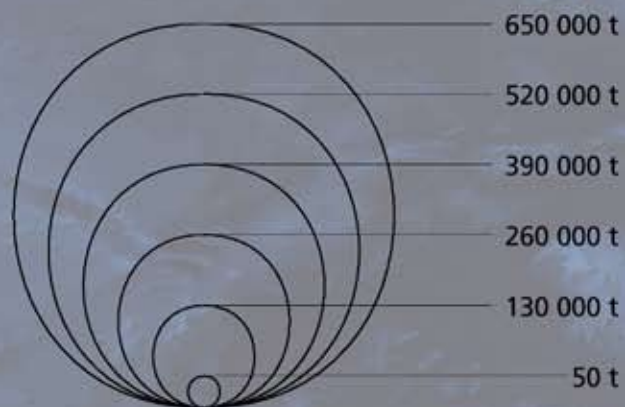


Producción de la acuicultura en jaulas 2005

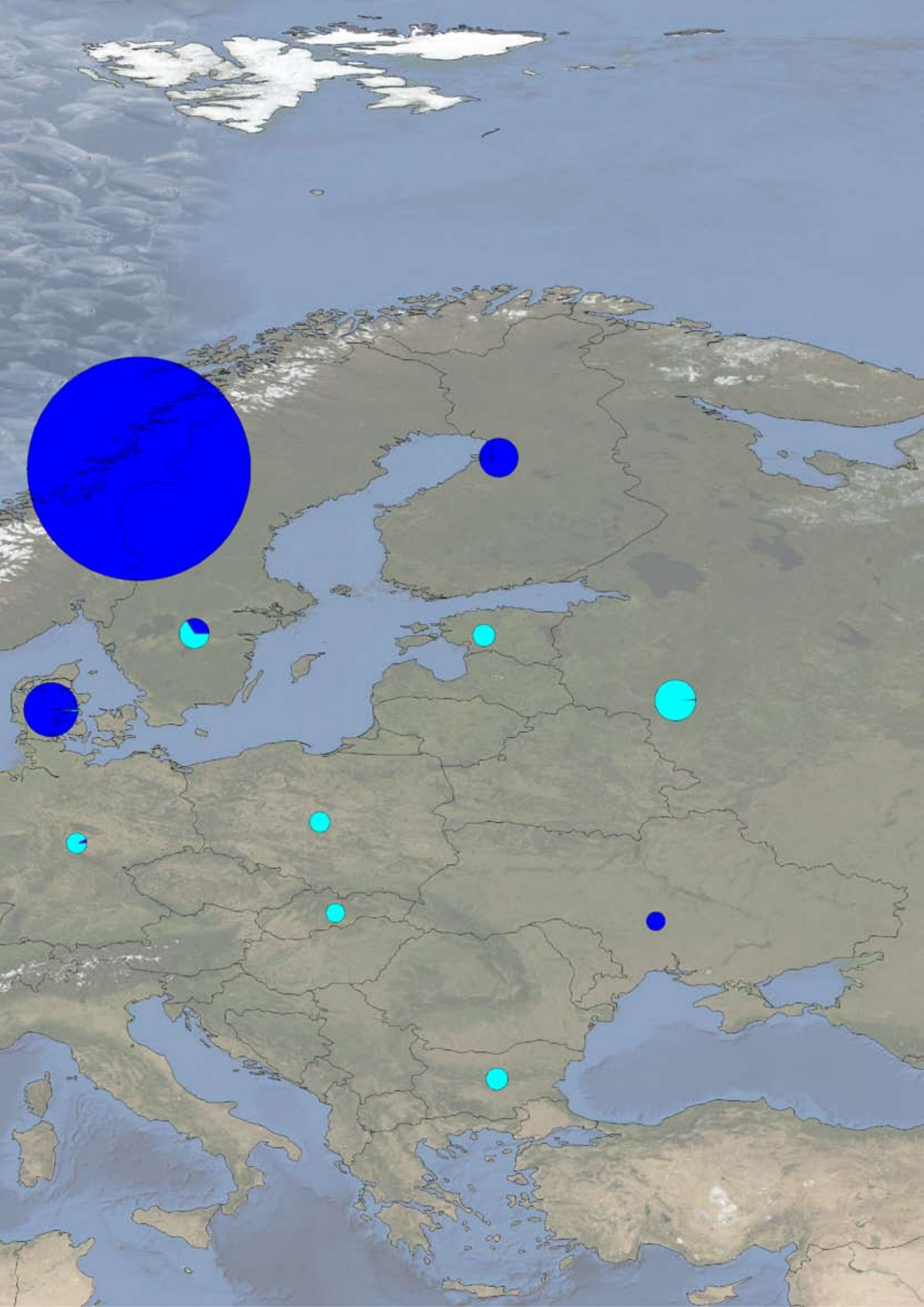
Datos obtenidos de las estadísticas de pesca suministradas a la FAO por los Estados miembros en 2005. En caso de no existir datos de 2005, se utilizaron los de 2004



agua dulce



agua marina y salobre





Estudio de la acuicultura en jaulas: Europa del Norte

Jon Arne Grøttum¹ y Malcolm Beveridge^{2,3}

Grøttum, J.A. y Beveridge, M.

Estudio de la acuicultura en jaulas: Europa del Norte. 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. Rome, FAO. 2008. pp. 133–162.

RESUMEN

La industria europea de la acuicultura en jaulas ha evolucionado, desde sus comienzos hace 30 años. Las especies principales del norte de Europa son el salmón del Atlántico (*Salmo salar*) y la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*). La mayoría de la producción se lleva a cabo en Noruega, Escocia, Irlanda y las Islas Feroe. Sin embargo, países como Finlandia, Islandia, Suecia y Dinamarca también cuentan con una industria de cultivo en jaulas. Toda la producción acuícola relevante que utiliza tecnología de jaulas en el norte de Europa se lleva a cabo en aguas marinas. El volumen de producción en 2004 fue de alrededor de 800 000 toneladas de salmón del Atlántico y de aproximadamente 80 000 toneladas de trucha arcoiris. Se espera que el volumen de producción de salmón del Atlántico se incremente aún más, mientras que por el momento, el de la trucha arcoiris muestra una tendencia negativa. Existe un interés creciente en expandir la producción de otras especies, como el bacalao y el fletán del Atlántico.

Existen por cierto grandes diferencias entre los países europeos en, por ejemplo, el grado de exposición de los sitios, que varía desde lugares bastante protegidos en el Mar Báltico donde se produce trucha arcoiris, hasta lugares muy expuestos en las Islas Feroe donde se cultiva salmón del Atlántico. No toda Europa es apropiada para el desarrollo de la acuicultura, dado que muchos factores intervienen en la producción y en la viabilidad de las operaciones acuícolas (por ej., calidad del agua, disponibilidad y costo del espacio, condiciones climáticas, etc.). Cuando se considera la ubicación de los sitios acuícolas, resulta crítico realizar una evaluación sistemática e integral de los impactos tanto positivos como negativos de los nuevos desarrollos acuícolas. A pesar de las diferencias entre un lugar y otro, la producción del cultivo en jaulas es bastante uniforme en los distintos países europeos en términos del uso de la tecnología. Los sistemas de jaulas utilizados en la acuicultura moderna han cambiado muy poco en comparación con los que se utilizaban al principio. Las jaulas son unidades fijas o flotantes, de forma cuadrada, hexagonal o circular, con una bolsa de red cerrada suspendida. Los materiales de su fabricación han pasado de la madera, al acero y el plástico.

El mejoramiento genético mediante la implementación de programas de cría selectiva ha contribuido significativamente a mejorar la productividad del salmón del Atlántico y la trucha arcoiris. Sin embargo, dado que estos programas de cría son altamente especializados y costosos, tienden a concentrarse en unos pocos países y compañías. El mejoramiento genético a costo reducido y la disponibilidad de huevos todo el año representan una importante motivación para el comercio internacional de huevos de salmónidos. Se han utilizado medidas preventivas aceptables desde un punto de vista biológico y ambiental para mantener los problemas sanitarios de la acuicultura a un nivel razonable. Actualmente, la vacunación es la única medida importante para prevenir enfermedades bacterianas en los peces cultivados, particularmente en los salmónidos. El mejor indicador del efecto de la vacunación como medida profiláctica es la reducción en el uso de antibióticos en el cultivo de

¹ Federación Noruega de Productos Marinos, PB 1214, N-7462 Trondheim, Noruega.

² Servicios de Investigación sobre la Industria Pesquera, Laboratorio de Agua Dulce, Faskally, Pitlochry, Perthshire PH16 5LB, Reino Unido.

³ WorldFish Center, PO Box 1261, Maadi, Cairo, Egipto.

peces. La mayor parte de la población de salmón del Atlántico y trucha arcoiris se vacuna por lo menos contra tres de las principales enfermedades bacterianas (vibriosis, vibriosis de agua fría y furunculosis) antes de su ingreso a las jaulas marinas. En el lapso de 10 años, el uso de antibióticos se ha reducido a un mínimo absoluto, debido principalmente a la utilización de vacunas.

Aún cuando ha habido una disminución significativa del impacto ambiental de la industria del cultivo en jaulas en Europa, todavía restan algunos desafíos como: los escapes, la eutrofización marina, los piojos de mar y el acceso a las zonas marítimas. No obstante los distintos problemas, el crecimiento de la producción ha sido relativamente continuo y la industria se ha convertido en un importante contribuyente para algunas de las regiones rurales más remotas de Europa. Aunque subsisten algunos problemas, la industria ha logrado reducir los impactos ambientales y mejorar la salud de los peces. Sin embargo, el aumento futuro de la producción y la introducción de nuevas especies plantearán nuevos retos en los próximos años. Existe mucho interés en que esta industria se desarrolle aún más y proporcione actividades esenciales rentables para sustentar a las comunidades que viven en las fronteras de Europa. La acuicultura puede crear nuevos nichos económicos lo que llevará a un aumento del empleo, un uso más efectivo de los recursos locales y a oportunidades para las inversiones productivas. La contribución de la acuicultura al comercio, tanto local como internacional, también se está incrementando. La mayoría de los países involucrados en acuicultura han formulado estrategias para promover el desarrollo del sector acuícola. Sin embargo, éste no debe darse a expensas de la calidad del producto ni del medio ambiente. Asimismo, debe ser lo suficientemente eficiente como para competir contra otros productores de alimentos, dentro y fuera de Europa.

ANTECEDENTES

Este documento proporciona un panorama general del cultivo en jaulas en Europa, sin incluir la producción en el Mediterráneo, la cual se trata en un capítulo aparte de este mismo volumen.

La industria acuícola a lo largo de la costa desde Gibraltar en el sur, pasando por Gran Bretaña, las Islas Feroe, Islandia y el Mar Báltico, hasta la frontera de Rusia en el norte, desempeña hoy en día, un papel importante para muchas comunidades pequeñas cercanas al mar. Esta función probablemente se vuelva primordial en un futuro cercano debido a la demanda creciente de pescado de alta calidad y a la disminución de las capturas silvestres.

Los países con mayor producción son, en orden de importancia, Noruega, Escocia e Irlanda. El predominio de estos países se refleja en el contenido de este artículo. La naturaleza internacional de la propiedad actual de las empresas de cultivo en jaulas se refleja en la similitud en el uso de tecnología y prácticas de cultivo.

