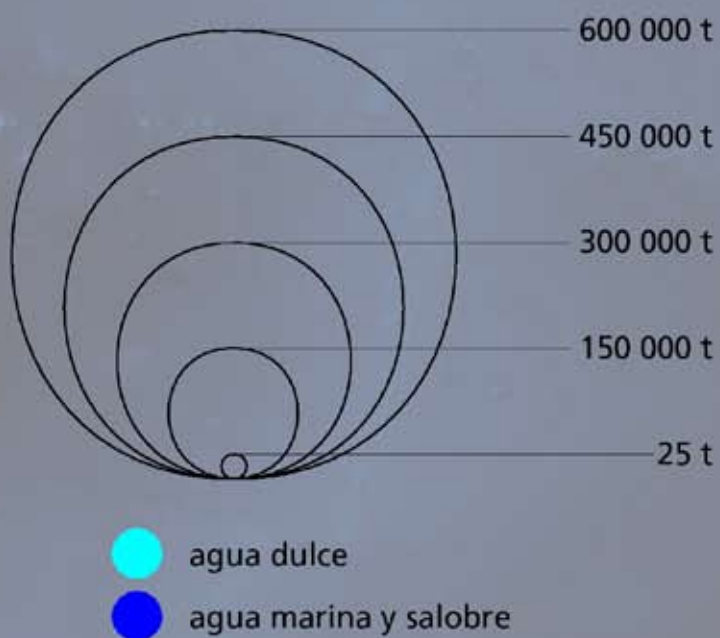
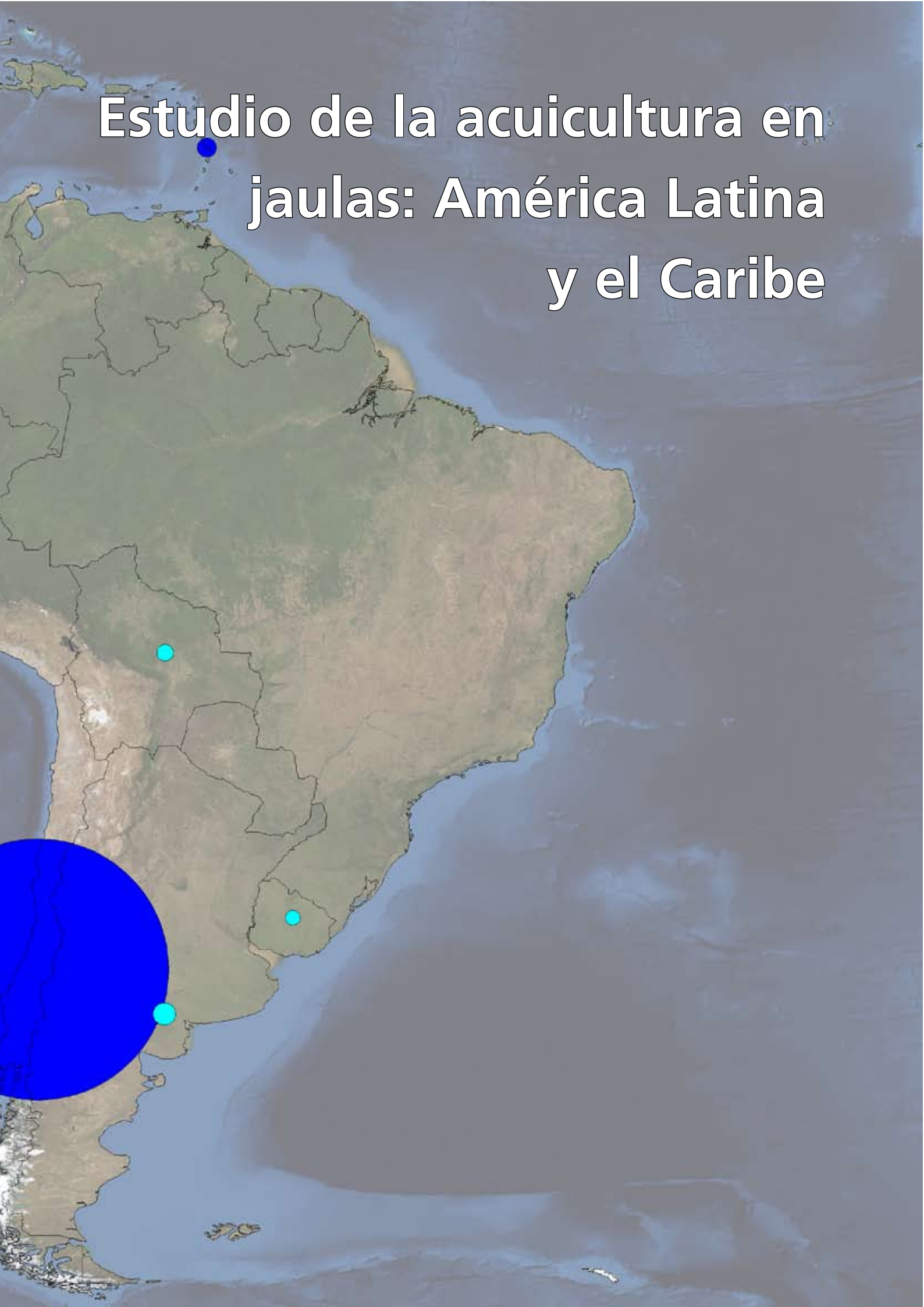


Producción de la acuicultura en jaulas 2005

Datos obtenidos de las estadísticas de pesca suministradas a la FAO por los Estados miembros en 2005. En caso de no existir datos de 2005, se utilizaron los de 2004.



Estudio de la acuicultura en jaulas: América Latina y el Caribe





Estudio de la acuicultura en jaulas: América Latina y el Caribe

Alejandro Rojas¹ y Silje Wadsworth²

Rojas, A. y Wadsworth, S.

Estudio de la acuicultura en jaulas: América Latina y el Caribe. En M. Halwart, D. Soto y J.R. Arthur (eds). Acuicultura en jaulas – Estudios regionales y panorama mundial. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 498. Roma, FAO. 2008. pp. 73–104.

RESUMEN

La acuicultura es una actividad comercial importante en toda América Latina y el Caribe, donde 31 de los 44 países de la región están comprometidos con la acuicultura, generando esta industria más de 200 000 empleos. El desarrollo del sector acuícola ha sido muy desigual, donde dos países, Chile y Brasil, son responsables del 72 por ciento de la producción total, y de ésta, se estima que el 70 por ciento proviene del cultivo en jaulas. Veintitrés países producen sólo el 2 por ciento del total. Ochenta y una de las 332 especies cultivadas en el mundo se crían en la región, con una producción acuícola total de 1,3 millones de toneladas valoradas en 5 200 millones de dólares EE.UU. en 2004. Estas cifras representan el 2,9 por ciento de la cosecha acuícola mundial y el 8,2 por ciento del valor. Gran parte de dichas especies son peces de alto valor comercial (casi 900 000 toneladas) y la gran mayoría se produce en sistemas de cultivo en jaulas, existentes entre las aguas subantárticas del sur de Chile hasta el Golfo de California, en el norte de México. La mayoría de las jaulas (más del 90 por ciento) que se utilizan en América Latina y el Caribe se encuentran en Chile, destinándose principalmente al cultivo de salmón. Este documento se enfoca principalmente en dos grupos de especies, los salmónidos (salmón y trucha) y la tilapia, ambos cultivados tanto en jaulas como en estanques y piletas rústicas.

El desarrollo regional de la acuicultura ha dependido enormemente de la existencia de planes de desarrollo y del compromiso de los gobiernos locales. Éste ha sido el caso de Chile, donde la salmonicultura ha manifestado un impresionante crecimiento durante los últimos 20 años. En este país, el cultivo en jaulas se lleva a cabo en ambientes de agua dulce, salobres y marinos. Debido a la significativa presión medioambiental causada por la acuicultura, y especialmente el impacto del cultivo en jaulas en los sistemas de agua dulce, la industria del salmón ha introducido algunos sistemas cerrados de cultivo con recirculación en el sur de Chile. En el caso de la producción en aguas de mar, la utilización de jaulas se ha incrementado en orden de entre 10 a 15 por ciento anual. Se requiere de estudios para encontrar la manera de mitigar el impacto ambiental del cultivo en jaulas y comprender más a fondo la dinámica e interrelación entre los diferentes usuarios del recurso acuático. El rápido crecimiento de la acuicultura ha conducido a una estrecha interacción con el sector agrícola para encontrar nuevas materias primas que puedan reemplazar la harina y aceite de pescado, cuya disponibilidad y precio son factores limitantes para el crecimiento de ambos sectores.

¹ Aquaculture Resource Management Limitada, Traumen 1721, Casilla 166, Puerto Varas, Chile

² Bluefin Consultancy, N-4310, Hommersåk, Noruega

INTRODUCCIÓN

Producción acuícola de la región³

En el año 2004, la producción total acuícola a nivel mundial (excluyendo plantas acuáticas) alcanzó a 45,5 millones de toneladas, por un valor que asciende a 63 500 millones de dólares EE.UU. (Cuadro 1). De este total, América Latina y el Caribe produjo 1,3 millones de toneladas por un valor de 5 200 millones de dólares EE.UU. (Cuadros 1 y 2). Esto se compara con las 4,8 millones de toneladas (valoradas en 7 000 millones de dólares EE.UU.) extraídas de la pesquería abierta que se exporta de la región. La acuicultura es reconocida como una actividad comercial cada vez más importante en toda Sudamérica (Hernández-Rodríguez *et al.*, 2001). Dada la demanda creciente de productos pesqueros y la presión actual sobre las poblaciones naturales finitas, se pronostica que la producción acuícola aumentará notablemente en toda la región durante los próximos 10 años.

En el año 2004, 31 de los 44 países en la región estaban involucrados en la acuicultura (Cuadro 3), produciéndose 81 especies por un valor comercial de 5 200 millones de dólares EE.UU. generando empleo para más de 200 000 personas. Chile y Brasil dominan este escenario, siendo ambos responsables por más del 70 por ciento de la producción total. La producción de camarón es significativa en cuanto a su valor y volumen. La producción acuícola de peces en la región está dominada por los salmónidos, como el salmón del Atlántico (*Salmo salar*), la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), salmón coho (*O. kisutch*) y el salmón rey (*O. tshawytscha*), con una producción total de 578 990 toneladas en 2004, mientras que la producción de tilapia (*Oreochromis* spp.) y carpa común (*Cyprinus carpio*) alcanzó las 220 058 toneladas (Figura 1). Durante el período de 2001–2003, los salmónidos y el camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) representaron 64 por ciento del volumen y 69 por ciento del valor de la producción acuícola de América Latina y el Caribe (Cuadro 4).

Muchas de las especies acuáticas cultivadas en la región son peces de alto valor comercial, estimándose que más del 60 por ciento de esta producción es obtenida de sistemas de jaulas desde las aguas subantárticas del sur de Chile hasta el Golfo de California en el norte de México.

FAO (2005) señala que el 57 por ciento del total de la producción acuícola, excluyendo plantas, proviene del mar; el 30 por ciento de ambientes de agua dulce y el 13 por ciento restante de aguas salobres. A pesar de que la acuicultura es una actividad ampliamente dispersa en toda la región, el 88 por ciento de la producción de peces y camarones se concentra en sólo cinco principales países productores (Figuras 2, 3 y 4). Chile, que produce salmón y trucha, y Brasil, que produce peces y camarón de agua dulce, son los principales productores acuícolas de la región. Sudamérica produce el 85 por ciento del total de la acuicultura por volumen de la región y el 84 por ciento por valor. Centroamérica representa el 10,1 por ciento del volumen y 14,3 por ciento del valor, mientras que el Caribe representa el 5,6 por ciento del volumen y 2 por ciento del valor. Si se compara con Europa, la producción acuícola en América Latina y el Caribe es mucho menor en términos de volumen, pero similar en términos de valor, lo que evidencia que las especies cultivadas en la región tienen un valor promedio más elevado (Cuadro 4). Esto se debe principalmente al cultivo de especies de alto valor como los salmónidos y el camarón. En 2004, el valor promedio de la región (3,96 \$EE.UU./kg) fue más elevado que el valor promedio del resto del mundo (1,40 \$EE.UU./kg) (Cuadro 4).

PROYECCIONES SOBRE DEL DESARROLLO ACUÍCOLA EN LA REGIÓN

El crecimiento de la acuicultura de especies de alto valor (camarón y salmón) ha tenido un impacto importante en el comercio internacional de productos pesqueros. No obstante, en años recientes, distintas especies de menor valor económico como la tilapia también han logrado ingresar en el mercado internacional.

Si bien hay un mercado y existen las condiciones geográficas y ambientales favorables que permiten un gran desarrollo de la acuicultura en América Latina y el Caribe, la región debe aún superar algunas limitaciones. Uno de los principales problemas que enfrenta la región (salvo unos cuantos países como Chile), es la ausencia de continuidad en el proceso político y económico, lo cual genera cierta inestabilidad. Esto hace que la acuicultura

³ La región comprende México y Centroamérica: Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá; Sudamérica: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Guayana francesa, Guyana, Paraguay, Perú, Suriname, Uruguay y Venezuela (la República Bolivariana de); y el Caribe: Anguila, Antigua y Barbuda, Aruba, Bahamas, Barbados, Bermudas, Islas Caimán, Cuba, Dominica, República Dominicana, Granada, Guadalupe, Jamaica, Martinica, Montserrat, Antillas Neerlandesas, Puerto Rico, Santa Lucía, Saint Kitts y Nevis, Trinidad y Tabago, Islas Turcos y Caicos, Islas Vírgenes Británicas, Islas Vírgenes (EE.UU.).

