efficacy of oral administration shrimp in Japan. In: Flegel, T.W., Editor, 1998. Advances in Shrimp Biotechnology, National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, Bangkok, pp. 171-173.
- Stuart, M.D., Brown, M.T., 1994.** Growth and diet of cultivated black-footed abalone, *Haliotis iris* (Martyn). Aquaculture, 127 (4), 329-337.
- Viana, M. L. López, Z. García-Esquivel y E. Méndez. 1996.** The use of silage made from fish and abalone viscera as an ingredient in abalone feed. Aquaculture, 140(1-2), 87-98.
- Viana, M., M. Cervantes-Trujano y R. Solana-Sansores. 1994.** Attraction and palatability activities in juvenile abalone (*Haliotis fulgens*): nine ingredients used in artificial diets. Aquaculture, 127(1), 19-28.
- Yan, J. 1993.** Influence of plant growth regulators on turfgrass polar lipid composition, tolerance to drought and saline stresses, and nutrient efficiency. Ph.D. Dissertation. CSES, Virginia Tech. 102 pp.
- Zhang, X. 1997.** Influence of Plant Growth Regulators on Ph.D. Dissertation. CSES, Virginia Tech. Turfgrass Growth, Antioxidant Status, and Drought Tolerance. Ph.D. Dissertation. CSES, Virginia Tech. 144 pp.

<http://www.lessonia.com>

<http://www.safariseeds.com>

<http://www.unp.edu.ar/museovirtual/Algasmarinas>

[http://www.cenaim.espol.edu.ec/publicaciones/ma9\\_1/articulos/art5.pdf](http://www.cenaim.espol.edu.ec/publicaciones/ma9_1/articulos/art5.pdf)

<http://www.fao.org>

La elaboración de este manual es gracias al aporte del  
Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico  
FONDEF a través del Proyecto Fondef D01-I-1046:

***“Generación de fuentes alternativas de materias primas  
para la alimentación de especies acuícolas, basadas en  
productos algales: I. Peces”.***



## SERVICIOS DE BIOENSAYOS EN ALIMENTACIÓN PARA LA ACUICULTURA

La Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso posee la experiencia y dispone de las instalaciones necesarias para evaluar y certificar la calidad de los alimentos pelletizados que se emplean en la acuicultura nacional.

Para mayores informaciones de este servicio le solicitamos comunicarse al Laboratorio de Cultivo de Peces y Alimentación para la Acuicultura (LABCPAC).

Fono/Fax: (56-32) 227 4263, e-mail: [isabel.toledo@ucv.cl](mailto:isabel.toledo@ucv.cl)