Las principales especies que se cultivan en jaulas en el norte de Europa son el salmón del Atlántico (*Salmo salar*) y la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*). Sin embargo, varias especies nuevas están cobrando importancia creciente para la industria del cultivo en jaulas en Europa.

Debido a que este artículo abarca más o menos todos los aspectos del cultivo en jaulas, la mayor parte de su contenido se basa en artículos de revisión que han sido elegidos como introducciones adecuadas para una información más exhaustiva sobre los distintos temas.

HISTORIA DEL CULTIVO EN JAULAS EN LA REGIÓN

La actividad de cultivar el agua se remonta muchos siglos atrás y ya se describía en el Medio Oriente hace varios miles de años atrás (Beveridge y Little, 2002). En Europa, el cultivo tiene también una larga tradición. En una antigua granja noruega se encontró una piedra del siglo XI con la siguiente inscripción: «Eiliv Elg llevó peces a Raudsjøen» (Osland, 1990). Esto evidencia que se introdujeron nuevas especies en los lagos donde se reprodujeron sin la intervención humana. Estos peces fueron cosechados posteriormente mediante la pesca.

En el siglo XIX, se incubaron y criaron los primeros peces en condiciones artificiales en Europa occidental. La motivación fue repoblar lagos y ríos con peces para los pescadores de caña. La experiencia lograda mediante la incubación y cría sentó las bases para comprender las condiciones necesarias para la reproducción y cría de estos peces (FEAP, 2002).

El cultivo en jaulas se llevó a cabo por primera vez en Noruega a finales de la década de 1950 en un intento por producir trucha arcoiris y salmón del Atlántico en el mar. En Escocia, la *White Fish Authority* inició pruebas con la cría de salmón en jaulas alrededor de 1965. Sin embargo, la producción comercial en Noruega no comenzó hasta principios de la década de 1970. Desde entonces, esta industria se ha extendido a Escocia e Irlanda. El cultivo de salmón del Pacífico (coho, *Oncorhynchus kisutch*) comenzó después de cultivarse el salmón del Atlántico, y la tecnología noruega y escocesa

se transfirió a Canadá y los Estados Unidos de América. Posteriormente, se lograron progresos significativos en Sudamérica, particularmente en Chile, país que ahora se ha convertido en uno de los productores principales (FEAP, 2002; Beveridge, 2004, véase también el estudio relacionado sobre América Latina y el Caribe).

El cultivo en jaulas se adaptó posteriormente a otras especies en Europa y se ha convertido en un negocio rentable. En particular, el cultivo de dorada y lubina en jaulas de red resultó ser muy exitoso y existe un aumento de especies prometedoras como el atún, el bacalao y el fletán del Atlántico.

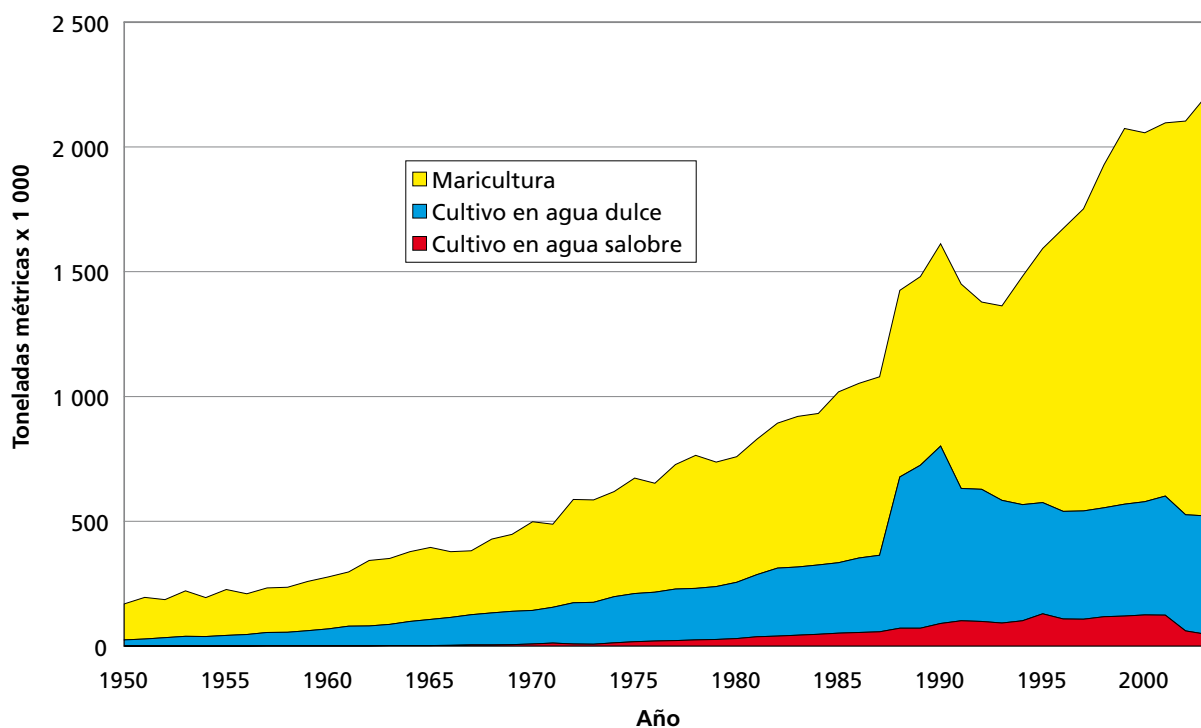
El desarrollo de la industria acuícola europea muestra un crecimiento exponencial en el volumen de producción en los últimos 50 años (Figura 1). En 1950, la maricultura representaba 86 por ciento de la producción acuícola total, principalmente de mariscos (ostra y mejillón). La producción en agua dulce se basaba en la carpa y la trucha arcoiris con tamaño de porción. La producción acuícola total en Europa fue en ese entonces de 169 000 toneladas. Más de 50 años después (2004), la producción acuícola europea ha alcanzado un nivel

12 veces mayor, es decir, es de 2 204 000 toneladas. En la actualidad, la maricultura y el cultivo en aguas salobres representan el 79 por ciento de la producción total (FAO, 2006). La acuicultura en agua dulce se basa ahora en un mayor número de especies, aunque la carpa y la trucha arcoiris son aún las especies dominantes. En la maricultura, los mariscos siguen siendo muy importantes. Sin embargo, la participación en la producción del salmón del Atlántico, la trucha arcoiris, la dorada y la lubina se ha aumentado considerablemente y actualmente contribuye con el 42 por ciento de la producción acuícola total en Europa. La crianza de estas especies se basa principalmente en la tecnología de cultivo en jaulas.

SITUACIÓN ACTUAL DEL CULTIVO EN JAULAS EN EUROPA

La acuicultura se ha convertido en fuente importante de productos marinos en Europa. Es una industria muy diversa y abarca una amplia gama de especies, tecnología y prácticas. La contribución de la acuicultura al comercio, tanto local como internacional, se está incrementando.

FIGURA 1
Desarrollo de la producción acuícola total en Europa 1950–2004



Fuente: FAO, 2006

Principales especies producidas en jaulas

Cuando empezó a desarrollarse el cultivo en jaulas en Europa, la especie principal era la trucha arcoiris. Sin embargo, en pocos años se dedicó cada vez más capacidad de producción al salmón del Atlántico. Durante los últimos 15 años, el cultivo de lubina y dorada también ha crecido rápidamente en Europa (Figura 2).

Salmón del Atlántico

El salmón del Atlántico es una especie anádroma con un ciclo de vida de 1–3 años en agua dulce (estados de alevín-pinto). Después de un proceso de adaptación fisiológica (esmolificación), en el cual los alevines en estado de pinto («parr») se transforman en esguines («smolts»), los salmones migran al mar donde permanecen por lo menos un año antes de regresar al río de origen para el desove. Las hembras utilizan su cola para excavar una depresión poco profunda en el sustrato del río y ahí depositan los huevos que son posteriormente fertilizados por los machos. Unos pocos adultos sobreviven al desove y regresan al mar, e incluso una proporción aún más pequeña regresa uno o dos años después para repetir el proceso de desove.

La distribución natural del salmón del Atlántico abarca todo el Atlántico Norte, desde el norte de Portugal y el Cabo Cod (Massachusetts, Estados Unidos de América) en el sur, hasta el Mar de Barents y la Península de Labrador (Canadá) en el norte (Souto y Villanueva, 2003).

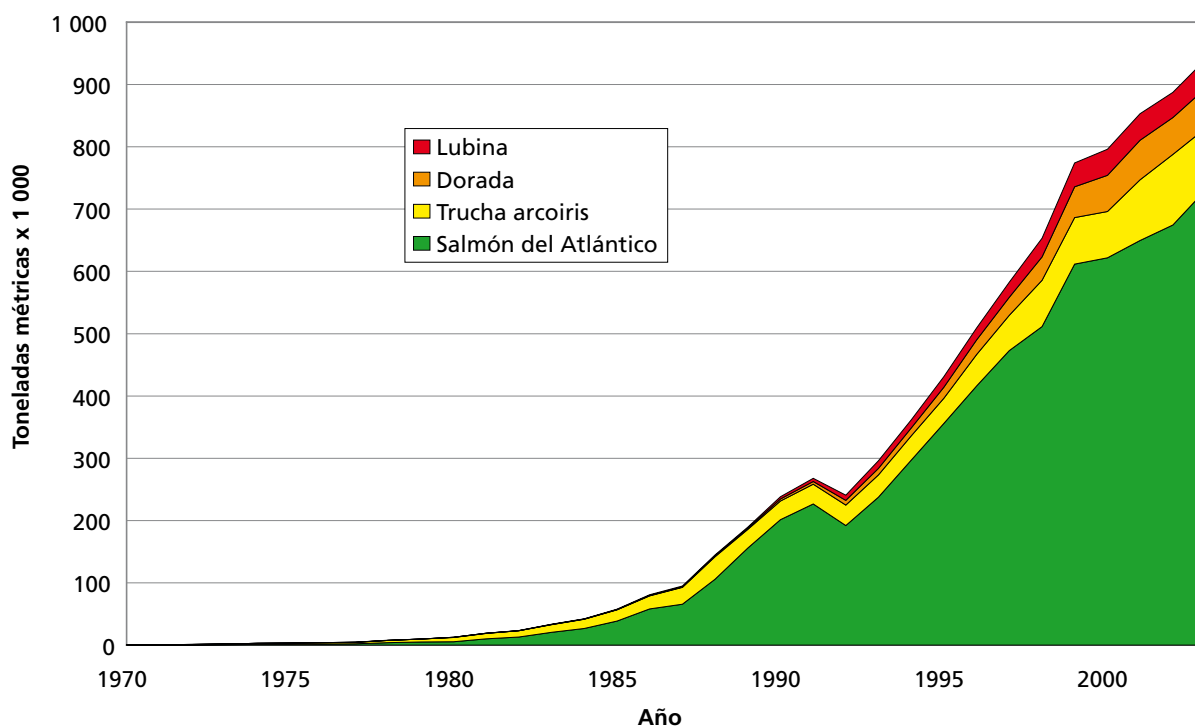
Noruega es el principal productor de salmón alcanzando el 72 por ciento de la producción europea total (Figura 3).