CUADRO 1

Producción acuícola mundial en el año 2004

Region	Volumen		Valor		
	Toneladas	%	\$ EE.UU. (000)	%	\$EE.UU./kg
África	561 019	1,2	890 641	1,4	1,59
América del Norte	751 984	1,7	1 308 838	2,1	1,74
América Latina y el Caribe	1 321 304	2,9	5 234 714	8,2	3,98
Asia	40 474 631	89,0	50 029 036	8,8	1,24
Europa	2 238 430	4,9	5 583 257	8,8	2,49
Oceanía	134 009	0,3	446 798	0,7	3,33
Gran Total	45 481 377	100	63 493 284	100	1,40

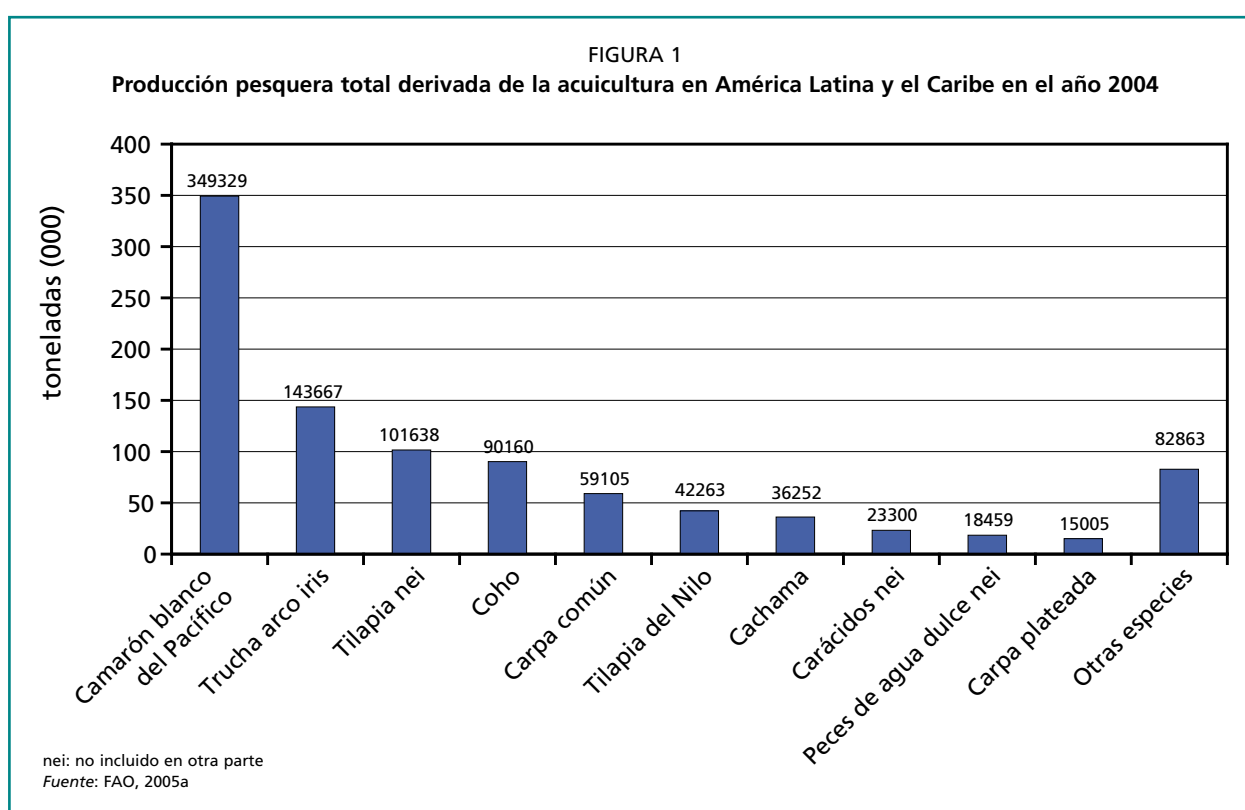
Fuente: FAO, 2005a,b

CUADRO 2

Producción acuícola (toneladas) en América Latina y el Caribe, 2000-2004, excluyendo plantas acuáticas

Productos	2000	2001	2002	2003	2004
Crustáceos	154 569	187 317	221 462	294 646	289 928
Peces diádomos	359 391	52 1092	498 461	502 534	586 289
Pez de agua dulce	251 293	263 873	293 581	292 955	310 841
Pez marino	2 584	2 803	2 832	1 114	929
Animales acuáticos varios	811	693	688	719	713
Moluscos	69 079	82 085	83 381	105 577	132 604
Total	837 727	1 057 861	1 100 405	1 197 545	1 321 304

Fuente: FAO, 2005



CUADRO 3

Acuicultura en América Latina y el Caribe: volumen y valor de los productos básicos producidos – nótese que la lista de productos básicos es de acuerdo a FAO 2005

#	Productos	Volumen			Valor		
		1996 – 2000	2001–2003		1996–2000	2001–2003	
		toneladas (000)	toneladas (000)	% del total	\$EE.UU. (millones)	\$EE.UU. (million)	% del total
1	Camarón Blanco del Pacífico	165	209	18,8	979	1 057	26,8
2	Salmón del Atlántico	110	267	24,0	404	969	24,6
3	Trucha arcoiris	81	126	11,3	262	381	9,7
4	Coho	77	112	10,1	307	329	8,3
5	Tilapias	50	73	6,6	152	219	5,5
6	Carpa	48	68	6,1	142	183	4,6
7	Conchas peruanas	17	22	2,0	87	141	3,6
8	Cachama	9	30	2,7	35	109	2,8
9	Otros camarones	10	18	1,6	69	108	2,7
10	Otros crustáceos	6	21	1,9	28	93	2,3
11	Tilapia del Nilo	16	34	3,0	39	75	1,9
12	Moluscos chilenos	13	44	3,9	11	71	1,9
13	Peces de agua dulce	27	23	2,1	81	65	1,6
14	Otros	76	66	5,9	190	147	3,7
	Total	706	1 113	100	2 785	3 947	100

Fuente: FAO, 2005

CUADRO 4

Producción acuícola por región (volumen y valor promedio) en 2004

Región / Área	Volumen		Valor	
	toneladas	%	%	\$EE.UU./kg
Asia	40 474 631	89,0	78,8	1,24
Europa	2 238 430	4,9	8,8	2,49
América Latina y el Caribe	1 321 304	2,9	8,2	3,96
América del Norte	751 984	1,7	2,1	1,74
África	561 019	1,2	1,4	1,59
Oceanía	134 009	0,3	0,7	3,33
Total	45 481 377	100	100	1,40

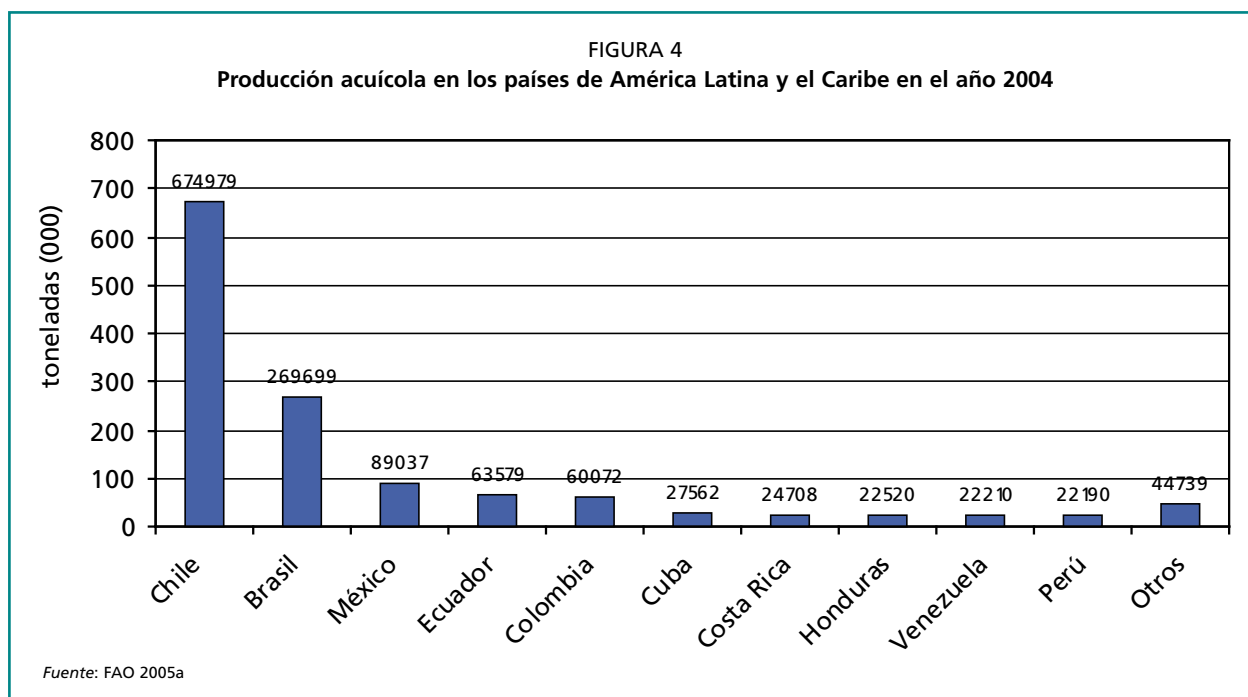
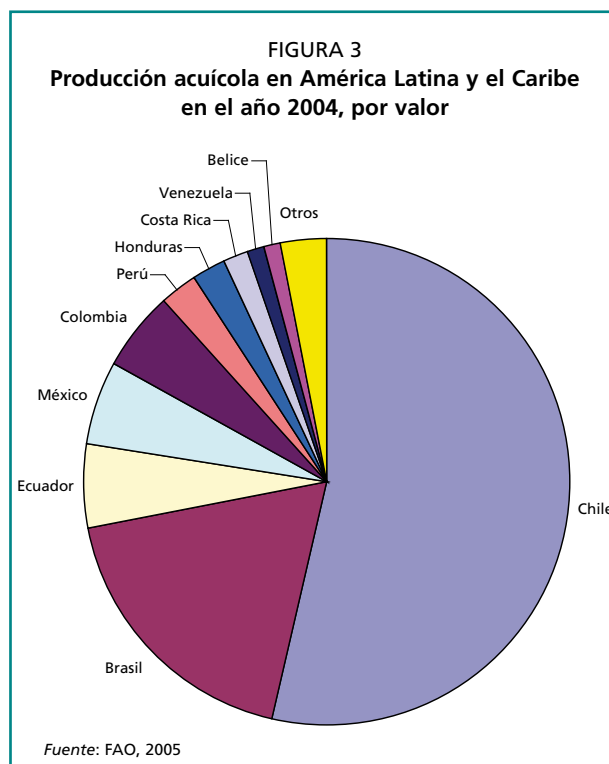
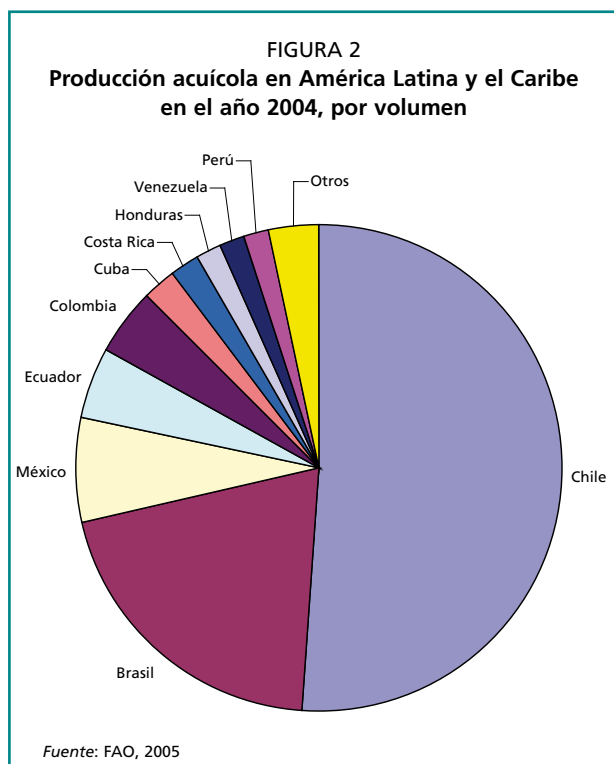
Fuente: FAO, 2005

sea poco atractiva para los inversionistas, ya que muchos proyectos son negocios que progresan lentamente. Asimismo, la redefinición total de las estrategias de desarrollo de los países cada vez que un nuevo gobierno sube al poder impide contar con políticas relativamente permanentes que apoyen la investigación y el desarrollo. Ambos factores son requisitos importantes para que la industria genere nuevas tecnologías de cultivo aplicables a las principales especies nativas o a las especies exóticas de interés comercial.

Sin embargo, el principal problema no es si América Latina y el Caribe sean capaces de contar

con un desarrollo e investigaciones sostenibles para la innovación tecnológica, sino si existen suficientes recursos humanos y financieros para aplicarlos correctamente a la investigación y el desarrollo. Si se desea optimizar el rendimiento y la capacidad de la región para competir en el mercado mundial, es importante analizar los recursos tecnológicos disponibles en otros países junto con el conocimiento local.

Entre los años 1970 y 1990, el enfoque fue orientado a la producción. Sin embargo, actualmente otras áreas como la genética, la salud y patología, las mejoras ambientales, los procesos de cosecha y el



mercado, se han vuelto muy importantes para el desarrollo de la acuicultura. Igual de importante, son también los programas de capacitación en materia de planificación, reglamentación, financiamiento y bioeconomía. No todos los países cuentan con carreteras, infraestructura de transporte y otros servicios adecuados. Por lo tanto, a pesar de que la acuicultura tiene un futuro prometedor en la región, quedan aún muchos desafíos por superar.

PRODUCCIÓN DE SALMÓNIDOS

Chile

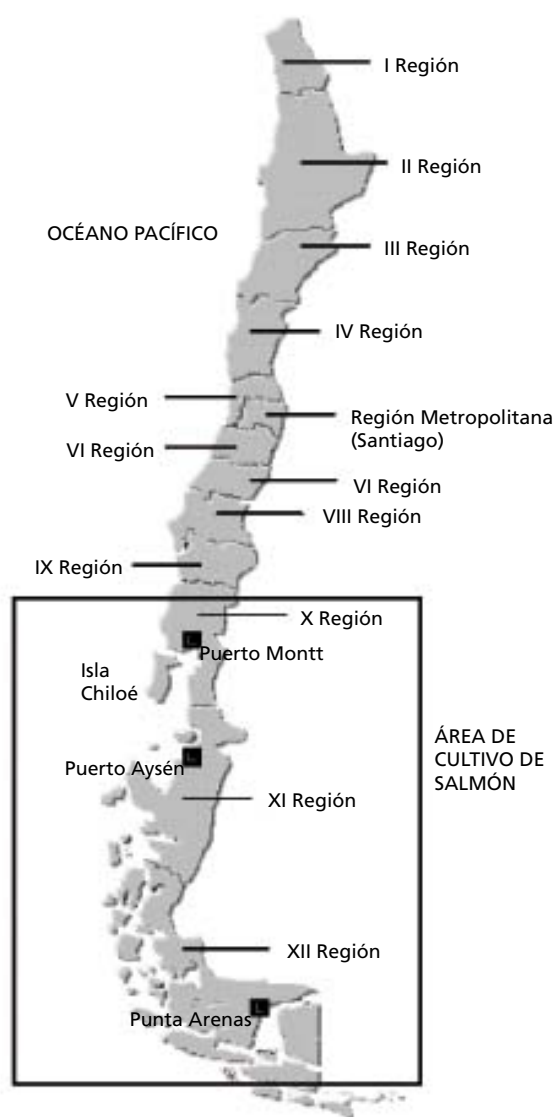
La trucha arcoiris y el coho se introdujeron en Chile en el siglo XIX para la pesca deportiva. Su cultivo comenzó recién en 1978 y, para el año 1988, se producían más de 4 000 toneladas de coho plateado. Las ovas de salmón del Atlántico fueron importadas de Noruega en 1982 y en el transcurso de 10 años se ha convertido en la especie que

más se produce (Tiedemand-Johannessen, 1999). Entre 1993 y 2003, la producción total de salmón y trucha se incrementó a un ritmo promedio de 15,5 por ciento anual, en comparación con el promedio mundial de 7,7 por ciento. A principios de 2005, Chile casi encabeza la lista de productores mundiales en términos del volumen total de salmónidos producidos (Carvajal, 2005a).

Además de haber introducido material genético valioso, Chile se ha beneficiado de una gran variedad de transferencias de capital y tecnologías provenientes de otros países productores de salmón como Noruega, Escocia y Canadá, lo cual ha facilitado el rápido crecimiento de la industria. Entre los principales campos de avance tecnológico están la nutrición, el manejo sanitario y las técnicas de cultivo, así como los sistemas de cultivo en jaulas.

Una vez transferidos desde los peces desde los centros de cultivo en tierra, toda la producción de salmón en Chile se lleva a cabo en jaulas (Cuadro 5), inicialmente en ambientes de agua dulce o estuarinos hasta la esmoltificación, y posteriormente en jaulas en agua de mar. En el año 2000 se introdujo la tecnología de recirculación en la industria, permitiendo que la fase del cultivo de agua dulce y smoltificación se lleve a cabo en tierra, en sistemas cerrados. Estos sistemas se introdujeron a raíz de la fuerte presión ambiental y de la necesidad de controlar las enfermedades y reducir el uso de antibióticos en la fase previa a la smoltificación. En la actualidad, el 16 por ciento de los smolts proviene de estos sistemas, 33 por ciento de las jaulas ubicadas en estuarios y 51 por ciento de las jaulas ubicadas en lagos. En Chile, la trucha arcoiris también se cultiva en agua de mar y este sistema de cultivo representa el 85 por ciento de la producción total de trucha en Chile (106 000 toneladas) (Gilbert, 2002).

FIGURA 2
Áreas para el cultivo de salmónidos en Chile



Fuente: Bjørndal, 2002

CUADRO 5

Exportaciones chilenas de salmón y trucha (millones de \$EE.UU. FOB Chile)

Especies	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Salmón del Atlántico	298	340	350	492	525	570	687	876	1 070
Coho	189	170	280	263	230	206	211	232	284
Salmón rey	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Trucha arcoiris	178	203	188	215	208	193	242	330	352
Otros	1	0	0	3	1	5	7	2	6
Salmón total	668	714	818	973	964	973	1 147	1 439	1 721

Fuente: Asociación Chilena del Salmón

Distribución del cultivo de salmónidos en ambientes marinos, salobres y de agua dulce

El cultivo de salmónidos en Chile se da en las regiones X, XI y XII (Figura 5 y Cuadro 6), desde Puerto Montt hacia el sur del país. El crecimiento más importante del sector se dio en la X región hasta principios del año 2000, desplazándose desde ese momento el cultivo en jaulas más al sur (XI región).

Debido a la disponibilidad de sitios poco desarrollados, cualquier expansión posterior de la industria ocurrirá predominantemente en las regiones XI y XII. Sin embargo, será necesario desarrollar extensivamente la infraestructura para que estas áreas alcancen su pleno potencial de producción. Sólo un volumen relativamente pequeño de biomasa se produce en agua dulce antes de transferirla a sitios de agua de mar para el engorde. Por lo general, los peces se transfieren de las jaulas en agua dulce cuando pesan menos de 100 g, y pueden cosecharse de las jaulas en agua de mar cuando el peso individual supera los 5 kg. La legislación existente limita la engorda de salmónidos a su fase de agua de mar. La mayor producción de agua dulce en la X región se concentra en el lago Llanquihue. Recientemente, diversas compañías han instalado operaciones de producción de agua dulce en otras áreas para así reducir el riesgo de bioseguridad que acarrea concentrar toda la producción de smolts de la industria de un mismo lugar. Asimismo, los sistemas de recirculación están reemplazando lentamente al cultivo en jaulas en los lagos para la producción de smolts.

Sistemas de cultivo en jaulas

El sistema de cultivo en jaulas flotantes es la tecnología más utilizada para cultivar salmónidos en Chile. Estos sistemas consisten en estructuras circulares de plástico (Figuras 6 y 7) o estructuras cuadradas de metal (Figura 8) con redes suspendidas de estas. Las jaulas individuales, se agrupan en diferentes números, para conformar un centro

FIGURA 6
Jaulas circulares de plástico en Chile



CORTESÍA DE MAINSTREAM SA

FIGURA 7
Proceso de alimentación en una jaula de plástico utilizando una bomba de agua adaptada



CORTESÍA DE MAINSTREAM SA

FIGURA 8
Jaulas metálicas en Chile



CORTESÍA DE MAINSTREAM SA

CUADRO 6

Distribución de las granjas salmonícolas y producción en Chile en 2005

Región	Granjas de agua marina	Granjas de agua dulce	Distribución de la producción total
X	375	70	80%
XI	143	20	19%
XII	15	11	1%

Fuente: Servicio Nacional de Pesca Chile (SERNAPESCA).



CUADRO 7
Número y tipos de jaulas en Chile en 2003

Tipo de jaula	Numero	Porcentaje (%)	Costo aproximado por unidad (\$EE.UU.)
Plástico	1 357	13	30 000
Metal	8 931	87	25 000
Total	10 228	100	

Fuente: Fabricantes de jaulas y productores de salmónidos

de cultivo acuícola. Las jaulas se conectan al fondo marino a través de una estructura enrejada estática que utiliza bloques de concreto y anclas especializadas (Beveridge, 2004). La instalación requiere de información detallada sobre las condiciones ambientales y la composición del suelo marino. Aunque no existe una legislación para controlar los detalles de la instalación, muchas compañías cumplen con la norma noruega NS9415 para reducir las primas de seguro asociadas con esta crítica operación. Esto ha reducido el número de errores de amarre y consecuente pérdida de equipos y peces en los últimos años.

En los centros de agua de mar con condiciones menos expuestas existe, generalmente, una barcaza con capacidad para almacenar alimento y también alojar al personal (Figura 9). El alojamiento del personal es importante para que las jaulas cuenten con vigilancia las 24 horas y así impedir la pesca furtiva.

El tamaño y tipo de jaula varía notoriamente dependiendo de distintos factores. Los sistemas de cultivo en jaulas en ambientes de agua dulce están normalmente, limitados a marcos (metálicos) de $\leq 15 \text{ m}^2$. El uso de jaulas más pequeñas en agua dulce permite un mejor acceso y control, facilitando



los manejos de cultivo más intensivos como la clasificación, el traslado de peces, la vacunación y el recambio de redes. En los centros de cultivo de agua de mar, los peces casi no se manejan, por lo que es posible utilizar estructuras de mayor tamaño. Las jaulas de plástico de 90 m de circunferencia y con redes de 20 m de profundidad (12 900 m³) son comunes en centros de agua de mar. Estos centros también utilizan jaulas metálicas de 20 x 20 m con redes de 20 m de profundidad (8 000 m³). La densidad de biomasa máxima varía entre 16 y 20 kg/m³ en estos centros de cultivo de agua de mar.

Las jaulas de metal son estructuras más sólidas y, en comparación con las jaulas circulares de plástico, su manipulación suele ser más sencilla. Esto permite un mejor acceso físico y condiciones de trabajo más estables para las operaciones marinas rutinarias como son el cambio de redes dañadas por organismos incrustantes, la extracción de ejemplares muertos, la clasificación y la cosecha. Las desventajas de las jaulas de metal es que son más susceptibles a la fatiga metálica, corrosión (en ambiente de agua salada) y son menos resistentes en los sitios de alta energía (Willoughby, 1999). Como las jaulas metálicas están unidas entre sí, el intercambio de agua se reduce en algunas jaulas. Durante los períodos de baja cantidad de oxígeno en el agua, el escaso intercambio de agua puede agravar sus efectos negativos especialmente en términos de la tasa de crecimiento, incrementando la variabilidad entre las jaulas.

Los adelantos recientes de la galvanización en caliente han hecho reducir la corrosión y mejorar la rentabilidad, extendiendo el período de vida operativa de muchas jaulas metálicas a más de 10 años. Dado que gran parte del desarrollo del salmón en Chile ha tenido lugar en aguas litorales relativamente protegidas, hay una mayor proporción de jaulas metálicas en operación (Cuadro 7). Esta proporción puede cambiar a medida que la industria se vaya expandiendo y se utilicen centros de cultivo más expuestos en el mar abierto.

La creciente mecanización ha sido una característica propia de las operaciones de cultivo en jaulas de salmón en años recientes. En algunos centros, con uso intensivo de capital, se están introduciendo sistemas de alimentación centralizados para mejorar el manejo del alimento e incrementar el rendimiento de las operaciones. Estos sistemas se componen de un silo flotante centralizado (Figura 11) que distribuye el alimento a cada jaula a través de tubos de plástico vía aire

comprimido (Figura 12). El alimento se controla automáticamente por medio de monitores instalados en cada jaula que pueden detectar cuando los pellets no consumidos salen de la jaula. Cuando se detectan estos pellets, el suministro de alimento se detiene. Para evaluar la respuesta al alimento, se utilizan cámaras submarinas y sistemas de distribución en la superficie (Figuras 13 y 14) conectados a los recolectores de desechos. Dado que el costo del alimento representa más del 50 por ciento

FIGURA 13
Silo de alimentación automática con sistema de recolección de alimento (Chile)



FIGURA 14
Utilización de cámara submarina para controlar el suministro de alimento (Chile)



CUADRO 8

Típica distribución de jaulas en una granja marina salmonícola en Chile

Numero de jaulas	Tamaño de las jaulas	Número de esguines al comienzo del ciclo	producción (toneladas)	Densidad máxima
14	30 m diámetro	700 000	2 500	20 kg/m ³
21	30 m diámetro	1 050 000	3 675	
24	30 m diámetro	1 200 000	4 200	
20	30 x 30 m cuadrado	600 000	2 100	

Fuente: Productores de salmónidos

de los costos operativos, es necesario reducir los desechos y mejorar los resultados del crecimiento. La reducción del impacto ambiental del alimento residual y el mejoramiento en la manipulación a granel en las operaciones, son beneficios adicionales al eficaz manejo del alimento.

Debido a la expansión continua de la industria, la creciente mecanización no ha causado una reducción generalizada del personal (Intrafish, 2003). Comparado con otras regiones, el número de empleados por centro de cultivo es considerablemente más elevado en las operaciones de cultivo de salmón en Sudamérica, lo que refleja una estructura salarial más baja comparada a la de sus competidores de Noruega, Canadá y Escocia. Este bajo nivel salarial constituye una gran ventaja competitiva para la industria y ha sido un importante factor para el exitoso desarrollo sostenible en Chile (Barrett, Caniggia y Read, 2002).

Efectos ambientales y legislación pertinente

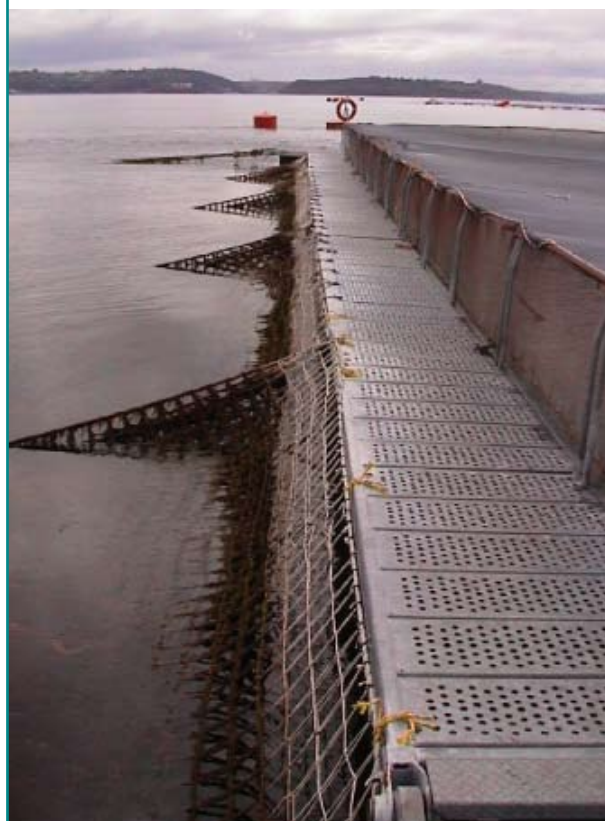
La producción intensiva de una gran biomasa de cualquier especie acuática en un espacio reducido tiene diversas consecuencias ambientales. La rápida expansión y desarrollo de la industria de salmón ha hecho incrementar la preocupación por el ambiente y ha suscitado interrogantes respecto a sus posibles impactos ecológicos. Las autoridades reguladoras ya han señalado la necesidad de minimizar el impacto ambiental, si se desea que la productividad sea sostenible en el tiempo.

Las investigaciones realizadas desde 1996 indican que existe un impacto local negativo sobre el fondo marino en las áreas de cultivo autorizadas. Este impacto está relacionado con los cambios físicos y químicos del sedimento y con la pérdida de biodiversidad bentónica. Estos impactos incluyen la modificación de las comunidades bentónicas, aumento de la carga de nutrientes en aguas litorales, el problema asociado de la floración de algas dañinas, la utilización de distintos tipos de productos químicos y el escape de peces al ambiente natural (Buschmann *et al.*, 2006).

Los estudios realizados por Soto y Norambuena (2004) revelaron que una granja salmonera no tiene efectos en las variables de la columna de agua como el nitrato, amoníaco, ortofosfato y clorofila, lo que pudiera indicar la posibilidad de índices de dilución elevados y procesos de reciclaje. No obstante, existe un cambio importante en las variables del sedimento y una pérdida significativa de la biodiversidad que pareciera estar relacionada no sólo con la carga de materia orgánica y los bajos niveles de oxígeno en el sedimento, sino también con la deposición de cobre (debido a la utilización de pintura en base a

FIGURA 15

Redes antipredadoras desplegadas alrededor de una jaula metálica en Chile. Una red adicional ha sido añadida a la superficie del corral para impedir la depredación por parte de las aves.



cobre en redes utilizadas). Asimismo, el deterioro ambiental debido a la elevada concentración de materia orgánica en los sedimentos puede afectar la salud de los peces cultivados y, en consecuencia, la rentabilidad.

Es evidente que en Chile se requiere con urgencia de investigaciones adicionales para comprender más a fondo dichos efectos, especialmente si se desea que esta industria se expanda al extremo sur del país. Resulta imposible describir o predecir cuál será el comportamiento del ecosistema sin conocer cómo están distribuidos los componentes del ecosistema en el tiempo, el espacio o la relación de unos con otros, ni entender la relación y los procesos que explican su distribución y comportamiento. Los sistemas de información geográfica (GIS) pueden ser herramientas muy útiles para organizar y presentar datos espaciales de modo que permita una efectiva planificación de la gestión ambiental. No obstante, estos sistemas son un complemento a las investigaciones realizadas en terreno y la evaluación de sus riesgos.

En Chile, la expansión del cultivo de salmón también ha estado relacionada con un incremento en la mortalidad de los lobos marinos (*Otaria flavescens*) debido a que estos quedan atrapados en las redes de cultivo y a que los acuicultores les disparan cuando atacan los sitios donde se cultivan salmón (OECD, 2005). Entre los métodos de control utilizados se incluyen la utilización de dispositivos acústicos y las técnicas de disuasión física; sin embargo, sólo el despliegue de redes antipredadoras alrededor de las jaulas (Figura 15) ha permitido la reducción permanente del ataque de los lobos marinos (Sepúlveda y Oliva, 2005). A pesar de esta protección, algunos lobos marinos han aprendido a saltar por encima de las redes antipredadoras que las rodean. Esto ha requerido de la colocación de redes adicionales por encima del nivel del agua para frustrar las estrategias de estos predadores inteligentes, acrobáticos y bien adaptados (Figura 16).