En términos absolutos, las cifras de producción de 2004 fueron las más altas en Noruega (566 000 toneladas), seguidas por las del Reino Unido e Irlanda del Norte (158 000 toneladas), las Islas Feroe (37 000 toneladas) e Irlanda (14 000 toneladas). Otros países fuera de Europa que cultivan salmón del Atlántico incluyen Chile (376 000 toneladas, 2005) y Canadá (103 000 toneladas, 2005) FHL, 2005).

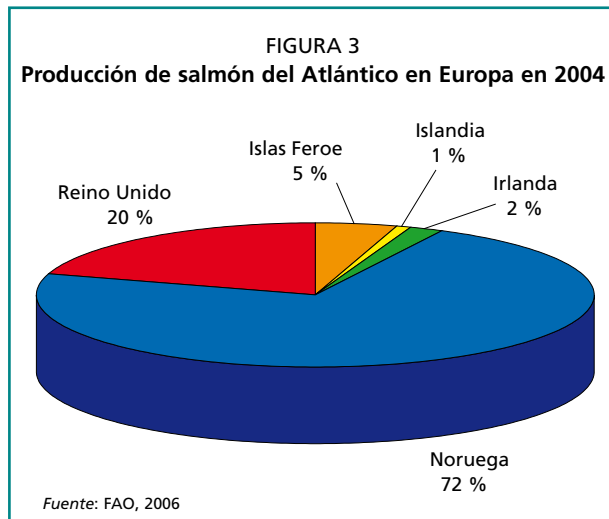
Trucha arcoiris

El hábitat natural de la trucha arcoiris es el agua dulce con temperaturas entre 12–15 °C en verano. No está claro si la anadromía en esta especie es realmente una adaptación genética o simplemente un comportamiento oportunista. Parece ser que

FIGURA 2
Producción del cultivo en jaulas en Europa



Fuente: FAO, 2006

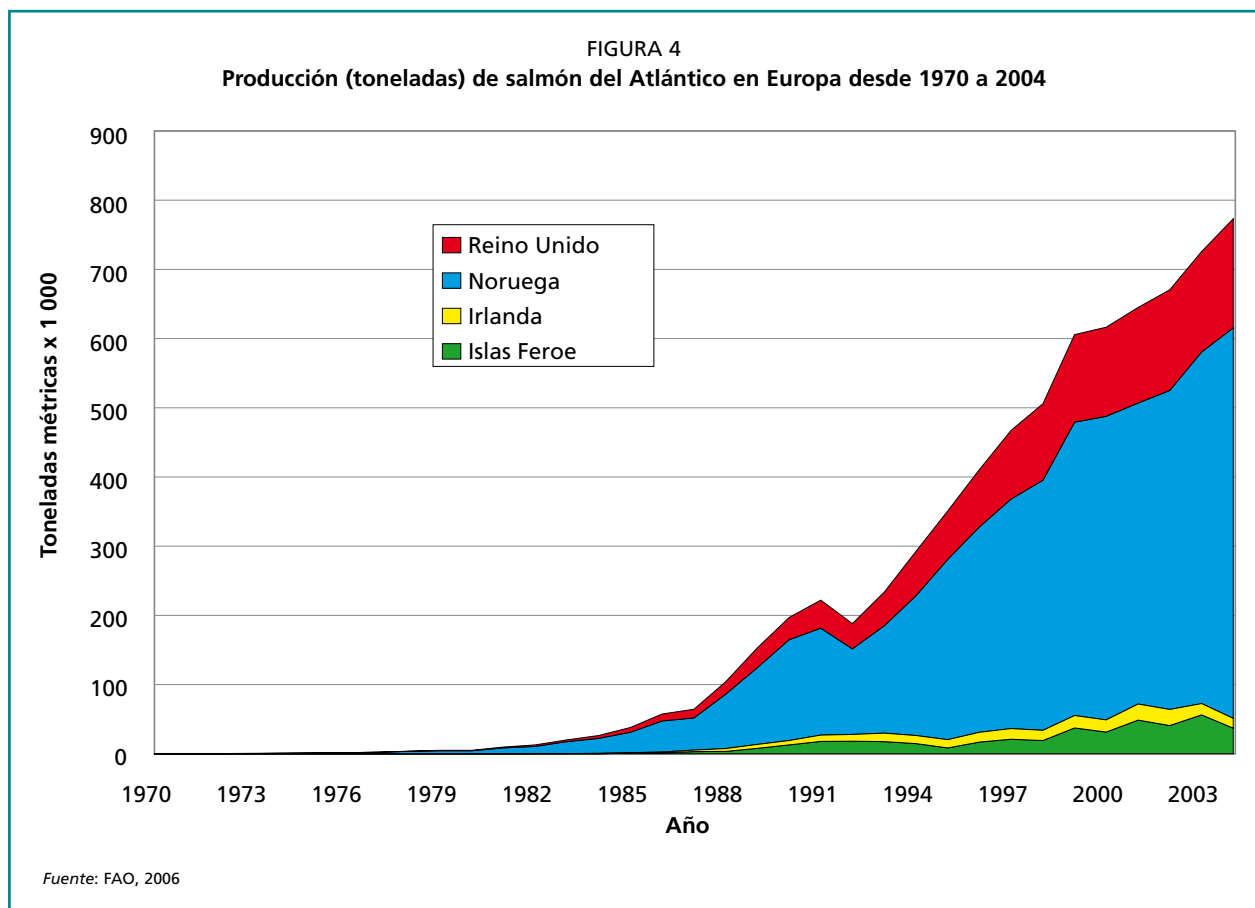


cualquier población de trucha arcoiris es capaz de migrar o, por lo menos, de adaptarse al agua de mar si surge la necesidad o la oportunidad. Para reproducirse en su medio natural requiere de agua bien oxigenada con flujo moderado o rápido, aunque también se encuentra en los lagos de agua fría.

Los adultos se alimentan de insectos acuáticos y terrestres, moluscos, crustáceos, huevos

de peces, piscardos y otros peces pequeños (inclusive otras truchas); los peces jóvenes se alimentan predominantemente de zooplancton. Las variedades naturales de trucha arcoiris se encuentran en el Pacífico occidental. La trucha arcoiris es probablemente uno de los peces más ampliamente introducido y su distribución actual se puede considerar global (Fishbase, 2005). Los peces criados en agua dulce se venden normalmente en tamaño de porción (menos que 1 200 g/pez), mientras que las truchas arcoiris cultivadas en jaulas marinas se venden de un tamaño más grande (sobre 1 200 g/pez).

Noruega es el principal productor de trucha arcoiris alcanzando el 79 por ciento de la producción europea total (Figura 5). En términos absolutos, las cifras más altas de producción en 2004 se registraron en Noruega (63 401 toneladas), seguida de Dinamarca (8 785 toneladas), las Islas Feroe (5 092 toneladas), el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte (1 664 toneladas) y Suecia (1 316 toneladas) (Figura 6). El principal país fuera de Europa que cultiva trucha arcoiris es Chile, con una producción de 118 413 toneladas en 2004 (FAO, 2006).

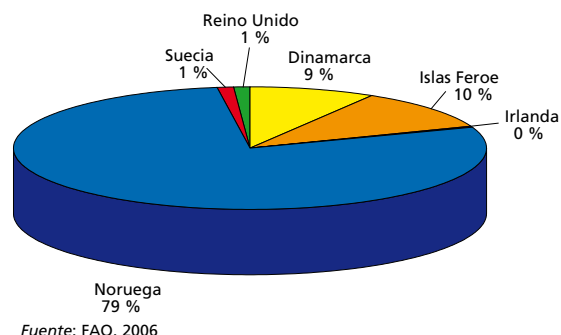


Otras especies

Siempre ha existido interés en desarrollar aún más la producción acuícola de nuevas especies marinas. Los diseños de jaulas convencionales se han utilizado con éxito para peces planos como el fletán del Atlántico (*Hippoglossus hippoglossus*) y el bacalao (*Gadus morhua*). El principal cuello de botella para el desarrollo acuícola de nuevas especies en jaulas marinas ha sido el suministro confiable de una cantidad suficiente de juveniles de buena calidad. También ha resultado difícil establecer una industria económicamente sostenible.

En contraste con el establecimiento de la industria de cultivo en jaulas, de salmón y trucha arcoiris,

FIGURA 5
Producción de trucha arcoiris en aguas marinas en Europa en 2004



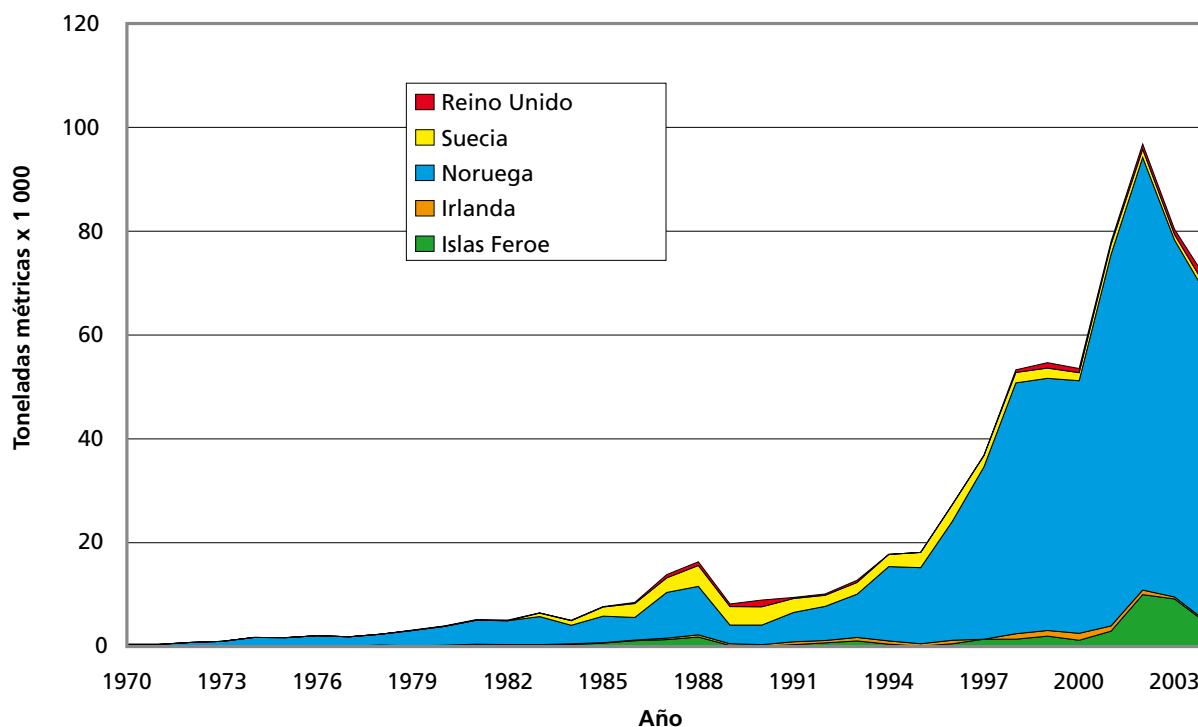
CUADRO 1

Producción de especies seleccionadas de peces criados en jaulas en Europa en 2004

	Producción (toneladas)			
	Islandia	Noruega	Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte	Total
Eglefino	72			72
Trucha alpina		365		365
Fletán del Atlántico		631	187	818
Bacalao del Atlántico	636	3 165	8	3 809
Total	708	4 161	195	5 064

Fuente: FAO, 2006

FIGURA 6
Producción de truchas arcoiris en aguas marinas en Europa desde 1970 a 2004



Fuente: FAO, 2006

los productores de peces marinos han tenido que competir contra pesquerías ya establecidas en materia de precios. El salmón y la trucha arcoiris se vendían a precios muy altos debido a su exclusividad. Por ello, los costos de producción podían ser altos al comienzo del desarrollo de la producción en jaulas de estas especies y la granja aun era rentable. Éste no es el caso para las especies marinas. Como consecuencia, el establecimiento de la producción acuícola de especies marinas necesita y depende de un mayor capital de riesgo inicial. Sin embargo, debido a las pesquerías, hay ya un mercado establecido para las especies marinas.

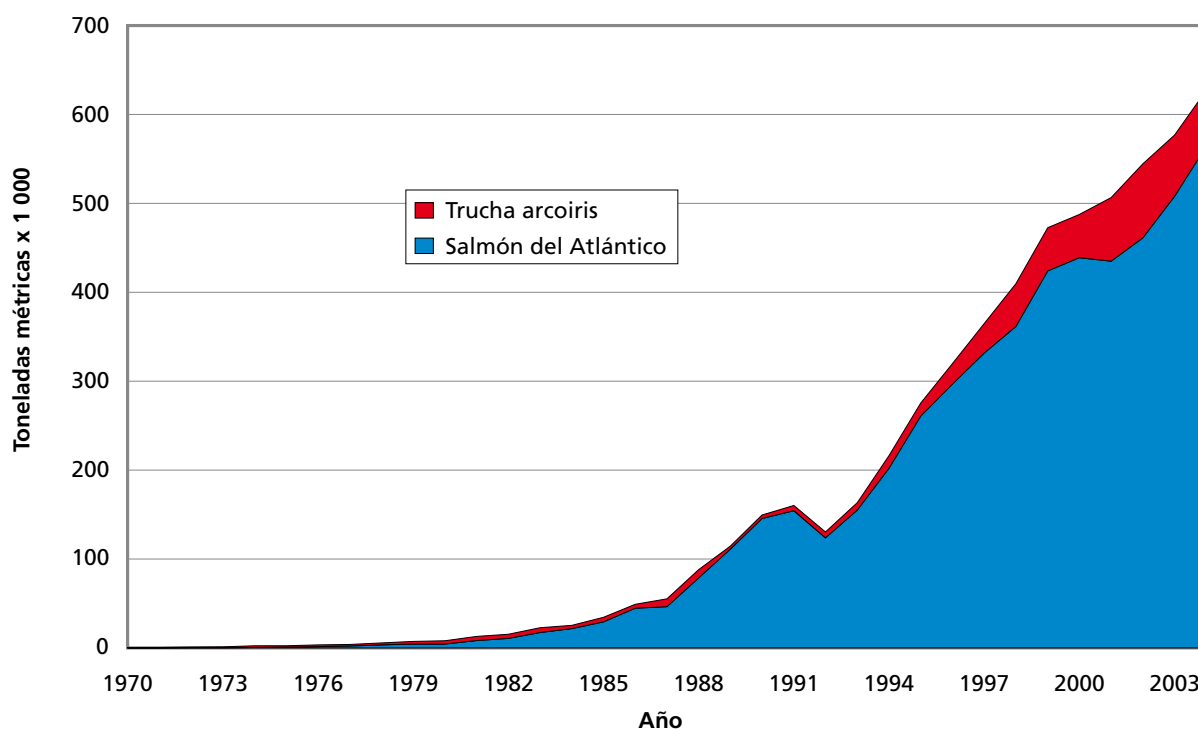
Bacalao: Entre las nuevas especies marinas, el bacalao ha sido la más exitosa. Actualmente, 14 compañías participan en el cultivo de bacalao en Escocia. La producción en los últimos cinco años ha oscilado entre sólo unas pocas toneladas y 250 toneladas en 2005. En Noruega, se han registrado más de 350 licencias para la producción de bacalao. Sin embargo, sólo unas 100 están en uso. La producción en 2005 fue de alrededor de 5 000 toneladas y se espera que aumente considerablemente en los próximos años (FRS, 2005).

Fletán del Atlántico: El fletán del Atlántico es un pez plano de agua fría al cual se le ha dedicado una cantidad significativa de investigación con el fin de establecer una producción acuícola económicamente viable. El precio de mercado del fletán del Atlántico es alto. Sin embargo el tiempo de producción es largo y costoso. En Escocia operaban nueve compañías en 2005 y la producción alcanzó su máximo alrededor de 230 toneladas durante el período 2003–2005 (FRS, 2005).

En la actualidad, la producción está disminuyendo en Escocia y se espera que el volumen se mantenga en unos pocos cientos de toneladas por año destinadas a mercados locales. En Noruega existen unas 100 licencias para el cultivo de fletán del Atlántico, y el volumen anual fue de alrededor de 1 000 toneladas en 2005. La producción se basa principalmente en instalaciones en tierra.

Otras especies que se cultivan en jaulas en Europa son el eglefino (*Melanogrammus aeglefinus*) y la trucha alpina (*Salvelinus alpinus alpinus*) (Cuadro 1), así como la lisa (*Mugil spp.*) y el atún (*Thunnus spp.*) (para más detalles, véase el capítulo sobre cultivo en jaulas en la región del Mediterráneo).

FIGURA 7
Producción de cultivo en jaulas en Noruega desde 1970 a 2004



Fuente: FAO, 2006

Lugares y producción

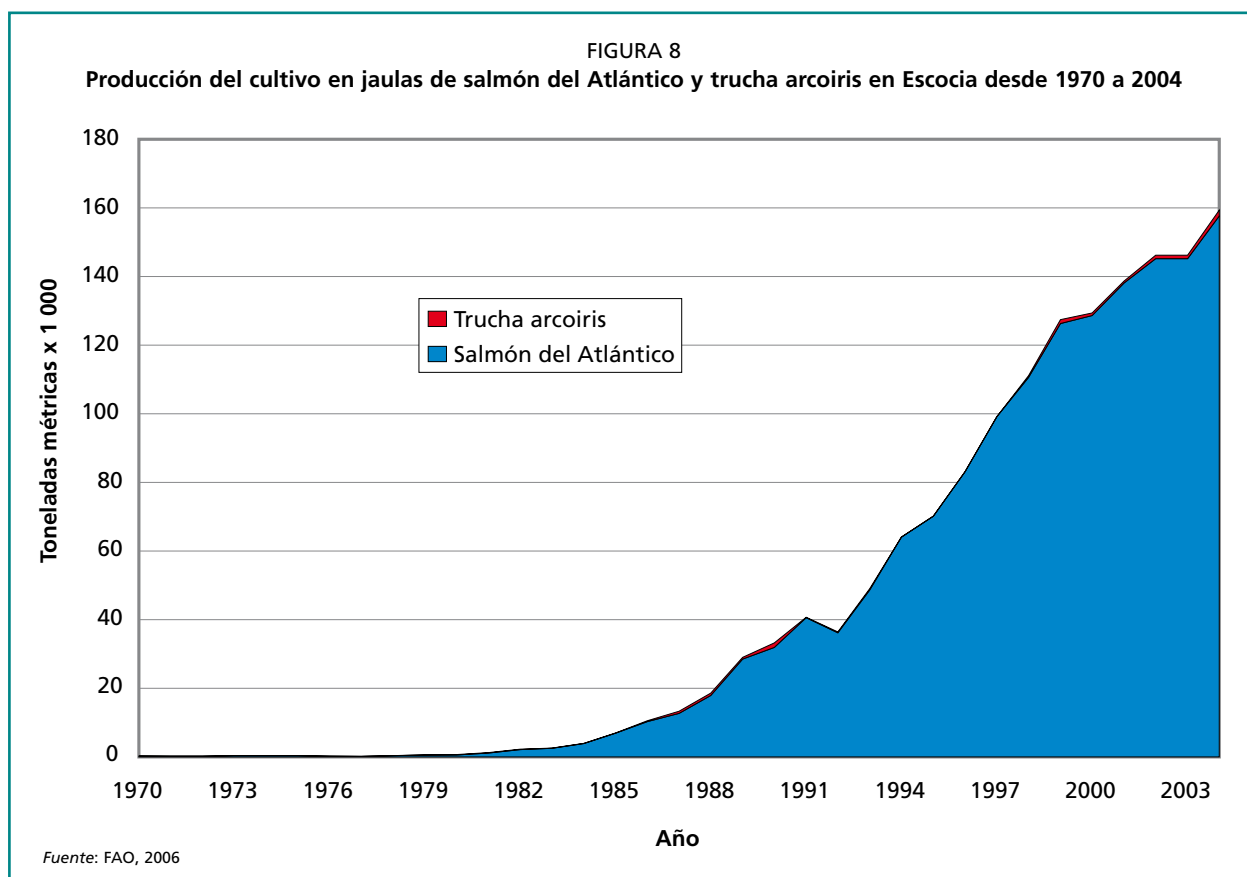
No toda Europa es apropiada para desarrollar la acuicultura, dado que varios factores afectan la producción y la viabilidad de las operaciones acuícolas (p. ej., calidad del agua, disponibilidad y costo del espacio, condiciones climáticas, etc.). Cuando se considera la ubicación de los sitios para la acuicultura, resulta indispensable realizar una evaluación sistemática e integral de los impactos tanto positivos como negativos de los nuevos desarrollos acuícolas (Comisión de las Comunidades Europeas, 2002). Evidentemente hay grandes diferencias entre los países europeos respecto, por ejemplo, al grado de exposición de los sitios, que abarca desde la producción de trucha arcoiris en lugares bastante protegidos en el Mar Báltico hasta el cultivo de salmón del Atlántico en lugares muy expuestos en las Islas Feroe. Sin embargo, la producción acuícola en jaulas en los distintos países europeos es bastante uniforme con respecto al uso de la tecnología (Beveridge, 2004).

Durante la fase de establecimiento del cultivo en jaulas marinas en Europa, la organización de la industria estaba basada en una gran cantidad de compañías pequeñas, generalmente de tipo familiar.

Con el desarrollo de la industria, la estructura de las compañías se ha vuelto más variada. En la actualidad, el sector acuícola incluye operaciones familiares, negocios con granjas de mediana escala y empresas multinacionales de maricultura, aunque cada vez predominan más las grandes multinacionales (FAO, 2001). Durante este período, el volumen de producción en cada sitio se ha vuelto más adaptado a la capacidad de carga del mismo. El grado de exposición a la carga orgánica se vigila continuamente y el volumen de producción se regula dependiendo de lo que es aceptable para cada sitio. También se ha dado un desarrollo hacia la utilización de sitios que brinden mejores condiciones para la producción.