El daño ocasionado a las redes por los lobos marinos o por otras causas puede dar por resultado significativas pérdidas de peces al ambiente. El peor y único accidente a la fecha fue el escape de aproximadamente 1 millón de salmones durante una fuerte tormenta en julio del año 2004. Estos escapes masivos de salmónidos carnívoros pueden tener un grave efecto sobre la población de peces nativos debido a una mayor depredación, introducción de enfermedades y a otras interacciones con el hábitat (Soto, Jara y Moreno, 2001). Esto es particularmente

cierto en los ambientes de agua dulce, donde una alta proporción (93 por ciento) de las especies ya han sido clasificadas como especies amenazadas (OECD, 2005; Soto *et al.*, 2006). El escape de salmones hacia el ambiente marino puede repercutir en las operaciones de otras partes interesadas como la pesca costera comercial y recreativa. El Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA) requiere que cada centro de cultivo cuente con un plan de emergencia en el que se aborden los riesgos derivados de la mortalidad, escape de peces y el derrame accidental de alimentos. Los operadores necesitan demostrar un plan de contingencia viable que garantice la captura de los peces que se escapen dentro de un radio de 400 m de la granja por cinco días (esto se puede incrementar a un máximo de 5 km y 30 días en casos extremos). Sin embargo, aún no está claro cómo funcionarán realmente estos planes de contingencia y qué tan eficaces son los diferentes métodos de captura. Cada caso de escape de peces debe informarse a la autoridad portuaria local y al Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA).

FIGURA 16
Redes antidepredadoras desplegadas por encima del nivel del mar para impedir que los lobos marinos salten a los corrales



Con la intensificación de la industria en Chile, distintas enfermedades se han vuelto comunes, incluyendo las causadas por patógenos bacterianos (*Vibrio* sp. y *Streptococcus*), el piojo de mar (*Caligus* sp.) y el virus de necrosis pancreática infecciosa (IPNV). *Piscirickettsia salmonis* es una pequeña bacteria intracelular que causa septicemia mortal en los salmónidos. Desde que fue aislada por primera vez a fines de la década de los 80, la *P. salmonis* ha sido la principal causa de mortalidad en esta industria en Chile. Tan sólo en 1995, más de 10 millones de salmones murieron durante las operaciones marinas de cultivo en jaulas, con un impacto económico estimado en 49 millones de dólares EE.UU. Un efectivo control de salud, diagnóstico rápido y la intervención oportuna con sustancias antimicrobianas han hecho mejorar enormemente la situación. Sin embargo, el uso continuo de antibióticos ha suscitado inquietudes. Ahora es un requisito que todos los lotes de salmón cosechados destinados al mercado de los Estados Unidos de América y Japón sean analizados para la detección de residuos de antibióticos. SERNAPESCA está revisando tres programas sanitarios generales (manejo de enfermedades, manejo de alimentos y vacunación) para establecer la presentación obligatoria de informes respecto a la utilización de antibióticos en las granjas salmonícolas. El Reglamento Sanitario para la Acuicultura (RESA) de 2001, basada sobre la prevención y control de enfermedades de alto riesgo en las especies acuáticas, acuerda diferentes aspectos para el control sanitario, fiscalización epidemiológica y la erradicación de enfermedades infecciosas en los centros de cultivo. El programa de control de residuos de SERNAPESCA ha estado brindando más recursos ante el aumento del número de inspecciones in situ (OECD, 2005).

En los países productores de salmón como Noruega y el Reino Unido, el desarrollo efectivo de vacunas para infecciones bacterianas ha sustituido la dependencia de los antibióticos. Debido a la naturaleza intracelular de la *P. salmonis*, las vacunas existentes contra este patógeno no han resultado tan eficaces en comparación con otros patógenos bacterianos, a pesar de que se utilizan cada vez con mayor frecuencia. Actualmente, la industria está desarrollando vacunas más eficaces (Birkbeck *et al.*, 2004).

Pinturas que previenen en el crecimiento de organismos incrustantes en las redes son utilizadas en esta industria garantizando el normal flujo de agua a través de las jaulas. Estas pinturas *antifouling*

que contienen cobre como ingrediente principal pueden eventualmente causar un impacto sobre el ambiente (Barrett, Caniggia y Read, 2002). El RAMA requiere que el cambio de redes y las operaciones de lavado se lleven a cabo en lugares especializados en la costa, y que estas instalaciones realicen tratamiento de su agua para reducir los efectos ambientales.

Con el RAMA se introdujo el concepto de caracterización preliminar del centro de cultivo, que exige a los solicitantes de cualquier concesión de producción nueva (en tierra o mar) a someterse a una evaluación de impacto ambiental (EIA). Asimismo, todos los centros de cultivo existentes deben llevar a cabo un control ambiental anual como parte del programa de información ambiental (INFA). Si las condiciones anaeróbicas prevalecen en los sedimentos superiores (bajo las jaulas) por dos años consecutivos, la zona de cultivo debe reducir en un 30 por ciento la biomasa producida en el tercer año y cada año a partir de entonces hasta que mejoren las condiciones del oxígeno en los sedimentos.

Debido a que el crecimiento de la industria ha sido orientado en gran parte a las exportaciones, la responsabilidad corporativa ambiental está mejorando, particularmente entre los centros de cultivo y compañías más importantes. En el año 2002 se firmó un Acuerdo de Producción Limpia (APL) entre los productores. Este acuerdo determinó un plazo de dos años para el tratamiento y disposición final de los residuos sólidos y líquidos de los centros de cultivo y plantas procesadora con el fin de que los productores cumplieran con la normativa ambiental vigente. El acuerdo también contempla el control y la erradicación de enfermedades de alto riesgo. La certificación ambiental del cultivo de salmón se ha incrementado y los centros de cultivo más grandes ya cuentan con certificación ISO 14001. El proceso de certificación condujo a la elaboración de un Código de Buenas Prácticas Ambientales que incluye los criterios de sustentabilidad para todas las fases del cultivo de salmón (OECD, 2005).

En 1991, la Ley General de Pesca y Acuicultura creó áreas específicas para la cría de peces en el mar con el fin de garantizar que el cultivo acuícola no entre en conflicto con otras actividades como la pesca, navegación, turismo y protección de la naturaleza. No se podrán autorizar concesiones en reservas marinas (áreas de reproducción para la población de peces) y en los parques marinos recientemente creados. Las áreas acuícolas y sus límites en aguas

marinas se han delimitado por decreto en ocho regiones. No pueden autorizarse más áreas para la acuicultura en los lagos chilenos. Esta restricción ha contribuido a la expansión de la acuicultura en estanques e instalaciones de producción en aguas dulces interiores (OECD, 2005). En 2003, se implementó la Política Nacional de Acuicultura (PNA) como marco jurídico para regular el sistema y unirse a las distintas políticas y entidades legales relacionadas con las actividades acuícolas para que de esta manera, exista una «ventanilla única» en donde tramitar la documentación y los permisos, la que en su mayoría se realizan a través de Internet.

Los centros de cultivo de salmón consumen actualmente una tercera parte de la producción nacional de harina de pescado. Predicciones recientes indican que la demanda de recursos finitos de harina de pescado se incrementará notablemente en un futuro cercano, especialmente luego del espectacular aumento en la demanda de China. La derivación de proteína de fuentes alternativas de producción en tierra para sustituir los ya costosos insumos como aceite y harina de pescado dentro la región se volverán cada vez más importante (Barlow, 2003). La industria salmonera ha hecho frente a este proceso desde el año 2000, en que el 50 por ciento de la materia prima utilizada era Harina de pescado. En la actualidad dicho porcentaje se ha reducido a un 27 por ciento. En el caso del aceite de pescado, su utilización disminuyó de 25 % a 16 % en el año 2006.

Estos logros, que requirieron un gran esfuerzo económico, fueron posibles gracias a la investigación concertada que llevaron a cabo las compañías fabricantes de alimento y los centros de investigación tanto en Chile como en el exterior. Dichos estudios consideraron la formulación de nuevas dietas, su eficacia productiva, así como el bienestar, la calidad, la nutrición y la salud de los peces. El reemplazo de la harina de pescado también debe ser aceptado por el consumidor, y las materias primas que éstos utilizan deben ser sostenibles y no dañinas al medioambiente. Cualquier deficiencia en alguno de los nutrientes esenciales reducirá el crecimiento e incrementará el índice de conversión alimenticia (FCR). Las patologías nutricionales pueden ser resultado de una deficiencia crónica extrema. Por lo tanto, los fabricantes de alimento están bajo una gran presión para proporcionar un buen equilibrio de productos que sean aceptables en cuanto a precio, composición, palatabilidad, digestibilidad, nutrientes/antinutrientes, seguridad microbiológica y propiedades funcionales.

La soya, lupino, raps, arvejas, maíz, trigo, proteínas derivadas de la avicultura, las bioproteínas, etc., son algunos de los ingredientes que han estado utilizándose para reemplazar la harina de pescado. El aceite de pescado se puede reemplazar hasta un 50 por ciento por aceites vegetales sin afectar el rendimiento productivo, el bienestar o la calidad nutricional de los peces. Actualmente (año 2006), entre un 35 y 50 por ciento del aceite que se agrega a las dietas es de origen vegetal.

La demanda creciente de nuevas materias primas ha tenido un efecto notable en el sector agrícola del sur de Chile, particularmente en el cultivo de raps, trigo y lupino. En el caso del raps, el número de hectáreas cultivadas se ha incrementado más de 10 veces en los últimos tres años y se espera que aumente otro 20 por ciento durante la temporada de 2006. Por otra parte el número de hectáreas cultivadas de lupino se ha incrementado aproximadamente en un 75 por ciento en los últimos cuatro años y se espera que aumente otro 13 por ciento más en 2006.

Aspectos económicos y mercados

Los salmónidos son responsables de aproximadamente el 6 por ciento del total de las exportaciones de Chile y recientemente sobrepasaron a las exportaciones de vino en importancia comercial (Carvajal, 2006). En 2004, la exportación chilena de salmónidos (por valor) hacia sus principales mercados en los Estados Unidos de América, Japón y la Unión Europea (UE) consistió en 61 por ciento de salmón, 23 por ciento de trucha y 16 por ciento de coho. Los productos de salmón fresco se exportan a los Estados Unidos de América por carga aérea, mientras que el salmón congelado se exporta por mar a Japón y Europa. Los productos con valor agregado son responsables de la mitad de las exportaciones de la industria, con 37 por ciento de filetes frescos y 36 por ciento de filetes congelados. Otros mercados tanto en Asia como en América Latina (particularmente Brasil) y el Caribe se han vuelto cada vez más importantes (Cuadro 9).

Uno de los principales desafíos de Chile es la distancia de este país con respecto a sus principales mercados de exportación, así como su dependencia en los mercados de los Estados Unidos de América y Japón, lo que ha vuelto vulnerable las exportaciones de Chile a las tendencias económicas y las políticas comerciales (Bjørndal, 2002). Chile ha firmado varios acuerdos bilaterales y multilaterales de libre comercio, incluyendo el firmado con los Estados Unidos de América (2003) y la Unión Europea

CUADRO 9.

Exportación de salmón y trucha chilenos a los principales mercados (valor y volumen)

<i>Mercado</i>	Valor (millones de \$EE.UU. FOB Chile)										
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Japón	295	295	366	337	471	477	436	403	427	566	638
Estados Unidos de América	136	177	214	270	259	358	364	414	544	575	606
Unión Europea	35	31	37	45	34	57	77	62	58	118	240
América Latina	16	26	37	47	39	53	51	47	56	79	84
Otros mercados	7	9	15	15	15	29	37	48	62	101	153
Total	489	538	668	714	818	973	964	973	1 147	1 439	1 721
<i>Mercado</i>	Volumen (toneladas x 000)										
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Japón	58	80	93	105	92	111	158	162	119	154	151
Estados Unidos de América	29	41	46	52	45	65	88	108	117	124	119
Unión Europea	6	6	8	10	7	11	22	21	14	24	48
América Latina	3	6	9	11	9	13	17	19	17	23	24
Otros mercados	1	2	4	4	3	6	16	21	19	29	43
Total	98	135	160	182	155	206	300	331	286	355	384

Fuente: Salmon Chile (2005)

(2002). Además, el Mercado Común del Sur (MERCOSUR) ha estimulado las exportaciones hacia los países sudamericanos.

Factores sociales

En los últimos 10 años, el cultivo de salmónes en Chile ha sido un importante factor para el crecimiento del desarrollo económico, particularmente en la Región X, donde se ha registrado una de las tasas de empleo más altas del país (Instituto Nacional de Estadísticas – INN, 2006). La concentración de las operaciones de cultivo en jaulas en localidades específicas ha atraído a otras actividades relacionadas como fabricantes, servicios veterinarios y compañías aseguradoras para formar una agrupación industrial que abarca más de 200 compañías. Esta «agrupación del salmón» ha tenido un efecto importante en una región en donde anteriormente, registraba uno de los niveles de vida más bajos del país (Salmón Chile, 2005).

Sin embargo, a pesar del progreso inicial, aún hay mejoras por hacer. Estudios recientes demuestran que el nivel de pobreza nacional en el período 2000–2003 disminuyó de 24,7 por ciento a 21,6 por ciento en la Región X, en comparación con una reducción de 20,6 por ciento a 18,6 por ciento a nivel nacional (Cárdenas, Melillanca y Cabrera 2005). En 2004, la industria salmonera generó empleos directos e indirectos a 45 000 personas en total; 80 por ciento de éstos se concentraron en la Región X. Un total

de 35 por ciento de los trabajadores en la industria salmonera chilena son mujeres (Carvajal, 2005a).

Sin embargo para otros interesados en la zona costera ha habido algunos conflictos de intereses. Los pescadores artesanales han perdido sus lugares tradicionales de pesca y buceo en las proximidades de las jaulas de salmón, dado que las compañías suelen imponer informalmente zonas de exclusión alrededor de las zonas salmoneras sin justificación legal. No obstante, las comunidades pesqueras locales están buscando maneras de adaptarse a las nuevas circunstancias y una de ellas es mediante la concesión de áreas marinas autogestionadas. Por ejemplo, con apoyos financieros y administrativos, un sindicato de pesca artesanal ha logrado obtener la primera concesión marítima en la Isla Grande de Chiloé, donde 25 de sus miembros ponen a la venta ostras y algas cultivadas. Aunque la globalización ha tenido un efecto modernizador notable en la región, hay pocos indicios de que la gente esté renunciando a la pesca tradicional, vendiendo terrenos o perdiendo su estilo de vida debido al impacto de la salmonicultura (Barret Caniggia y Read, 2002). Por el contrario, el cultivo del salmón ha tenido un efecto importante, y ha logrado reducir la migración de jóvenes de las zonas rurales a las ciudades debido a la disponibilidad de nuevos empleos dentro del sector acuícola.

A pesar del exitoso desarrollo de esta industria en Chile, algunas organizaciones no gubernamentales

(ONG) han criticado los impactos ambientales de la acuicultura y actualmente también, la violación de lo que ellos consideran sus derechos laborales. Según estas organizaciones, la industria salmonera no permite el desarrollo sostenible y su capacidad de generar empleos no se traduce en mejores tasas de ingreso en la región. Estas críticas han requerido que la industria salmonera se vea en la ardua labor de justificar su desarrollo y de abordar las cuestiones que pueden mejorarse.