Noruega

Gracias a sus características geográficas extraordinarias (aguas litorales entibiadas por la Corriente del Golfo, una extensa línea costera y ríos alimentados con agua de deshielo para los criaderos), Noruega se convirtió en el primer país en promover activamente el desarrollo de la salmonicultura. Los piscicultores noruegos pudieron vender fácilmente su salmón a los mercados europeo, estadounidense y japonés gracias a su infraestructura portuaria,



instalaciones de procesamiento y redes de transporte y logística altamente desarrolladas.

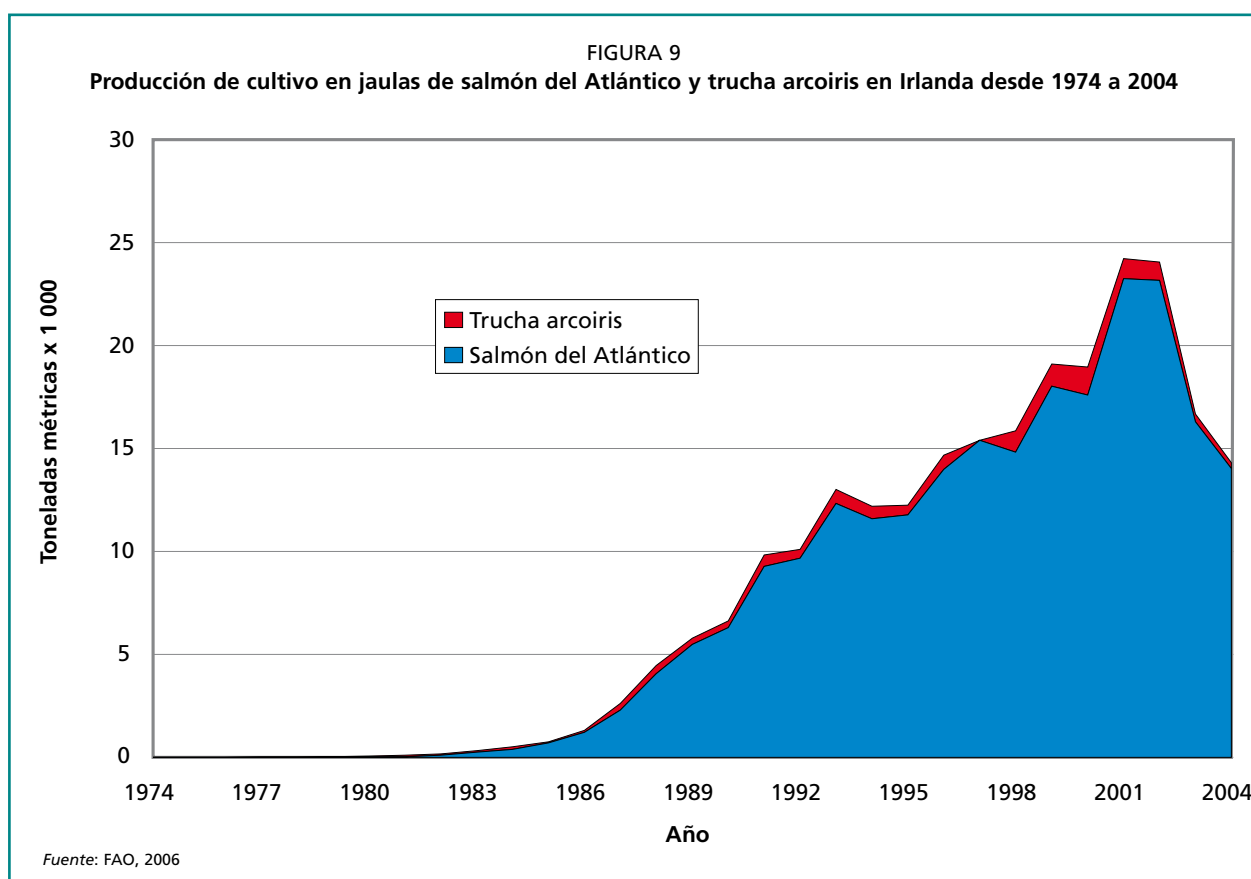
Si bien los primeros esfuerzos exploratorios se realizaron a finales de la década de 1950, el sector se desarrolló en realidad en la década de 1970 una vez resueltos los problemas técnicos principales (nutrición y acondicionamiento de juveniles). Para mediados de la década de 1980, el salmón cultivado era el segundo producto marino más valioso de Noruega después del bacalao y, al inicio del nuevo milenio, se había convertido en el segundo artículo de exportación más importante después del petróleo y el gas. Durante la década de 1980, la industria noruega empezó a exportar tecnología y equipos a Canadá, los Estados Unidos de América y Chile. El Consejo Noruego para la Investigación y distintas instituciones especializadas proporcionan amplio apoyo a la investigación, además de la experiencia internacional acumulada. En la actualidad, los intereses noruegos desempeñan un papel importante en la salmonicultura global (FEAP, 2002). La producción en jaulas de salmón del Atlántico y trucha arcoiris se ha expandido e intensificado considerablemente con los años y en 2004 representaba 566 000 toneladas y 63 000 toneladas, respectivamente (Figura 7).

Escocia

En 1969 se estableció la primera granja comercial de salmón en Loch Ailort, en la costa occidental. Las granjas de salmón escocesas operan actualmente en los Highlands, las Islas Occidentales, las Islas Orkney y las Islas Shetland (FRS, 2005).

Muchas de estas áreas tienen un historial de desempleo alto, lo cual explica por qué distintas instituciones gubernamentales del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte y de la Comunidad Europea han proporcionado asistencia mediante distintos mecanismos de apoyo para préstamos de inversión, capacitación y apoyo técnico para fomentar el crecimiento de la salmonicultura como una industria económicamente viable.

La producción de salmón del Atlántico en Escocia ha crecido continuamente (Figura 8), en gran parte para abastecer los mercados del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte como así también los mercados globales. En el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, el salmón cultivado se ha convertido actualmente en el tercer producto marino más popular después del bacalao y el eglefino (FEAP, 2002).



Irlanda

La historia de Irlanda es famosa por su mitología y leyendas; las aventuras del famoso guerrero vidente Fionn Mac Cumhaill cuentan cómo él obtuvo su sabiduría al probar el «salmón del conocimiento» lo cual da una medida instantánea de cuánto se estima al salmón en ese país.

La salmónica se lleva a cabo principalmente en la costa occidental – con frecuencia en sitios muy expuestos – y ha crecido hasta convertirse en un elemento importante de la industria acuícola irlandesa (Figura 9), que incluye también la producción de mariscos y trucha.

Islas Feroe

Las Islas Feroe, una región autónoma del Reino de Dinamarca, se ubican a unas 300 millas al noroeste de las Islas Shetland. Con la disminución de las pesquerías y con pocas tierras para la agricultura, sus habitantes invirtieron en la salmónica en la década de 1980 y pronto convirtieron a las Islas Feroe en una de las principales áreas productoras de salmón (Figura 10).

La mayoría del salmón se cultiva en granjas flotantes muy grandes que se ubican en los angostos estrechos entre las islas. Tales sitios son bastante vulnerables a las tormentas y su manejo debe ser

CUADRO 2
Producción del cultivo en jaulas en algunos países europeos en 2004

	Eglefino	Bacalao del Atlántico	Trucha alpina	Salmón del Atlántico	Trucha arcoiris	Total
Suecia					4 111	4 111
Francia				735	155	890
Islandia	72	636	1 025	6 624	137	8 494
Dinamarca				16	8 770	8 786
Finlandia					10 586	10 586
Total	72	636	1 025	7 375	23 759	32 867

Fuente: FAO, 2006

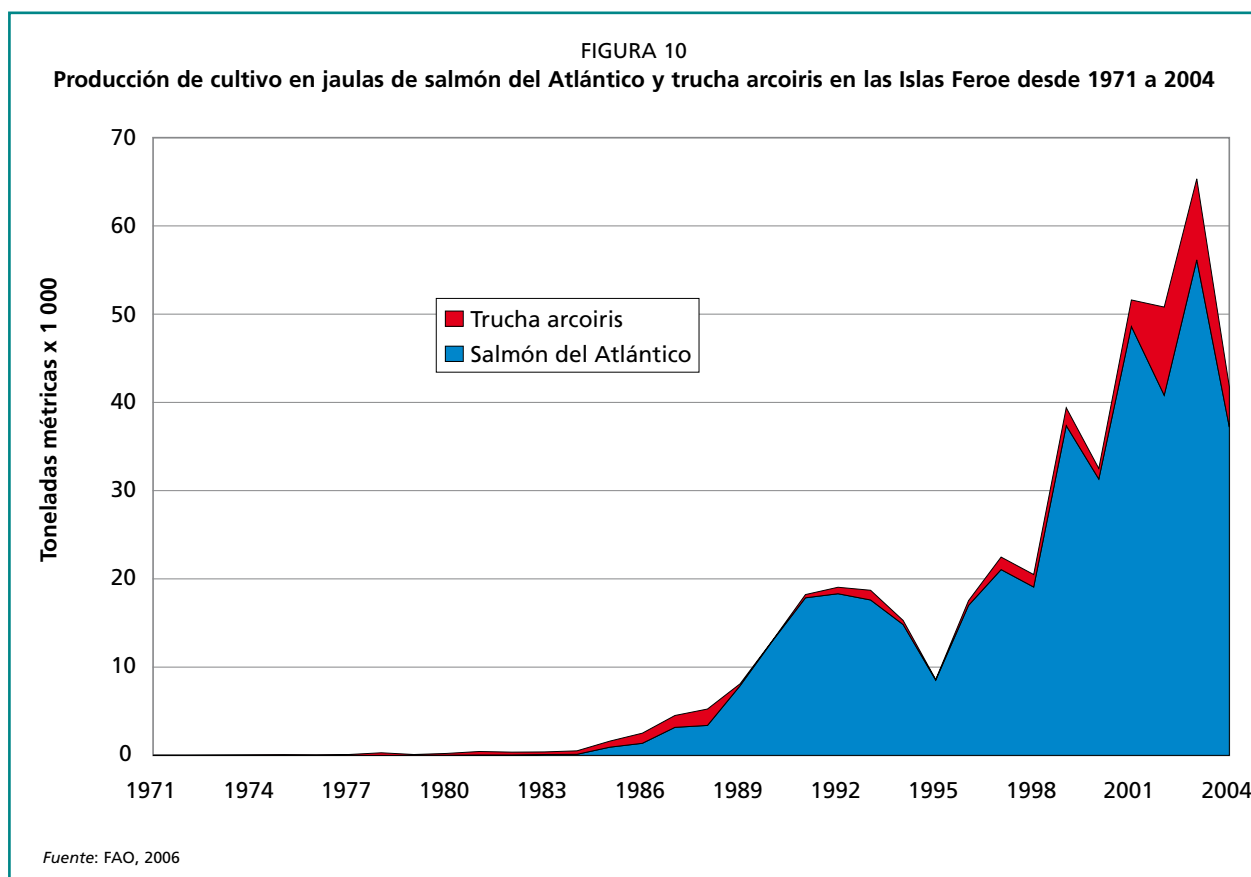


FIGURA 11
Ejemplo de una unidad circular



CORTESÍA DE AQUALINE 2006

FIGURA 12
Ejemplo de jaulas con de acero



CORTESÍA DE SINTEF FISKERI OG HAVBRUK

óptimo e incluir un alto grado de mecanización. El cultivo de salmón se convirtió rápidamente en una actividad de exportación importante para las Islas Feroe y la mayoría de sus productos pasan por Dinamarca para llegar a los mercados europeos (FEAP, 2002).