Producción de salmónidos en la región (excluyendo Chile)

La producción de salmónidos en la región (excluyendo Chile) consiste principalmente en el cultivo de la trucha arcoiris, lo que, en su mayoría, se lleva a cabo en tierra, en sistemas de agua dulce como estanques de tierra y canales (Cuadro 10). En Perú y Bolivia se ha desarrollado la producción a pequeña escala de trucha en jaulas dentro de lagos naturales como el Titicaca y también en lagunas artificiales como la Corani en Cochabamba (Collao, 2003). Muchos de estos proyectos están orientados a reducir la pobreza y a beneficiarse de la asistencia con capital extranjero, como el financiamiento proporcionado por la Agencia de los Estados Unidos de América para el Desarrollo Internacional (USAID), CARE, el Centro Internacional de la Papa, la UE y el Banco Interamericano de Desarrollo. Las operaciones peruanas en el Lago Titicaca han ayudado a alrededor 200 familias a constituir 33 microempresas. Más del 50 por ciento de las operaciones están dirigidas por mujeres

FIGURA 17
Operaciones en una granja de trucha en el Lago Titicaca, en donde el 50 por ciento de las operaciones están dirigidas por mujeres



FAO / A. ODOUL

(Figura 17). En muchos casos, esto ha conducido a un cambio radical en la estructura familiar: los hombres se quedan en la casa a cuidar de los hijos, mientras su esposa se encarga de las distintas fases de producción. Las asociaciones empresariales han puesto en marcha tres modernos centros piloto para la producción y capacitación en Capachica, Juli y Chucuito con el fin de demostrar y transmitir las

CUADRO 10

Producción de trucha arcoiris en América Latina y el Caribe (toneladas). Nótese que el cultivo en jaulas no se especifica para agua dulce

País	Medioambiente	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Chile	Marino	71 073	47 164	78 911	109 142	108 771	106 464
Colombia	Agua dulce	6 241	7 816	9 016	7 000	5 000	4 248
México	Agua dulce	1 517	2 272	2 520	3 309	3 444	3 444
Chile	Agua dulce	4 035	3 250	655	753	2 910	3 114
Perú	Agua dulce	1 479	1 608	1 857	2 675	2 981	3 111
Brasil	Agua dulce	791	1 229	1 447	1 939	2 377	2 275
Argentina	Agua dulce	1 000	781	952	950	900	1 231
Costa Rica	Agua dulce	104	181	250	210	500	500
Bolivia	Agua dulce	320	328	335	250	328	274
Venezuela	Agua dulce	540	540	500	300	500	99
Ecuador	Agua dulce	0	54	33	33	33	0
Total cultivo en agua dulce	Agua dulce	16 027	18 059	17 565	17 419	18 973	18 296
Total trucha arcoiris	Todos	87 100	65 223	96 476	126 561	127 744	124 760

Fuente: FAO Fishstat Plus Database (2005).

CUADRO 11

Producción acuícola de tilapia en América Latina y el Caribe (toneladas); nótese que no se especifica el cultivo en jaulas

País	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Brasil	24 062	27 104	32 459	35 830	42 003	62 558
Colombia	17 665	19 842	22 870	22 500	23 000	23 403
Costa Rica	5 398	6 588	8 100	8 500	13 190	14 890
Ecuador	1 730	4 400	9 201	5 159	6 903	9 727
México	5 398	7 023	6 726	8 845	7 271	7 271
Honduras	506	792	927	1 244	2 000	3 508
Jamaica	3 360	4 100	4 500	4 500	6 000	2 513
Guatemala	1 570	2 832	1 888	2 000	2 000	2 000
Rep. Dominicana	446	445	994	612	766	766
El Salvador	277	139	56	29	405	654
Cuba	540	1 060	730	480	500	650
Guatemala		428	392	415	415	415
Guyana	180	366	366	366	366	366
Perú	85	60	47	225	121	112
Venezuela	2 010	2 320	970	1 250	560	108
Panamá	55	634	900	1 181	500	95
Otros	100	152	263	202	104	56
Total	63 382	78 285	91 389	93 338	106 104	129 092

Fuente: FAO Fishstat Plus Database, 2005

tecnologías más avanzadas a las microempresas asociadas del área (IDB, 2005).

Titicaca es el lago navegable más alto del mundo (3 900 m sobre el nivel del mar) y cubre 8 200 km². No se ha documentado totalmente el impacto del cultivo de trucha, pero la introducción de salmónidos en dichos ambientes ha implicado una disminución de las especies nativas del lago y la desaparición de otras especies andinas como las *Orestias* y *Trichomcterus* en Colombia y Chile (FAO, 1988). Otra preocupación es el incremento en el insumo de nutrientes, particularmente de fósforo y nitrógeno, en este tipo de sistemas de agua dulce en tierras altas.

Producción de tilapia

La producción de tilapia manifiesta un crecimiento impresionante, lo cual la convierte, después del salmón y el camarón, en uno de los productos acuícolas más exitosos en su ingreso al comercio internacional. La tilapia que es nativa de África y el Medio Oriente, se ha convertido en uno de los pescados de mayor importancia en términos de consumo en el mundo. En América Latina y el Caribe, las tilapias que en mayor medida se han cultivado son la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), la tilapia Mozambique (*O. mossambicus*),

la tilapia azul (*O. aureus*) y sus híbridos (P. ej., la tilapia roja). Estas especies se producen en toda la región (Cuadro 11) mediante distintos sistemas de cultivo, pero principalmente en estanques.

Las tilapias son peces omnívoros muy resistentes que se alimentan a un nivel trófico bajo. Debido a esto último, resulta relativamente económico alimentarlas mediante sistemas extensivos, pudiendo cultivarse en condiciones ambientales menos óptimas. Dentro de los sistemas intensivos, este pez puede alimentarse con dietas de fórmula con un alto porcentaje en proteínas vegetales y aceites (Watanabe *et al.*, 2002). Varios países de la región pueden producir soja y maíz, aptos para apoyar a la industria de los alimentos para peces (Kubitza, 2004a). Junto con la tilapia también se cultivan otras especies de agua dulce como la cachama negra (*Colossoma macropomum*) y la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) (Alcantara *et al.*, 2003; Gomes *et al.*, 2005).

Las tilapias pueden cultivarse mediante sistemas extensivos, semiintensivos e intensivos. Los sistemas más intensivos incluyen normalmente la acuicultura en jaulas (Figuras 18 y 19). Sin embargo, la mayor parte de la producción se obtiene probablemente de la acuicultura extensiva de las granjas en tierra. Existen también varios casos

FIGURA 18
Jaulas para tilapia en Costa Rica



FIGURA 19
Jaulas para tilapia en Costa Rica



en los que la producción de tilapia complementa las plantas hidroeléctricas (por ejemplo, la Central Hidroeléctrica Paula Afonse en Bahía, Brasil).

SISTEMAS DE CULTIVO EN JAULAS

Los sistemas de cultivo en jaulas son responsables de menos del 10 por ciento de la producción acuícola total de tilapia en la región de América Latina y el Caribe, aunque se predice que esta proporción se incrementará hasta un 30 por ciento para el año 2010 (Fitzsimmons, 2000a). El cultivo de tilapia en jaulas se está expandiendo en algunos países como México, Brasil, Colombia (Watanabe *et al.*, 2002), Honduras, Nicaragua y Cuba. Las operaciones de cultivo en jaulas requieren menos inversión de capital, permiten una mayor flexibilidad de manejo y tienen costos de producción más bajos que el cultivo en estanques y canales. Además, el ciclo de reproducción de la tilapia se interrumpe en las jaulas, lo cual permite criar poblaciones de ambos sexos sin que haya problemas de madurez sexual o crecimiento retardado (Orachunwong, Thammasart y Lohawatanakul, 2001; Gupta y Acosta, 2004). Las primeras pruebas iniciales han sido llevadas a cabo exitosamente para evaluar la producción de tilapia roja en condiciones estuarinas y marinas (Fitzsimmons, 2000a).

La tilapia puede ser cultivada a alta densidad en jaulas que mantienen libre la circulación del agua. La construcción de las jaulas varía ampliamente, desde los recintos sencillos de bambú hasta los diseños complejos de acero y plástico. Para el cultivo de tilapia se utilizan jaulas (jaulas que flotan en la superficie), corrales (jaulas que sobresalen en la superficie y descansan en el fondo) y encierros

(corrales de madera que cercan porciones de una laguna). Los corrales son atados a postes que llegan al subsuelo. Las jaulas flotantes pueden utilizar tambores de metal o plástico, tubos sellados de cloruro de vinilo (PVC) o poliestireno (Figura 20). El tamaño de las jaulas varía entre 1 m³ y más de 1 000 m³ (Figura 21). En las jaulas más pequeñas se utilizan normalmente anillos de alimentación para retener el alimento flotante y prevenir desperdicios (McGinty y Rakocy, 2003).

Los sistemas de producción intensivos implican la utilización de mayor tecnología, incremento en densidades, mayor intercambio de agua, alimento especial para peces, etc. La producción también es más elevada. La tecnología introducida a estos sistemas consiste principalmente en la utilización de jaulas pequeñas (gaviolas) con redes (Figura 22),

FIGURA 20
Jaulas para tilapia en Costa Rica



FIGURA 21
Jaulas para tilapia en Brasil



CORTESÍA DE F. KUBITZA

FIGURA 22
Jaulas para tilapia en Costa Rica



que se colocan en embalses hidroeléctricos y lagos. El nivel de producción dependerá de la calidad del agua (temperatura, tamaño, profundidad, reemplazo, productividad con alimentos naturales, etc.).

Brasil domina la industria del cultivo de tilapia en jaulas y las operaciones comerciales dedicadas a este tipo de cultivo constituyen los principales proveedores de la tilapia que se vende en el país y en el extranjero. Se están cultivando cinco variedades de tilapia roja, con una producción anual estimada de 80 000 toneladas. El cultivo semiintensivo de tilapia roja en jaulas de 4 a 18 m³ ha permitido a los productores brasileños alcanzar niveles de productividad de 100 a 305 kg/m³ por ciclo (Gupta y Acosta, 2004) (Cuadro 12). Nótese que las jaulas más pequeñas tienen un mejor rendimiento debido a un mejor intercambio de agua y, por lo tanto, son más populares entre los piscicultores.

Otros ejemplos de producción en la región son:

- A una densidad de repoblación de 550 alevines/m³, la producción podría ser de 330 kg/m³ de peces cosechados a 500 g en cuatro meses.
- A una temperatura del agua de 26 °C, los peces que pesan 0,5 g (2 cm de largo) pueden ser cosechados a 400 g en 116 días.

CUADRO 12
Ejemplo de sistemas semiintensivos de producción de tilapia en Brasil

Tamaño de la jaula	Densidad de repoblación (alevines/m ³)	Productividad (kg/m ³)
Pequeña (< 5 m ³)	100 – 600	150
Grande (> 5 – 100 m ³)	25 – 100	50

La tilapia macho introducida en jaulas pequeñas o gaviolas (5 m³) a 200–600 peces/m³ puede rendir 50–300 kg/m³, dado que dichas jaulas son más productivas debido a un intercambio de agua mucho más eficiente.

Cultivo de tilapia en jaulas en América Latina y el Caribe

Se predice que la producción de tilapia en la región alcanzará aproximadamente las 500 000 toneladas para 2010; y alrededor del 30 por ciento provendrá de las operaciones de cultivo en jaulas (Fitzsimmons, 2000a).

Tan sólo Brasil tiene más de 6,5 millones hectáreas de embalses, lagos y represas con una capacidad potencial para producir 700 000 toneladas de tilapia al año. Con un clima óptimo durante todo el año y sus ricos recursos de agua y de bajo costo, Brasil cuenta con una de industrias de tilapia más grandes y de más rápido crecimiento en la región.

El cultivo en jaulas actualmente representa menos del 10 por ciento de las 175 000 toneladas de producción acuícola en Brasil (Kubitza, 2004b) y la mayoría de los cultivos se llevan a cabo en sistemas dentro de estanques. La utilización de jaulas para la cría de tilapias y peces nativos (tambaquí y pacú) se está popularizando y ahora se encuentran jaulas pequeñas en los principales embalses del país. La producción actual se concentra en el sur y sureste del país (Paraná, Sao Paulo y Santa Catarina). Desde el año 2000 existe una tendencia a expandir la producción hacia los estados tropicales nororientales, principalmente en Bahía y Ceará. Con extensas áreas aptas para el cultivo en jaulas y dado su cercanía con mercados internacionales,

Ceará es uno de los estados más prometedores para los productores de tilapia en Brasil (Kubitza, 2004a).

Dentro de Brasil se ha dado un alto grado de integración entre las empresas públicas y privadas, que incluye operaciones de producción, instituciones de investigación, fabricantes de alimentos y servicios de apoyo (Alceste y Jory, 2002).

Se espera que la acuicultura brasileña se vuelva cada vez más competitiva en los mercados internacionales y que la producción siga aumentando a escala industrial. Con la creación de la Secretaría Especial de Acuicultura y Pesca (SEAP) en 2003, el sector acuícola está atravesando un período de mejor organización y desarrollo. A medida que la legislación se vuelve más definida, la inversión en la acuicultura en jaulas va en aumento.

México cuenta con extensos recursos de agua dulce y marina, y el cultivo en jaulas se ha desarrollado en todas las regiones del país. En el sector acuicultura existen dos partes interesadas: el sector privado, conformado por inversionistas con más recursos financieros, y el sector social, que incluye comunidades de la reforma agraria y organizaciones comunales, así como cooperativas de producción conformadas principalmente por personas de escasos recursos. Según FAO (2003), el cultivo en jaulas en México consiste en alrededor 87 unidades (de un total de 1 963) con un volumen de 88 913 m³.

El Gobierno de México ha formulado un Proyecto Nacional de Desarrollo de la Acuicultura junto con el Banco Mundial para fomentar la producción de tilapia a nivel nacional. Como parte de este proyecto, se tiene contemplado crear tres parques acuícolas para cultivar tilapia en complejos de jaulas flotantes. Cada complejo incluirá 100 jaulas de 6,5 m³ cada una. Distintos expertos mexicanos y extranjeros realizarán los estudios de impacto ambiental y social en cada sitio requeridos para los proyectos apoyados por el Banco Mundial. El objetivo es apoyar una intensificación de la producción de tilapia por medio de una demostración a gran escala de la eficacia del cultivo de tilapia en jaulas (Fitzsimmons, 2000b).

En Colombia, la tilapia se produce en los grandes embalses construidos para la generación hidroeléctrica. El volumen de las jaulas oscila entre 2,7 y 45 m³, con un volumen total superior a los 13 000 m³ en 1997. Los machos de sexo revertido que se producen en criaderos en tierra se siembran en jaulas para engorde cuando pesan 30 g y son criados hasta alcanzar los 150–300 g

en seis u ocho meses. Los peces se alimentan con alimentos extruidos con 24–34 por ciento de proteína cruda. Las infecciones por estreptococo han sido problemáticas, y la supervivencia es de un promedio del 65 por ciento. El rendimiento anual a densidades finales de 160–350 peces/m³ es de 67–116 kg/m³ (Fitzsimmons, 2000a).

La tilapia roja se produce en jaulas octagonales de 75 m³ en la Represa Poechos, en el distrito de Lacones, en Perú (Carvajal, 2006). La producción de esta región se estima en 600 toneladas anuales. También hay otra instalación de tilapia en jaulas en la Laguna Encantada (provincia del Huaura), donde se producen 50 toneladas anuales.