La producción de salmón en las Islas Feroe ha atravesado por un período difícil en los últimos años debido a la anemia infecciosa del salmón (ISA), una enfermedad viral.

Otros países

Varios otros países del norte de Europa cuentan con una industria de cultivo en jaulas. Sin embargo, en comparación con las naciones mencionadas anteriormente, su volumen de producción es relativamente bajo (Cuadro 2).

Tecnología

Los sistemas de jaulas utilizados en la acuicultura moderna han cambiado muy poco en comparación con los que se utilizaban al principio. Las jaulas son unidades fijas o flotantes, de forma cuadrada, hexagonal o circular, de las cuales se suspenden bolsas cerradas de red. Los materiales de su fabricación han pasado de la madera, al acero y el plástico.

Las jaulas consisten de un collar flotante del cual penden bolsas de red. Pueden describirse como «jaulas de gravedad» porque dependen de los contrapesos que cuelgan de las mallas para mantenerlas abiertas y no cuentan con un armazón estructural submarino. Las jaulas de gravedad son extremadamente exitosas y han sustentado el desarrollo de la piscicultura durante los últimos 30 años. Vistas desde arriba, las jaulas de acero son cuadradas (Figura 11), mientras que las jaulas de plástico o de goma son generalmente circulares (Figura 12) y pueden emplazarse en grupos dentro de un entramado de cuerdas y cadenas de amarre (Ryan, 2004).

También se han desarrollado sistemas de jaulas especialmente adaptadas para peces planos, como se muestra en la Figura 13. Estos sistemas consisten de varias capas de plataformas donde pueden permanecer los peces.

FIGURA 13
Ejemplo de jaulas adaptadas para peces planos



CORTESÍA DE AQUALINE 2006

PRINCIPALES DESAFÍOS REGIONALES

Método de producción

La acuicultura en Europa todavía es una industria joven. La tecnología para el cultivo en jaulas se estableció hace unos 30 años y poco después empezó a incrementarse el volumen de producción de peces (Figura 2). En esa etapa, la producción de cantidades pequeñas, combinada con una demanda muy elevada de salmónidos, condujo a ingresos muy altos por kilogramo de producción.

Aún con una alta tasa de mortalidad, altos niveles de consumo de alimento y el uso de equipos de fabricación casera, el negocio acuícola era rentable. Sin embargo, durante esos primeros años, la producción no tenía en cuenta al ambiente y se llevaba a cabo sin considerar el bienestar de los animales.

Debido a los problemas durante su establecimiento, la industria aún tiene que hacer frente a su mala reputación y la mayoría de los consumidores se opone más a la acuicultura que a la agricultura, aunque ello puede deberse a que la mayoría de la gente no tiene la misma relación con la acuicultura que con la agricultura.

Cuestiones técnicas

Suministro de semilla

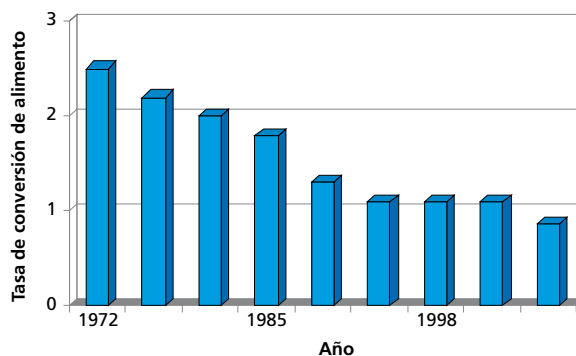
En el caso de los salmónidos, el desarrollo de nuevos conocimientos y tecnologías permitió el desove controlado y lograr altas tasas de fertilización. Los salmónidos tienen una capacidad reproductiva relativamente grande combinada con una alta supervivencia de los huevos. Por ello la producción de huevos, en cantidad suficiente para satisfacer a la industria que cultiva salmón y trucha, puede ser llevada a cabo por un pequeño número de productores. La gran mayoría de los huevos de salmónidos se producen y transfieren dentro de los países.

Han existido, y existen aún, fuerzas contrarias al comercio internacional de huevos. El comercio internacional representa un riesgo sanitario debido a la posibilidad que se transfieran agentes patógenos. Debido a la variación genética entre las poblaciones de salmón, también existe preocupación por la posibilidad de interacción genética entre los salmones escapados y las poblaciones silvestres (McGinnity *et al.*, 2003; Walker *et al.*, 2006).

El mejoramiento genético mediante la implementación de programas de crianza selectiva ha contribuido de manera significativa a mejorar el desempeño y la productividad del salmón del Atlántico y la trucha arcoiris.

FIGURA 14

Desarrollo de la tasa de conversión de alimento en la producción de trucha arcoiris y de salmón del Atlántico en Noruega desde 1972 a 1999



Fuente: Fiskeridirektoratet, 2005

Sin embargo, dado que estos programas de cría son altamente especializados y costosos, tienden a concentrarse en unos pocos países y compañías. El mejoramiento genético a costo reducido y la disponibilidad de huevos todo el año representan una importante motivación para el comercio internacional de huevos de salmónidos.

Escocia importó unos 14 millones de huevos de salmón del Atlántico en 2002, principalmente desde Islandia pero también de Australia y de los Estados Unidos de América. La importación de huevos de trucha arcoiris representó más de 20 millones y provinieron de Sudáfrica, Dinamarca, Isla de Man e Irlanda (FRS, 2005).

El comercio de huevos entre Noruega y el espacio económico europeo (EEE) estuvo prohibido por un tiempo debido a las medidas de protección contra la anemia infecciosa del salmón (ISA). Sin embargo, estas restricciones se levantaron el 1 de febrero de 2003 (Aquagen, com. pers., 2005).

Alimentos y alimentación

Los cambios en la proporción de harina/aceite de pescado en los alimentos para salmón, observados en las últimas dos décadas, no habrían sido posibles si no fuera por los tremendos avances tecnológicos en la fabricación de alimentos. Hasta principios de la década de 1980, los alimentos para salmón consistían básicamente en gránulos semihúmedos fabricados en las granjas y contenían sardina molida u otros peces de bajo valor, mezcladas con harina de trigo y una premezcla de vitaminas/minerales.

Aunque estos alimentos eran consumidos fácilmente por los salmones, su fabricación dependía de un suministro regular de sardinas frescas de

«óptima calidad» u otros peces de bajo valor. Además, las dietas mostraban generalmente poca estabilidad en el agua y bajas tasas de conversión del alimento.

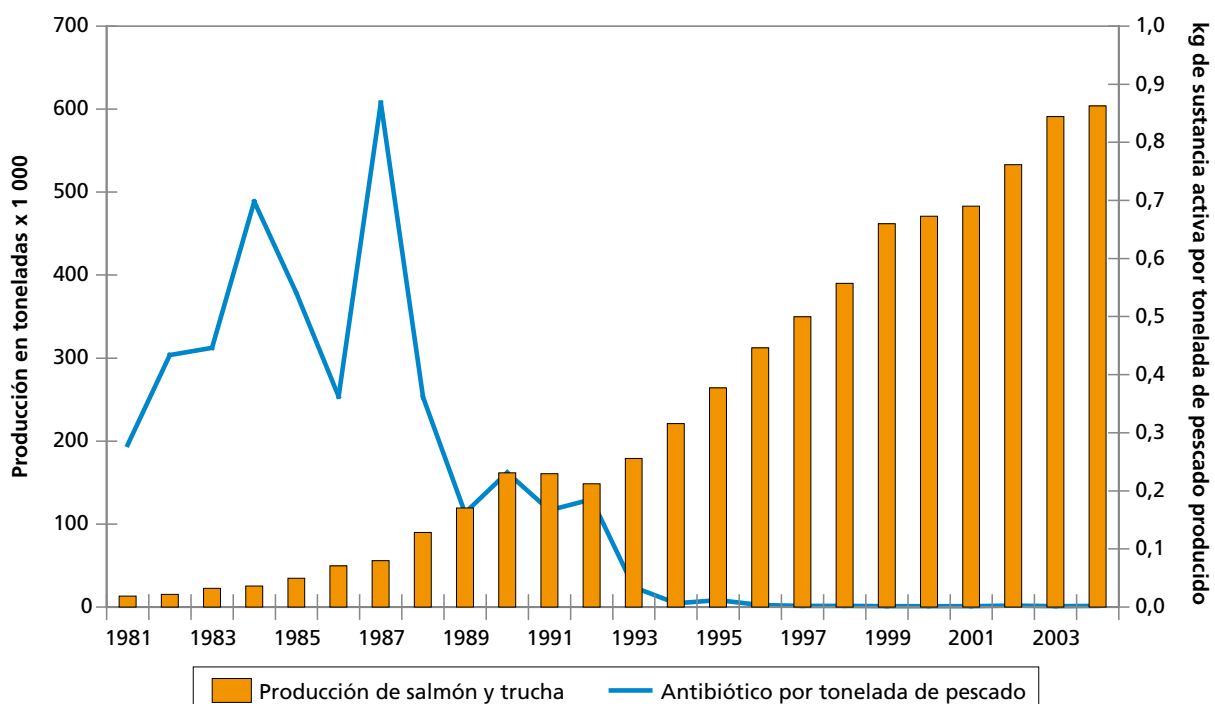
Entre mediados de la década de 1980 y principios de la década de 1990, las dietas fabricadas en las granjas fueron reemplazadas gradualmente por alimentos secos granulados al vapor de fabricación comercial y caracterizados por su alto contenido de proteínas, poca grasa (<18–20 por ciento) y eficiencia de alimentación mejorada.

Desde 1993, los alimentos convencionales granulados al vapor han sido reemplazados por los alimentos extruídos para salmón. La extrusión ha producido alimentos para salmón con mejor durabilidad (menos finos y desperdicios), mayor digestibilidad de carbohidratos y nutrientes (debido a una mayor gelatinización del almidón y/o a la destrucción de antinutrientes vegetales termolábiles) y mejores características físicas (que incluyen densidad modificada y flotabilidad/hundimiento modificable de los gránulos). Se han obtenido tasas de conversión del alimento (TCA) más bajas al incrementar los niveles de lípidos dietéticos y ello ha llevado a un incremento en los niveles dietéticos de energía y, en consecuencia, a

una mejor utilización de la proteína y la energía de los nutrientes. La extrusión se convirtió en el principal método de producción debido a sus múltiples ventajas. Generalmente se admite que la principal razón para utilizar alimentos extruídos en la industria del salmón es su capacidad para expandir el gránulo, lo cual facilita la inclusión de niveles altos de aceite en la dieta. Los gránulos extruídos contribuyen enormemente a alcanzar las actuales tasas de crecimiento, tienen un menor impacto en el fondo oceánico bajo las jaulas, son más fuertes pudiendo utilizarse en alimentadores automáticos y permiten incorporar una gama más amplia de materias primas. El resultado neto de estas mejoras constantes en la formulación y fabricación de alimentos es un mayor crecimiento de los peces, menores tasas de conversión del alimento (Figura 14) y, por lo tanto, costos de producción más bajos y menos efectos ambientales.