En Panamá, un sistema de jaulas flotantes en el Lago Gatún con 18 unidades de jaulas de 48 m³ produjo más de 6 toneladas de peces por jaula, con un peso promedio vivo de 1 kg. Esto se procesó como filete fresco para el mercado de Miami (Alceste y Jory, 2002). En 2006 comenzará la producción de tilapia roja en jaulas en el Lago Chagres.

En Honduras, la mayoría de los proyectos relacionados con la producción de tilapia se efectúan en estanques, y la industria cuenta con aproximadamente 1 600 productores y 19 000 y 50 000 trabajadores directos e indirectos, respectivamente. En 1999, el cultivo de tilapia del Nilo en jaulas se introdujo al Lago Yojoa como parte de un proyecto de investigación realizado conjuntamente entre DIGEPESCA (Dirección General de Pesca y Acuicultura) y la Misión Técnica de Taiwán en Honduras en 1998. En 1999, el proyecto consistía de 52 jaulas y tuvo una producción anual de 118 toneladas de peces vivos. El proyecto posteriormente pasó a manos de tres cooperativas de antiguos pescadores. La operación se expandió a 76 jaulas y la producción aumentó a 173 toneladas por año. Cada jaula mide 6 x 6 x 2,5 m y tiene un volumen de 90 m³. Los peces se crían en cuatro etapas hasta alcanzar un tamaño promedio de cosecha de 500–600 g. El mercado de la tilapia se realiza mediante ventas directas y a través de intermediarios. Las jaulas se manejan a 44 por ciento de su capacidad instalada debido a la falta de los recursos financieros necesarios para lograr una producción plena (fondos para adquirir alevines y capital operativo). La cosecha y venta de los peces se realiza principalmente durante los meses de enero a mayo. El resto del año es dedicado a la repoblación de jaulas y a las ventas esporádicas. Su producción sobrepasa los 1 290 kg/jaula en los ciclos de engorde que duran aproximadamente ocho meses. El alimento representa alrededor de

44 por ciento de los costos de producción. Puesto que el ambiente de cultivo no está controlado, existen algunos riesgos para la producción, como por ejemplo cambios rápidos en la temperatura y bajos niveles de oxígeno disuelto.

En Nicaragua, a pesar de las múltiples quejas de los ambientalistas, existen 32 jaulas en donde se produce tilapia del Nilo en el Gran Lago.

En 2006 se inició un proyecto de cultivo de tilapia en Cuba, en las regiones de San José del Jobo, Palma Hueca, La Yaya, Cascorro 88, La Chorrera, San Juan de Dios, Las Piedras y Najasa. El proyecto contempló un total de 800 jaulas con una producción de 470–500 kg por jaula. El proyecto se orienta al mercado nacional y el de exportación (peces de 300–350 g) (www.aqua.cl–21–09–2006).

En resumen, el cultivo de tilapia en jaulas se está expandiendo en muchos países de la región incluyendo Perú, Costa Rica, Honduras, Panamá, Nicaragua y Cuba (Watanabe *et al.*, 2002). Se predice que la producción en estos países se vuelva más intensiva, con mayor inversión, mejoras en nutrición, aireación, reutilización de agua y control de enfermedades. El cultivo en jaulas seguirá también reemplazando la repoblación de tilapia y la pesca de recaptura que hoy existe en muchos de los embalses de estos países (Fitzsimmons, 2000a).

Efectos ambientales y legislación pertinente

La intensificación de la acuicultura en los embalses podría conducir a conflictos con otras partes interesadas, particularmente debido al incremento de los desechos nitrogenados. Por lo general hay pocos organismos incrustantes o desechos acumulados debajo de las jaulas, ya que las heces de la tilapia flotan y se deshacen rápidamente. No obstante, esto conduce a una mayor dispersión y eventualmente, puede resultar en la eutroficación de los sistemas de agua dulce aumentando la producción de algas y la demanda de oxígeno biológico (Pullin *et al.*, 1997).

Si los embalses son fuentes de agua para el consumo humano, puede que existan aspectos sanitarios relacionadas con el aumento de la nitrificación y de infecciones bacteriales como el estreptococo. Tal vez la mayor preocupación es la liberación al ambiente acuático- por escapes o por la liberación intencional- de especies de peces no nativos altamente productivos y de muy buena adaptabilidad. Esto ha sido particularmente importante en los sistemas de agua natural como el Lago Cocibolca en Nicaragua, el mayor cuerpo de agua dulce en América Latina, donde se ha iniciado recientemente el cultivo de tilapia. Las especies de

cíclidos centroamericanas, en particular, pueden verse vulneradas a ser desplazadas por la tilapia.

Existen varias instituciones en toda la región interesadas en los proyectos de acuicultura. En México, la administración de la legislación en materia de acuicultura (la Ley de Pesca de 2001) está a cargo de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). La Comisión Nacional para la Acuicultura y Pesca (CONAPESCA) es la oficina encargada directamente de la acuicultura. Además, existen otras instituciones con funciones administrativas a nivel local, municipal y estatal. Entre las tareas y responsabilidades de SAGARPA está la de designar las áreas aptas para la acuicultura, reglamentar la introducción de especies y fomentar el desarrollo de la misma. SAGARPA ha desarrollado el Programa Sectorial de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación 2001–2006, que trata de la explotación sostenible de los recursos pesqueros y acuícolas y la promoción de la rentabilidad, tanto económica como social, del sector pesquero y acuícola.

La legislación mexicana incluye leyes exhaustivas para las fases de planificación y operativas. El establecimiento de una instalación acuícola en los cuerpos de agua federal es manejado y controlado por un sistema de concesiones, permisos y autorizaciones expedidos por CONAPESCA. La solicitud debe ir acompañada de una manifestación de impacto ambiental (MIA), y de un informe preventivo o autorización. La Ley Ambiental exige una MIA para aquellas actividades que puedan causar desequilibrios ecológicos o superar los límites y condiciones establecidos.

Si se desarrollan actividades altamente riesgosas que produzcan emisiones, descargas, explotación de recursos naturales y, en general, si existen impactos ambientales causados por la actividad productiva, la MIA debe incluir un estudio de riesgo que contenga los escenarios preventivos y las medidas que surjan del análisis de los riesgos ambientales relacionados con el proyecto, una descripción de las zonas protegidas en torno a las instalaciones y una indicación de las medidas de seguridad ambiental. Las instalaciones acuícolas deben obtener un permiso de cumplimiento de la Comisión Nacional del Agua y todas las aguas residuales deben recibir tratamiento.

Existen regulaciones respecto a especies exóticas, medicamentos, alimentos y hormonas, estando también el uso y aplicación de antibióticos reglamentado. El empleo de nuevos fármacos debe

ser aprobado. Todos los productos pesqueros y marinos deben cumplir con las regulaciones sobre inocuidad alimentaria. La aplicación de la Ley Nacional del Agua (1992) eliminó varias de las restricciones sobre el uso del agua para la acuicultura, particularmente la apertura de embalses y canales de riego para el cultivo en jaulas (Fitzsimmons, 2000b). En Brasil se creó la Secretaría Especial de Acuicultura y Pesca (SEAP) en 2003, y es la principal autoridad para la gestión y desarrollo de la pesca y la acuicultura. La SEAP está elaborando actualmente un Plan Nacional para garantizar el desarrollo de una industria acuícola sustentable. La SEAP también funciona como servicio consultivo a través del Consejo Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPE), que está conformado por representantes del gobierno, y del sector público y productivo. El Instituto Brasileño de Medio Ambiente y Recursos Naturales Renovables (IBAMA), que es otra institución encargada de la pesca, tiene responsabilidades relacionadas principalmente con los asuntos ambientales como la conservación de los recursos naturales (inclusive los recursos acuáticos), las licencias ambientales y el control de la calidad del agua.

El gobierno federal está realizando inversiones estratégicas en el sector acuícola, construyendo criaderos, instalando unidades para demostración de la acuicultura y, al mismo tiempo, entregando líneas financieras de crédito especiales para la industria. Actualmente también se están planificando programas nacionales en apoyo a las cooperativas acuícolas, los servicios de extensión, la investigación y el mercadeo (FAO, 2004). El cultivo en jaulas se desarrolló rápidamente después de que el gobierno incrementara el número de permisos para autorizar el cultivo en jaulas en aguas públicas (Lovshin, 2000). Por ejemplo, la utilización de embalses para la acuicultura es uno de los principales programas de desarrollo creados por la SEAP. El programa nacional se enfoca en seis de los principales embalses, que se ubican en distintas regiones del país, y proyecta una producción potencial de 18 millones de toneladas, incluso si sólo 1 por ciento del área contenida en dichos embalses se utiliza para la acuicultura. El gobierno está actualmente estableciendo regulaciones para el cultivo en jaulas dentro de embalses y otras aguas públicas las cuales, limitarán el área para las jaulas a 1 por ciento del área total del embalse (Kubitza, 2004b).

El establecimiento de la acuicultura está sujeto a licencias ambientales y a la presentación de un

estudio de impacto ambiental. Sin embargo, el sistema de otorgamiento de licencias ambientales de Brasil no implica automáticamente la presentación de dicho estudio. El requisito de un estudio apropiado como condición para obtener la licencia se ha hecho obligatorio, a nivel constitucional, sólo para el establecimiento de actividades que pudieran dañar considerablemente el ambiente (FAO, 2004).

Los principales problemas de salud en el cultivo en jaulas se deben a bacterias como *Aeromonas hydrophila*, *Flavobacterium columnare* y *Streptococcus iniae*; a parásitos como *Ichthyophthirius multifiliis*, *Trichodina* sp, *Argulus* sp. y *Lernaea* sp.; y a hongos como *Saprolegnia* sp. Recientemente, Costa Rica se ha enfrentado a un nuevo patógeno intracelular rickettsial (*Francisella* sp.) que ha causado una alta mortalidad durante las etapas iniciales (desde 1 g y más grandes).

Aspectos económicos y mercados

América Latina y el Caribe son productores y mercados relativamente pequeños en comparación con China y otros países asiáticos (Fitzsimmons, 2000a). América Latina (Ecuador, Honduras y Costa Rica) es el principal exportador de filetes de tilapia frescos a los Estados Unidos de América y, en 2005, los filetes frescos fueron responsables del 35 por ciento del valor total de las importaciones. La tilapia congelada (entera y en filetes) proviene principalmente de China, Taiwan Provincia de China e Indonesia. El consumo de tilapia ha aumentado considerablemente en los Estados Unidos de América durante los últimos años y esto ha estimulado el crecimiento de las granjas de tilapia en América Latina. En el año 2000, 40 469 toneladas de tilapia valoradas en 101,4 millones de dólares EE.UU. se importaron a los Estados Unidos de América, pero esta cifra se incrementó a 134 869 toneladas con un valor de 393 millones de dólares EE.UU. durante el 2005 (USNMFS, 2005).

Es importante, asimismo, el desarrollo adicional del mercado estadounidense, particularmente para obtener mejores precios para la tilapia fresca frente a la tilapia congelada proveniente de Asia (Watanabe *et al.*, 2002). Las importaciones de tilapia en los Estados Unidos de América han ido aumentando a un impresionante promedio de 25 por ciento anual en los últimos cinco años. Ya en 2005 se registró un nuevo récord de 135 000 toneladas de importaciones (Cuadro 13).

Las importaciones de tilapia congelada a los Estados Unidos de América permanecieron estables en 2005, siendo China y Taiwan Provincia de China responsables del 98 por ciento del suministro total.

Sin embargo, el verdadero dominador del mercado de tilapia de los Estados Unidos de América es, sin embargo, el filete congelado de China, cuya importación creció en forma impresionante un 54 por ciento en un año. Todos exportadores de este producto reportaron un cierto crecimiento. Sin embargo, China, que es la responsable del 80 por ciento del suministro total de filetes de tilapia congelados al mercado estadounidense, representó el grueso del incremento, de 28 000 toneladas en 2004 a 44 000 toneladas.

Así, el mercado de tilapia de los Estados Unidos de América está claramente dividido en dos segmentos: el mercado de tilapia congelada, de bajo precio, y el mercado del filete de tilapia fresco, de precio más alto. El precio del filete de tilapia fresco en este mercado se ha estabilizado en 3,85 \$EE.UU./libra, un precio que aparentemente todavía resulta interesante para los exportadores, a pesar de que la tendencia general durante los últimos 10 años ha sido una caída constante en el precio. El precio de los filetes de tilapia congelados es mucho más bajo que el de los filetes frescos. El precio de los filetes de tilapia congelados se estabilizó en el transcurso de 2005 a un bajo nivel

de 1,68 \$EE.UU./libra, menos de la mitad del precio del filete fresco.

Los filetes de tilapia frescos también evidencian una tendencia muy interesante, con un crecimiento del 17 por ciento en 2005 con respecto a 2004 (Cuadro 14). Este notable incremento proviene casi exclusivamente de Honduras, una de las historias más exitosas del cultivo de tilapia en Centroamérica. La otra es Brasil, que triplicó sus exportaciones entre 2004 y 2005. Los países latinoamericanos dominan la importación estadounidense de filetes de tilapia frescos. Se espera que en un futuro cercano, Brasil supere a Ecuador como principal proveedor de filetes de tilapia frescos al mercado de los Estados Unidos.

El problema de enfermedades que ha experimentado la industria de camarones brasileña conducirá a un mayor cultivo de tilapia en los próximos años. China se retiró completamente, subrayando la cercanía y la competitividad de los países latinoamericanos para el lucrativo mercado estadounidense, así como los bajos costos del transporte aéreo. No obstante, esta gran dependencia en el mercado de los Estados Unidos de América vuelve a muchos productores

CUADRO 13

Total de tilapia importada por los Estados Unidos de América – por producto (en toneladas)

Producto	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Producto entero	19 122	21 534	27 293	27 781	38 730	40 748	49 045	57 299	56 524
Filetes congelados	2 499	2 696	4 971	5 186	7 372	12 253	23 249	36 160	55 615
Filetes frescos	2 823	3 590	5 310	7 502	10 236	14 187	17 951	19 480	22 729
Total	24 444	27 820	37 575	40 469	56 337	67 187	90 246	112 939	134 860

Fuente: Tilapia Market Report. FAO, February 2006

CUADRO 14

Importaciones estadounidenses de filetes de tilapia frescos por país de origen (en toneladas)

País	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Ecuador	602	646	1 806	3 253	4 924	6 616	9 397	10 164	10 600
Costa Rica	1 656	2 206	2 310	2 684	3 109	3 206	3 996	4 090	3 734
Honduras	164	436	771	1 038	1 438	2 874	2 857	4 042	6 572
China	0	0	38	59	191	844	857	0	0
Taiwan PdC	8	85	155	82	76	247	281	90	0
Brasil	1	0	0	2	0	112	208	323	963
El Salvador	0	0	0	0	0	78	189	258	307
Panamá	61	4	20	159	350	147	96	93	84
Otros	331	213	209	225	148	64	71	420	470
Gran total	2 823	3 590	5 310	7 502	10 236	14 187	17 952	19 480	22 729

Fuente: Tilapia Market Report. FAO, February 2006.

vulnerables a las restricciones comerciales. Las normas internacionales de inocuidad alimentaria, calidad y medio ambiente se vuelven cada vez más importantes (Carvajal, 2005a).