En la actualidad, más de dos tercios de los alimentos para salmón por peso se componen de dos ingredientes marinos: harina y aceite de pescado. En comparación con otras fuentes proteínicas de plantas y animales terrestres, la harina de pescado es única no sólo como una excelente fuente de proteína animal de alta calidad y de aminoácidos esenciales,

FIGURA 15
Kilogramos de antibióticos por tonelada producida
y producción de salmón y trucha arcoiris en los años 1981-2004



Fuente: FHL, 2005

sino también porque contiene niveles suficientes de energía digerible, de minerales y vitaminas esenciales y de lípidos, inclusive ácidos grasos poliinsaturados esenciales (<http://www.iffonet/default.asp?fname=1&sWebIdiomas=1&url=23>).

Los salmónidos dependen actualmente de la harina de pescado como fuente principal de proteína en la dieta. Una dependencia similar se da también con el aceite de pescado como fuente principal de lípidos y ácidos grasos esenciales en la dieta.

Entre 1994 y 2003, la cantidad total de harina y aceite de pescado utilizados en alimentos acuáticos compuestos se incrementó a más del triple: de 963 000 a 2 936 000 toneladas, y de 234 000 a 802 000 toneladas, respectivamente. El aumento en su utilización está acorde con el incremento de casi tres veces en la producción acuícola total de peces y crustáceos durante ese período, la cual aumentó de 10,9 a 29,8 millones de toneladas entre 1992 y 2003.

Tomando como base la Clasificación estadística internacional uniforme de los animales y plantas acuáticos (CEIUAPA) que utiliza la FAO, el consumo calculado de la acuicultura salmónica global fue:

- harina de pescado: de 201 000 a 573 000 toneladas entre 1992 y 2003;
- aceite de pescado: de 60 400 a 409 400 toneladas entre 1992 y 2003;
- harina y aceite de pescado total: de 261 400 a 982 400 toneladas.

El porcentaje de harina y aceite de pescado utilizado en los alimentos para salmón ha cambiado notablemente durante las dos últimas décadas, con los niveles de contenido de harina de pescado disminuyendo desde un nivel promedio de 60 por ciento en 1985, a 50 por ciento en 1990, a 45 por ciento en 1995, a 40 por ciento en 2000 y al nivel actual de 35 por ciento. Esta disminución ha estado acompañada por un incremento equivalente en los niveles de lípidos alimentarios, desde tan sólo un 10 por ciento en 1985, a 15 por ciento en 1990, 25 por ciento en 1995, 30 por ciento en 2000 y hasta 35–40 por ciento en 2005.

Aunque según la industria, el promedio actual de harina y aceite de pescado utilizados en los alimentos para salmón es de aproximadamente de un 35 y 25 por ciento, respectivamente, existen diferencias significativas entre los países productores principales:

- Canadá: en promedio, un 20–25 por ciento de harina de pescado y un 15–20 por ciento de aceite de pescado;

- Chile: en promedio, un 30–35 por ciento de harina de pescado y un 25–30 por ciento de aceite de pescado;
- Noruega: en promedio, un 35–40 por ciento de harina de pescado y un 27–32 por ciento de aceite de pescado; y
- Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte: en promedio, un 35–40 por ciento de harina de pescado y un 25–30 por ciento de aceite de pescado.

Dado que entre el 50 y el 75 por ciento del alimento comercial para salmón se compone actualmente de harina y aceite de pescado, cualquier incremento en el precio de estos productos básicos finitos tendrá un efecto significativo en el precio del alimento y en la rentabilidad de las granjas. En general, el alimento para salmón representa alrededor del 50 por ciento de los costos de producción acuícolas totales (Figura 17) (Tacon, 2005).

Se ha cuestionado si la salmicultura representa un uso adecuado de los recursos, ya que el alimento usado puede ser también consumido directamente por la gente. En este sentido, la utilización de harina y aceite de pescado ha recibido particular atención y es importante señalar que estos recursos también son ampliamente utilizados como alimentos para otros animales. En este contexto, la salmicultura representa un uso eficiente a los recursos, dado que los peces utilizan el alimento más eficientemente que, por ejemplo, las aves o los cerdos (Holm y Dalen, 2003).

Enfermedades

La intensificación de cualquier producción biológica como la acuicultura inevitablemente resultará en problemas, particularmente en enfermedades de origen infeccioso. Los brotes de enfermedades virulentas pueden tener serias consecuencias para la producción acuícola con serios impactos económicos a nivel local, regional e incluso nacional. Las pérdidas pueden deberse a una disminución de la producción, pero las restricciones al comercio están volviéndose cada vez mayores. Las enfermedades de los animales acuáticos cultivados pueden afectar al ambiente de diferentes maneras como, por ejemplo, al transmitir una enfermedad infecciosa a las poblaciones de peces silvestres.

El aspecto de la seguridad alimentaria de las enfermedades en los animales acuáticos es menor que en los animales terrestres debido a que pocas de las enfermedades icticas tienen un potencial zoonótico. Sin embargo, dado que las enfermedades microbianas de los peces cultivados a veces se

tratan con antibióticos, tanto los residuos como la resistencia microbiana a los antibióticos pueden ser efectos indeseables de las enfermedades de los peces. Por lo tanto, el manejo eficaz de los riesgos es crucial para reducir los costos económicos, sociales y ambientales derivados de las enfermedades graves en la acuicultura (Woo *et al.*, 2002; T. Håstein, com. pers.).

La producción de proteína animal tiene que ser sustentable, lo cual significa que deben utilizarse medidas preventivas aceptables desde un punto de vista biológico y ambiental para mantener los problemas sanitarios en la acuicultura a un nivel aceptable. Actualmente, la vacunación es la única medida más importante para prevenir enfermedades bacterianas en los peces cultivados, particularmente en los salmónidos. El mejor indicador del efecto de la vacunación como medida profiláctica es la reducción del uso de antibióticos en el cultivo de peces. Actualmente, toda la población de salmón del Atlántico y trucha arcoiris en Noruega se vacuna por lo menos contra tres de las principales enfermedades bacterianas (vibriosis, vibriosis de agua fría y furunculosis) antes de introducirla en las aguas marinas. Durante un período de 10 años,

el uso de antibióticos ha sido reducido a un mínimo absoluto, debido principalmente a la utilización de vacunas (Figura 15).

Aunque las vacunas en general han demostrado ser efectivas en la protección contra enfermedades graves de los peces, la vacunación puede verse obstaculizada por ciertos efectos adversos. La mortalidad asociada con la vacunación es, en general, baja, pero la anestesia, la manipulación y la propia inyección intraperitoneal pueden causar muertes ocasionales.

Cuando se utilizan vacunas inyectables preparadas con tipos diferentes de adyuvantes, normalmente se observan reacciones en la cavidad abdominal. Estas reacciones pueden variar desde raras a severas, y se manifiestan comúnmente como adherencias en la cavidad peritoneal o como otras reacciones locales. Con mucha frecuencia, estos efectos secundarios se relacionan con las vacunas inyectables de aceite adyuvante contra la furunculosis. La razón de ello es que la protección eficaz contra esta enfermedad sólo se logra con vacunas adyuvantes.

En el caso del salmón del Atlántico, la severidad de las lesiones se reduce si el pez tiene un tamaño de por lo menos 70 g y la temperatura del agua es