Además de los mercados de exportación, hay mercados internos, todavía pequeños, pero en crecimiento en algunos países productores de Sudamérica y Centroamérica, particularmente en Brasil, México, Colombia y Cuba. En Colombia y México, por ejemplo, la demanda nacional ha absorbido la producción local, y las exportaciones a los Estados Unidos de América han disminuido. Esta diversificación es benéfica para los productores, dado que los mercados locales hacen reducir los costos de envío y procesamiento.

Los mercados nacionales para la tilapia en la región, por lo general, no están lo suficientemente desarrollados y se requieren de sólidos programas de mercadeo para sostener el crecimiento de la industria. Se ha hecho muy poco para desarrollar mercados nacionales para la tilapia en la región. Esto resulta particularmente importante para los acuicultores en pequeña escala, quienes enfrentan mayores dificultades en alcanzar los requerimientos de volumen y tamaño de los mercados de exportación.

En Brasil, por ejemplo, la tilapia se comercializa como pez vivo, cosechado fresco, salado, congelado y en filete. Los precios en \$EE.UU./kg varían en el mercado dependiendo del tipo de pez: 0.87–1.05 para el pez vivo, 0.53–0.70 para el pescado fresco, 0.35–0.70 para el pescado salado y 2.10–3.51 para los filetes (El Periódico de Acuicultura, Marzo 2004, # 2, año 1).

En la región, el cultivo en jaulas es responsable del menos del 10 por ciento de la producción total de tilapia, y el desarrollo adicional de los pequeños proveedores se basará probablemente en el cultivo en estanques por implicar éste una menor inversión. No obstante, se espera que la acuicultura en jaulas siga creciendo, particularmente en el caso de países como Nicaragua, Honduras y Cuba, donde ya ha habido cierta inversión extranjera y existen las condiciones ambientales para un crecimiento más rápido.

Cabe señalar que, en 2005, se anunció la alianza estratégica entre una de las mayores compañías salmoneras de Chile y una compañía dedicada al cultivo de tilapia con sede en Costa Rica. La combinación de estos líderes del mercado producirá grandes sinergias a través del intercambio de tecnología y experiencia en las áreas de selección genética, nutrición, sistemas de información y

métodos de cultivo en general y procesamiento. Esta acción repercutirá enormemente en el mercado mundial de la tilapia, particularmente en lo referente al aumento en el consumo en el mercado principal: los Estados Unidos de América.

OTRAS ESPECIES MARINAS

Cultivo de atún

El atún es uno de los productos marinos más comercializados internacionalmente, con un valor mundial de desembarque de más de 3,5 millones de toneladas por año. Esto constituye el 5 por ciento de la pesca total para el consumo humano. Una tercera parte del atún se produce fresco, enfriado o congelado, y se exporta a los principales mercados de Japón, los Estados Unidos de América y la Unión Europea (Paquotte, 2003). Además de la pesca de atún, se ha desarrollado una industria acuícola de captura en la que se capturan juveniles en estado silvestre para luego engordarlos en grandes corrales marinos. La producción acuícola mundial de atún rojo y atún de aleta azul del sur, utilizando esta técnica de crianza, superó las 20 000 toneladas entre 2001 y 2002. Existen productores importantes en Australia, Europa productor acuícola de atún de aleta azul, patudo (*T. obesus*) y rabil (*T. albacares*) en la región. En y México (este país representa 3 por ciento de dicho volumen) (Sylvia, Belle y Smart, 2003).

México fue el principal productor de atunes en cultivo durante el año 2003. Los centros de cultivo de atún rojo en México produjeron 2 000 toneladas, cifra que se incrementó a 5 000 toneladas en el año 2005 (Figura 23). Se predice un mayor crecimiento aún si la industria sigue recibiendo inversiones de Japón (ATRT, 2005). La «suelta con retorno» (*ranching*) del atún se inició en México en 1996 con

FIGURA 23
Cultivo de atún en México



un éxito marginal. Esto se debió principalmente a fenómenos meteorológicos como El Niño y el huracán Nora, pero también debido a la falta de experiencia, la cual ocasionó elevadas mortalidades. Sin embargo, el desarrollo en años recientes de varias técnicas innovadoras para la pesca y el cultivo en las operaciones atuneras mexicanas han permitido que algunas compañías surjan como grandes competidoras en una industria relativamente incipiente, pero en crecimiento. México está particularmente bien dotado para el cultivo de atún debido a su clima cálido, al abundante suministro de peces capturados localmente, a la proximidad a los principales aeropuertos en los Estados Unidos de América, a regulaciones favorables y al bajo costo de su mano de obra (Sylvia, Belle y Smart, 2003).

El cultivo se realiza en las condiciones oceánicas, de manera que las jaulas deban ser capaces de resistir el fuerte oleaje, las corrientes y los vientos de mar abierto. Los sistemas de jaulas para el atún tienen típicamente 40–50 m de diámetro, 10–20 m de profundidad y cuentan con capacidad de volúmenes de 18 000–20 000 m³ (Figuras 24, 25 y 26). La densidad de los peces varía entre 2 y 5 kg/m³, mientras que las corrientes oscilan entre <1 y 2 nudos dependiendo del centro de cultivo (Sylvia, Belle y Smart, 2003). En México, las actividades de “*ranching*” se llevan a cabo alrededor de Baja California y Baja California Sur. La compañía más grande opera con más de 15 jaulas (de 50 m de diámetro) las cuales produjeron alrededor de 1 000 toneladas de atún durante el año 2004.

En el año 2004, el valor del atún exportado por México era de alrededor de 89 millones de \$EE.UU., de los cuales menos de la mitad (30 millones de dólares EE.UU.) se exportó a Japón. Exportaciones futuras a Japón se facilitarán por el acuerdo de libre comercio firmado entre ambos países en 2005 (ATRT, 2005). El mercado estadounidense para el atún también se está expandiendo rápidamente, aunque los precios por los productos de primera calidad son más bajos que aquellos. En Japón también se logran precios más altos para peces más grandes. En general, México produce peces de menor talla que otros mercados como el europeo, lo cual se refleja en el precio obtenido (25 \$EE.UU./kg en comparación con 34 \$EE.UU./kg por peces de mayor tamaño) (Paquotte, 2003). Otro efecto económico positivo de la industria atunera es el resurgimiento de las capturas de sardina Sauzal en México al ser éste, el principal alimento del atún cultivado (ATRT, 2005).

FIGURA 24
Cultivo de atún en Baja California, México



CORTESÍA DE MARIA TERESA VIANA

FIGURA 25
Juveniles de atún rojo (*Thunnus thynnus*) criados en jaulas



FAO / D. CEDRONE

FIGURA 26
Juveniles de atún rojo (*Thunnus thynnus*) criados en jaulas



CORTESÍA DE NOAA

Efectos ambientales y legislación

Puede sostenerse que muchos sistemas acuícolas de ciclo cerrado tienen el potencial para aliviar la presión sobre las poblaciones silvestres capturadas al proporcionar un suministro más sostenible (por ejemplo, el cultivo de bacalao del Atlántico [*Gadus morhua*] en Noruega y el Reino Unido). Sin embargo, la industria atunera depende de la captura de juveniles que posteriormente son engordados y seleccionados antes de ser capaces de reproducir, lo cual incrementa la presión sobre las poblaciones silvestres.

En todas las regiones existe una cuota de captura de atún y esto impide el crecimiento de la industria; sin embargo, estas cuotas tienden a estar mal reguladas (Sylvia, Belle y Smart, 2003). La cría de atún en cautiverio ha logrado algunos avances y ahora se producen juveniles de atún aleta azul del Pacífico (*Thunnus orientalis*) cultivado (es decir, de la segunda generación) (Sawada *et al.*, 2005). Sin embargo, aún resta comercializar eficazmente estas técnicas.

La mayoría de las operaciones todavía depende de peces silvestres capturados como la sardina, la caballa y el calamar, como fuente de alimento. En algunos casos, estos «alimentos» pueden obtenerse y transportarse mundialmente. En Australia existe preocupación porque la importación y alimentación del atún cultivado con especies de peces exóticas fue responsable de las infecciones virales que redujeron las poblaciones nativas de sardina australianas resultando en un enorme impacto ecológico (Dalton, 2004).

Varias áreas a lo largo de la costa de México y sus islas territoriales sustentan grandes colonias de lobos marinos. Estos animales son atraídos hacia las granjas atuneras por el alimento sobrante que cae a través de las jaulas o que se desecha. Debido al tamaño de las jaulas, muchas granjas no utilizan redes predatoras en las jaulas sino que utilizan cercas alrededor del perímetro para impedir que los lobos marinos se tiren sobre las jaulas y salten en ellas. Algunos centros de cultivo utilizan cercos electrificadas alrededor del perímetro superficial de las jaulas. Aunque existan varias técnicas diferentes, los efectos importantes que causan los predadores continúan siendo un problema. El estrés y el poco crecimiento son comunes en la mayoría de los centros de cultivo. Aunque muchos peces sobreviven a los ataques debido a su tamaño, su valor disminuye notablemente en el mercado debido a los daños sufridos (Sylvia, Belle y Smart, 2003). Otros predadores, como los tiburones, son

también atraídos por las jaulas y mueren después de quedar atrapados en las redes (ATRT, 2005).

Otras operaciones potenciales en la región incluye a Costa Rica, en donde se han colocado 10 jaulas a aproximadamente 2 km de la costa. Este proyecto comenzará con una producción de 480 toneladas de atún de aleta amarilla por ciclo, con dos o tres ciclos por año dependiendo de las capturas (Carvajal, 2005b).

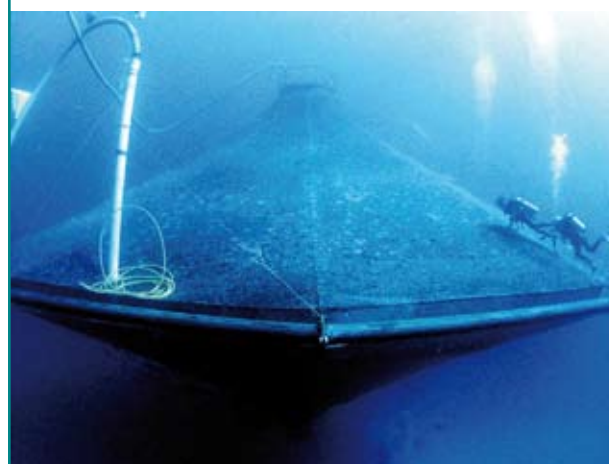
Nuevas especies cultivadas – nueva tecnología de jaulas

Actualmente se está analizando la viabilidad de producir otras especies marinas como la cobia (*Rachycentron canadum*) y el pargo criollo (*Lutjanus analis*) en el Caribe. Las ventajas de producir cobia cultivada son su alto valor de mercado (8,80 \$EE.UU./kg) y su rápido crecimiento: alcanzando un tamaño individual de 6–7 kg un año después de incubarse. Esta tasa de crecimiento es tres veces la del salmón del Atlántico. La producción comercial de cobia se ha llevado a cabo con éxito en la Taiwán Provincia de China, con un gran número de juveniles siendo producidos rutinariamente en criaderos especializados.

En mayo de 2002, se inició en Puerto Rico un proyecto piloto para el cultivo de cobia, en cooperación con la Universidad de Miami y otros colaboradores. Para la operación se han instalados dos jaulas sumergibles Ocean Spar (3 000 m³) fuera de la costa (Figura 27): una contiene 12 000 cobias (Figura 28) y la otra, 4 000 pargos criollos en las aguas frente a la isla de Culebra.

El diseño Ocean Spar consta de un eje cilíndrico vertical rodeado por un anillo circular de acero de

FIGURA 27
Jaula Ocean Spar totalmente sumergible con los servicios de un buzo, Culebra, Puerto Rico



CORTESÍA DE NOAA

25 m de diámetro. Cada jaula está cubierta por una red y es fondeada mediante cuatro puntos de anclaje para conformar, en conjunto, el volumen de la estructura. Las puertas cerradas con cierre permiten el fácil acceso de los buzos. La jaula puede bajarse y subirse rápidamente (<5 min) mediante un depósito de aire en el eje cilíndrico vertical. Las jaulas tienen 30 m de ancho, 15 m de alto y se amarran por lo menos a 30 m de profundidad. Se sujetan mediante cuatro anclas pesadas y un lastre de 10 000 kg. Estas jaulas son invisibles desde la superficie; el único indicio de su presencia es una boya pequeña sujeta a un tubo que puede tirarse a la superficie y es utilizada para introducir alevines, alimentar hasta 20 000 peces cautivos a la vez y luego sacarlos otra vez cuando alcanzan el tamaño de mercado. Las redes son limpiadas periódicamente (Radford, 2005).

La tecnología de las jaulas sumergibles facilitará el desarrollo de una verdadera acuicultura en mar abierto en áreas más expuestas donde anteriormente, la altura de las olas habría impedido las operaciones con jaulas. Las jaulas totalmente sumergibles harán posible la acuicultura marina en áreas propensas a huracanes como el Caribe. Se planean más actividades para producir cobia en jaulas sumergibles en Belice (Scholwald, 2006), las Bahamas y Saint Kitts y Nevis.

La desventaja de este sistema es que depende de la ayuda de buzos para las operaciones rutinarias y no se tiene contacto visual cercano con la población de peces. Las jaulas también resultan muy atractivas a la población de tiburones, los cuales han dañado las redes, ocasionado escapes de peces en algunas ocasiones (Schonwald, 2006). Por otro lado, el marco legislativo no aborda plenamente la cuestión de la acuicultura en mar abierto (Dalton, 2004; Alston *et al.*, 2005). Algunas especies como el salmón no son aptas para cultivarse en ambientes submarinos en forma continua porque necesitan inflar su vejiga natatoria en la superficie.

EL CAMINO A SEGUIR

Durante el último tiempo la acuicultura en jaulas en América Latina y el Caribe se ha desarrollado enormemente provocando cambios profundos en la economía y comunidades regionales. Esto es particularmente cierto en el caso de Chile, que actualmente comparte, junto con Noruega, la posición de principal productor mundial de salmón. Este éxito ha favorecido enormemente el compromiso del país con el libre comercio y los mercados abiertos. Lo anterior se ha complementado



con una serie de tratados comerciales firmados con los Estados Unidos de América, la Unión Europea y la República de Corea, entre otros. Distintas leyes se han formulado paralelamente con las políticas económicas neoliberales para tratar aspectos críticos relacionados con la rápida expansión de la acuicultura. Esto ayudará, sin dudas, al desarrollo de una industria económica, ecológica y socialmente sostenible. Es importante que otros países de la región reconozcan claramente la necesidad de expandir rápidamente la acuicultura en jaulas mitigando eficazmente los impactos ambientales resultantes.

El control del número de escapes, particularmente de especies exóticas, sigue siendo un gran desafío que no tiene una solución única. El mejoramiento de la cría, el reemplazo de redes y equipos viejos, y el buen control de los predadores ha demostrado disminuir significativamente las pérdidas. La producción de animales estériles ha sido más controvertida, y aunque limitaría el efecto de la propagación de poblaciones hacia el medio silvestre, esta medida de control espera aún recibir la amplia aceptación de los consumidores.

Hasta hace poco, las enfermedades bacterianas del salmón han sido controladas, en gran parte, con el uso de antibióticos. Las vacunas modernas han probado ser altamente eficaces en otras regiones y se han logrado avances para combatir patógenos específicos como *Piscirickettsia salmonis*. El manejo integrado, las áreas en descanso, la coordinación de tratamientos entre los sitios y el intercambio de información sobre la salud permiten mejorar el control y lograr la reducción del uso de sustancias antimicrobianas. Estas técnicas y tecnologías están

disponibles para utilizarse en el cultivo de otras especies en la región.

Las jaulas de nueva tecnología y el suministro de sistemas totalmente sumergibles ofrecen nuevas posibilidades a la acuicultura en mar abierto y en las áreas propensas a huracanes (esto es, gran parte del Caribe). El alto costo de las operaciones totalmente sumergibles puede que continúe siendo un problema y restrinja esta tecnología a la producción de especies de alto valor como la cobia. Una buena alternativa podría ser las jaulas que pueden sumergirse hasta que pasan las condiciones adversas.

La acuicultura intensiva en jaulas tiene impactos localizados en el ambiente, con un incremento de las cargas de nitrógeno y fósforo y una «huella» de enriquecimiento bajo las jaulas (Soto y Norambuena, 2004). Dentro de esta huella se observarán cambios ecológicos y ocurrirá una sucesión de especies en los sedimentos. Con un control y manejo eficaz, se ha demostrado que, estos efectos pueden ser reversibles (Black, 2001). En comparación con los sitios de cultivo en el mar, los sistemas de agua dulce son más vulnerables al cambio ecológico proveniente de los insumos nitrogenados. El desarrollo adicional de sistemas de acuicultura en gran escala en jaulas en aguas dulce necesitará de una cuidadosa gestión para llegar a ser verdaderamente sostenible. Resulta imposible predecir cuál será el comportamiento de un ecosistema dado sin saber cómo están distribuidos sus componentes en el tiempo, espacio o en relación unos con otros, ni comprender la relación y los procesos que explican su distribución y comportamiento (Perez *et al.*, 2002). Además de requerir de conocimientos sobre las distribuciones espaciales y las relaciones, la capacidad para predecir en forma fidedigna requiere de conocimientos sobre las tendencias temporales. En este sentido, los sistemas de información geográfica (GIS) son poderosas herramientas para la planificación integrada, particularmente la gestión en las zonas costeras. La utilización de enfoques de capacidad de carga del ambiente es importante para evaluar el efecto de las jaulas en todo el sistema, y no sólo sus efectos localizados (P. ej., debajo de las

jaulas). Aunque estos estudios ya se hayan hecho en algunos lagos del sur de Chile, deberían de continuar controlando los recursos del agua.

La calidad de recurso humano no es homogénea en toda la región. Nuevos problemas han surgido con el crecimiento de la agricultura y se requiere de capacidades especializadas en ciertos campos como la salud, nutrición, genética, medio ambiente, cosechas, comercialización, planificación, legislación, financiamiento y bioeconomía, tanto de compañías privadas como del sector gubernamental. Además, cada vez hay una mayor demanda por investigación aplicada para hacer frente a estos nuevos retos.

La acuicultura ha tenido notables efectos socioeconómicos en aquellas áreas de la región donde se ha desarrollado, como es el caso de Chile y Ecuador. No obstante, el servicio de infraestructura y trabajos civiles (carreteras, electricidad, comunicaciones, transporte, etc.) no ha experimentado el mismo desarrollo. Esta misma situación se observa en las áreas de salud y educación, donde la infraestructura y la capacidad profesional son también limitadas. En muchos casos, el sector privado ha tomado la iniciativa al invertir en infraestructura básica y también capacitando a su personal. Los gobiernos locales y regionales tienen aún desafíos importantes que afrontar.

Resulta evidente que el desarrollo de la industria acuícola en la región es en gran medida, el reflejo del grado de compromiso demostrado por los gobiernos locales. La existencia de un plan de desarrollo acuícola desempeña un papel muy importante y la coordinación de trabajo entre el sector público y el privado promoverá el crecimiento de la industria acuícola y evitará la duplicación de esfuerzos. Este desarrollo debe darse mediante la utilización eficiente y responsable de los recursos naturales.

Dada la disponibilidad limitada de harina y aceite de pescado, resulta importante que la industria acuícola y el sector agrícola trabajen de manera coordinada para garantizar que la calidad requerida y la cantidad de materias primas necesarias para su expansión, estén disponibles.

REFERENCIAS

- Alcantara, F.B., Tello, S.M., Chavez, C.V., Rodriguez, L.C., Kohler, C.C., Camargo, W.N. & Colace M. 2003. Gamitana (*Colossoma macropomum*) and paco (*Piaractus brachipomus*) culture in floating cages in the Peruvian Amazon. *World Aquacult.*, 34: 156–161.
- Alceste, C.C. & Jory, D.E. 2002. World tilapia farming 2002. *Aquacult. Mag.* (also available at: www.aquaculturemag.com)
- Alston, D.E., Cabarcas, A., Capella, J., Benetti, D.D., Keene-Metlzooff, S., Bonilla, J. & Cortés, R. 2005. *Environmental and social impact of sustainable offshore cage culture production in Puerto Rican waters*. Final Report. 4 April, pp. 9–12. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), United States Department of Commerce.
- Alvarez Torres, P. 2003. *National aquaculture sector overview–Mexico*. National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets, Rome, FAO, Inland Water Resources and Aquaculture Service (FIRI).
- ATRT (Advanced Tuna Ranching Technologies). 2005. *The Tuna-Ranching Intelligence Unit*. Special, November 2005 ICCAT Sevilla, Spain Meeting Edition. Madrid, 25 November.
- Barlow, S. 2003. World market overview of fishmeal and fish oil. In P.J. Bechtel, (ed.). *Advances in seafood byproducts: 2002*, Conference proceedings, pp. 11–25. Fairbanks, Alaska, USA, Alaska Sea Grant College Program, University of Alaska.
- Barrett, G., Caniggia, M.I. & Read, L. 2002. There are more vets than doctors in Chile: social and community impact of the globalization of aquaculture in Chile. *World Developm.*, 30: 1951–1965.
- Beveridge, M.C.M. 2004. *Cage aquaculture*, third edition. Oxford, UK, Blackwell Publishing Ltd. 376 pp.
- Birkbeck, H., Rennie, S., Hunter, D., Laidler, T. & Wadsworth, S. 2004. Infectivity of a Scottish isolate of *Piscirickettsia salmonis* for Atlantic salmon and immune response to this agent. *Dis. Aquat. Org.* 60: 97–103.
- Bjørndal, T. 2002. The competitiveness of the Chilean salmon aquaculture industry. *Aquacult. Econ. Manag.* 6: 97–116.
- Black, K., (ed.). 2001 *Environmental impacts of aquaculture*, pp. 73–94. Sheffield, UK, Sheffield Academic.
- Buschmann, A., Riquelme, V., Hernández-González, M., Varela, D., Jiménez, J., Henríquez, L., Vergara, P., Guínez, R. & Filún, L. 2006. A review of the impacts of salmonid farming on marine coastal ecosystems in the southeast Pacific. *J. Mar. Sci.*, 63: 1338–1345.
- Cárdenas, N.J.C., Melillanca, P.I. & Cabrera, D.P. 2005. *The EU-Chile Association Agreement. The fisheries and aquaculture sector in Chile. Issues arising*. Centro Ecocéanos, Puerto Montt, Chile. 9: 191–195.
- Carvajal, P. 2005a. *The new era of Chilean salmon*. Industry Report, pp. 12–14. Seafood Publication, 5. January.
- Carvajal, P. 2005b. *Costa Rica to farm yellowfin tuna*. Intrafish Media. 23 August.
- Carvajal, P. 2006. *Aquaculture in Latin America: the power of a giant*. Industry Report. Intrafish Media. 20 January.
- Collao, S. 2003. *Trout economic study. Market access and poverty alleviation*. USAID/Bolivia. Economic Opportunities Office. 10/3. 9.
- Dalton, R. 2004. Fishing for trouble. *Nature*, 30(9): 502–504.
- FAO. 2005a. Fishstat Plus database: aquaculture production: quantities 1950–2004. Version 2.31. Rome.
- FAO. 2005b. Fishstat plus database: aquaculture production: values 1984–2004. Version 2.31. Rome.
- FAO. 2006. *Tilapia Market Report*. February 2006., Rome.
- Fitzsimmons, K. 2000a. Future trends of tilapia aquaculture in the Americas. In B.A Costa-Pierce and J.E. Rackocy, (eds). *Tilapia aquaculture in the Americas*, Vol. 2, pp. 252–264. Baton Rouge, LA, USA, The World Aquaculture Society.
- Fitzsimmons, K. 2000b. Tilapia aquaculture in Mexico. In B.A. Costa-Pierce and J.E. Rackocy, (eds). *Tilapia aquaculture in the Americas*, Vol. 2, pp. 171–182. Baton Rouge, LA, USA, The World Aquaculture Society.
- Gilbert, É. 2002. *The international context for aquaculture development: growth in production and demand, case studies and long-term outlook*, pp. 47–52. Study No.7, Office of the Commissioner for Aquaculture Development, Canada.
- Gomes, L.C., Chagas, E.C., Martins-Junior, H., Roubach, R., Ono, E.A. & Lourenco, J.N.P. 2005. Cage culture of tambaqui (*Colossoma macropomum*) in a central Amazon floodplain lake. *Aquaculture, Pesq. agropec. bras.* 40(3): 299–303.
- Gupta, M.V. & Acosta, B.O. 2004. A review of global tilapia farming practices. *Aquacult. Asia*, 10(1): 7–12, 16.
- Hernández-Rodríguez, A., Alceste-Oliviero, C., Sanchez, R., Jory, D., Vidal, L. & Constain-Franco, L-F. 2001. Aquaculture development trends in Latin-

- America and the Caribbean. In R.P. Subasinghe, P. Bueno, M.J. Phillips, C. Hough, S.E. McGladdery & J.R. Arthur, (eds). *Aquaculture in the Third Millennium*, pp. 317–340. Technical proceedings of the conference on aquaculture in the third millennium. NACA, Bangkok and FAO, Rome.
- IDB (Inter-American Development Bank).** 2005. IDB in Peru. *Lake Titicaca trout*. (available online at <http://www.iadb.org/exr/am/2004/index.cfm?language=english&op=press&dp=34>)
- Intrafish.** 2003. *Chile 2002–The beginning of a new era*, pp. 1–45. Intrafish Media. Industry Report, January 2003.
- Kubitza, F.** 2004a. *An overview of tilapia aquaculture in Brazil. ISTA 6: New Dimensions on Farmed Tilapia*. 6th International Symposium on Tilapia Aquaculture. Regional reviews. Philippines, 12–16 September 2004.
- Kubitza, F.** 2004b. *Cage culture in Brazil: a social, economic and environmental issue*. IWFRM 2004. International Symposium-Workshop on Integrated Water and Fisheries Resources Management in Developing Countries. SESSION IV–Integrated Water and Fisheries Resources Management in the Lake/Reservoir Ecosystem. Calamba, Philippines, 20–22 September 2004.
- Lovshin, L.** 2000. Tilapia culture in Brazil. In BA. Costa-Pierce and J.E. Rackocy, (eds). *Tilapia aquaculture in the Americas*, Vol. 2, pp. 133–140. Baton Rouge, LA, USA, The World Aquaculture Society.
- McGinty, A.S. & Rakocy, J.** 2003. *Cage culture of tilapia*, pp. 27–34. Southern Regional Aquaculture Center (SRAC) Publ. No. 281.
- Orachunwong, C., Thammasart, S. & Lohawatanakul, C.** 2001. Recent developments in tilapia feeds. In S. Subasinghe & T. Singh, (eds). *Tilapia: production, marketing and technological developments - Proceedings of the Tilapia 2001 International Technical and Trade Conference on Tilapia*, 28–30 May 2001, pp. 113–122. Kuala Lumpur, Malaysia.
- Paquotte, P.** 2003. Tuna in the international market for seafood. In C.R. Bridges, H. Gordin & A. García. 1. *Domestication of the bluefin tuna Thunnus thynnus thynnus Zaragoza*, pp. 12–18. Cartagena, Spain, International Symposium on Domestication of the Bluefin Tuna.
- Perez, O.M., Telfer, C., Beveridge, M. & Ross, L.** 2002. Geographical information systems (GIS) as a simple tool to aid modelling of particular waste distribution at marine fish cage sites. *Estuar., Coast. Shelf Sci.*, 54: 761–768.
- Pullin, R., Palomares, M., Casal, C. & Pauly, D.** 1997. Environmental impact of tilapias. In K. Fitzsimmons, (ed.). *Tilapia aquaculture - Proceedings of the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, pp. 554–570. New York, NY, USA, Northeast Regional Aquacultural Engineering Service.
- Radford, T.** 2005. Tipping the scales. *The Guardian*, 31 March 2005.
- Sawada, Y., Okada, T., Miyashita, S., Murata, O. & Kumai, H.** 2005. Completion of the Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* (Temminck et Schlegel) life cycle. *Aquacult. Res.*, 36: 413–421.
- Schonwald, J.** 2006. A fish farmer's tale—could this be the next salmon? *Miami New Times*, 19 January 2006.
- Sepúlveda, M. & Oliva, D.** 2005. Interactions between South American sea lions *Otaria flavescens* (Shaw) and salmon farms in southern Chile. *Aquacult. Res.*, 11: 1062–1068.
- Soto, D., Arismendi, I., Gonzalez, J., Guzman, E., Sanzana, J., Jara, F., Jara, C. & Lara, A.** 2006. Southern Chile, trout and salmon country: conditions for invasion success and challenges for biodiversity conservation. *Rev. Chil. Nat. Hist.*, 79: 97–117.
- Soto, D., Jara, F. & Moreno, C.** 2001. Escaped salmon in the Chiloe and Aysen inner seas, southern Chile: facing ecological and social conflicts. *Ecol. Appl.*, 11: 1750–1762.
- Soto, D. & Norambuena, F.** 2004. Evaluating salmon farming nutrient input effects in southern Chile inland seas: a large scale mensurative experiment. 2004. *J. Appl. Ichthyol.*, 20: 1–9.
- Suplicy F.** 2004. *National aquaculture sector overview—Brazil*. National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets. FAO Inland Water Resources and Aquaculture Service (FIRI), Rome.
- Sylvia P., Belle, S. & Smart, A.** 2003. Current status and future prospective of bluefin tuna (*Thunnus thynnus orientalis*) farming in Mexico and the west coast of the United States. In C.R. Bridges, H. Gordin and A. García, (eds). *Domestication of the bluefin tuna Thunnus thynnus thynnus Zaragoza*, pp. 197–200. Cartagena, Spain, First International Symposium on Domestication of the Bluefin Tuna.
- Tiedemand-Johannessen, P.** 1999. Salmonid culture: history and development. In S. Willoughby, (ed.). *Manual of salmon farming*, pp. 1–19. Oxford, UK, Fishing News Books.
- Watanabe, W.O., Losordo, T.M., Fitzsimmons, K. & Hanley, F.** 2002. Tilapia production systems in the Americas: technological advances, trends, and challenges. *Rev. Fish. Sci.*, 10: 465–498.

- Welcomme, R.L.** 1988. *International introductions of inland aquatic species*, pp. 23–27. Fishery Resources and Environment Division, FAO Fisheries Department. Rome.
- Willoughby S.** 1999. Salmon farming technology. In S. Willoughby, (ed.). *Manual of salmon farming*, pp. 123–154. Fishing News Book. Oxford.