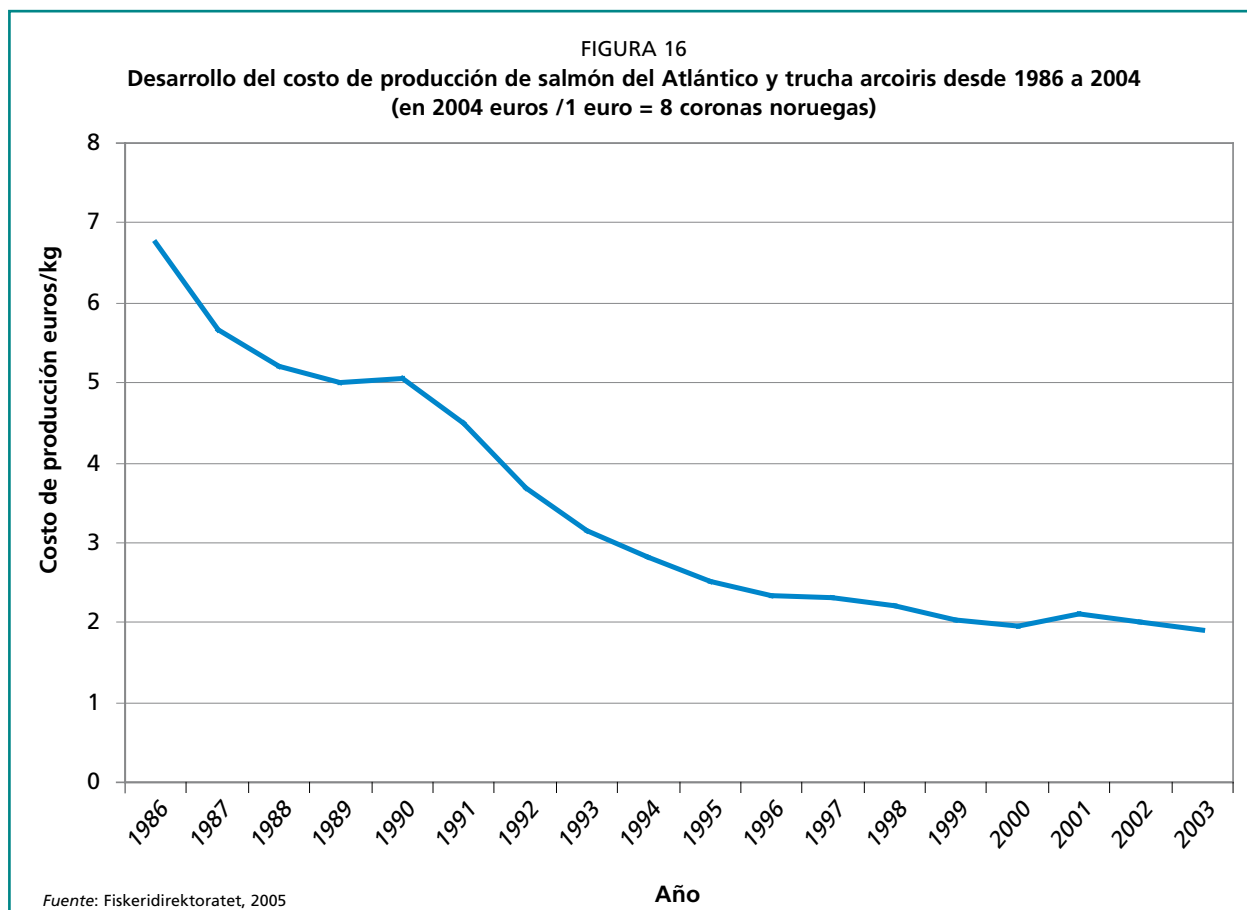
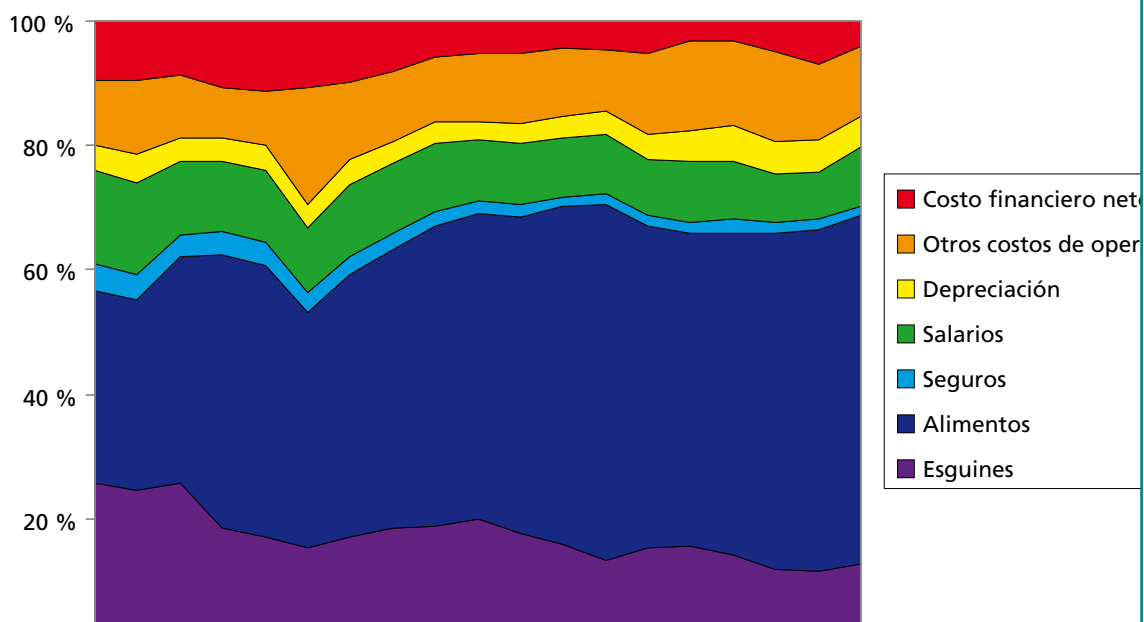
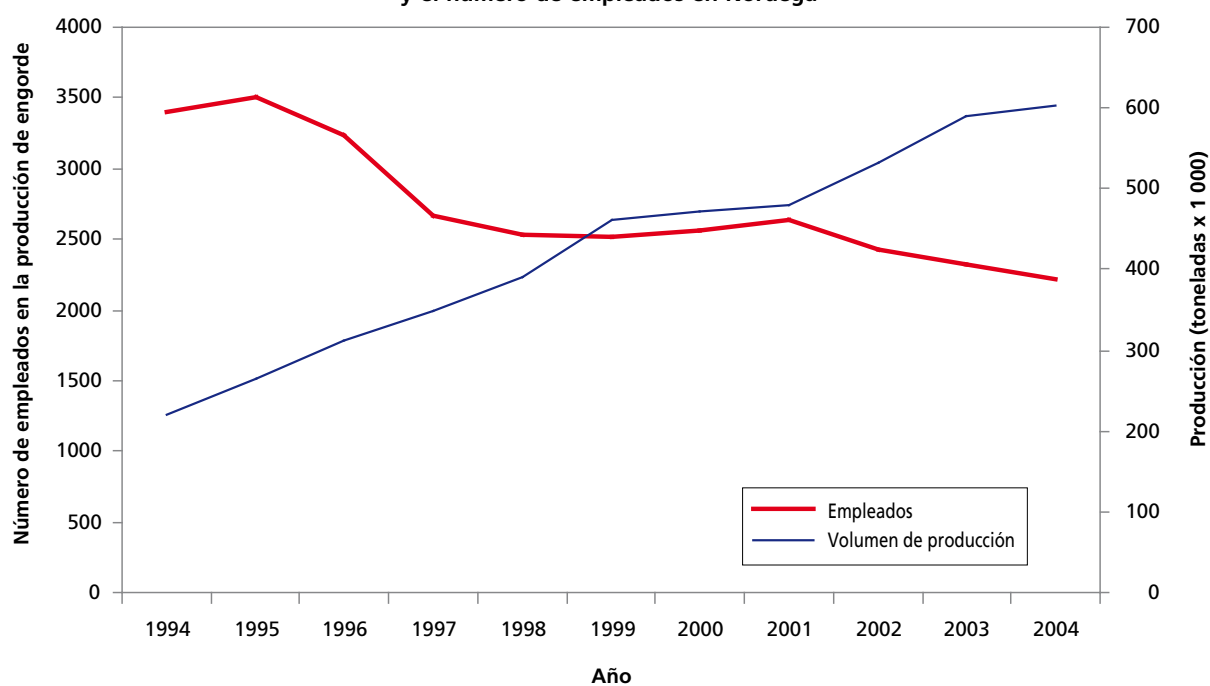


FIGURA 17
Desarrollo relativo de los costos de producción de salmón del Atlántico y trucha arcoiris en Noruega

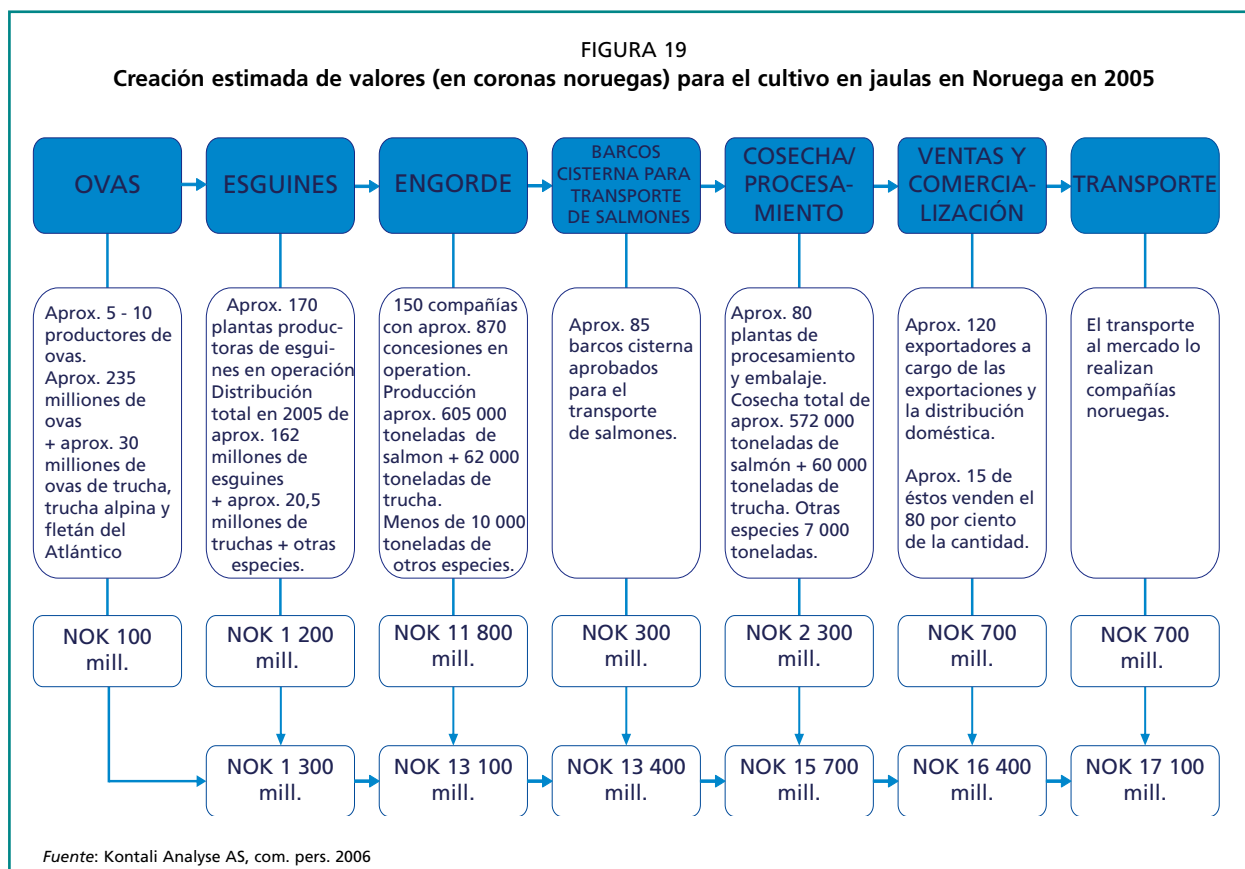


Fuente: Fiskeridirektoratet 2005

FIGURA 18
Desarrollo del volumen de producción de salmón del Atlántico y trucha arcoiris
y el número de empleados en Noruega



Fuente: Fiskeridirektoratet 2005



inferior a los 10 °C. El momento de la vacunación también influirá en el desarrollo de efectos secundarios tales como adherencias, crecimiento defectuoso y deformidades espinales (T. Håstein, com. pers.).

Con el desarrollo de las vacunas, las enfermedades bacterianas se han mantenido básicamente bajo control. Actualmente, los principales retos relacionados con la salud de los peces son las enfermedades virales y la enfermedad con el mayor impacto económico es la anemia infecciosa del salmón (ISA). Hasta 1996–1997, se informaba que esta enfermedad viral del salmón del Atlántico sólo ocurría en Noruega.

Sin embargo, subsecuentemente se descubrió que la patología denominada «síndrome hemorrágico renal» que se reportó en Canadá era idéntica a la ISA y ésta fue también reportada oficialmente en Escocia en 1998 (66ª Sesión General de la OIE). El salmón del Atlántico es la única especie afectada por la ISA, pero experimentos han demostrado que tanto la trucha arcoiris como la trucha marina (*Salmo trutta*) pudieran ser portadores asintomáticos del agente patógeno.

Durante la década de 1980 y principios de la década de 1990 hubo un notable incremento en los

brotos de ISA en Noruega, donde aproximadamente 90 granjas resultaron afectadas por esta enfermedad clínica. La tasa de mortalidad varió considerablemente de insignificante a moderada, aunque algunas granjas tuvieron pérdidas de hasta 80 por ciento (Håstein *et al.*, 1999).

Otras enfermedades virales que han repercutido significativamente en la industria de cultivo en jaulas en Europa son la necrosis pancreática infecciosa (IPN) y la septicemia hemorrágica viral (SHV). En años recientes, la enfermedad pancreática viral (PD) se ha convertido en un problema cada vez mayor que indica que la salud de los peces es una preocupación constante, sobre todo entre las nuevas especies que actualmente se están introduciendo para el cultivo en jaulas.

Asuntos socioeconómicos – costos de producción, comercialización, precios, empleo

El incremento en la producción y una mayor disponibilidad de peces han hecho que las especies cultivadas en jaulas pasen de ser un plato exclusivo, servido en los mejores restaurantes, a convertirse en un producto básico en los supermercados e hipermercados. La calidad se ha incrementado junto con la cantidad como resultado de un

mayor conocimiento sobre la producción y de mejores tecnologías. Aun así, los incrementos en el volumen de producción han reducido los precios para los consumidores de peces cultivados en jaula debido a la competencia nacional e internacional entre productores. Como resultado de esto, cada productor se ha visto forzado a reducir dramáticamente los costos de producción. Por ejemplo, el precio promedio del salmón del Atlántico y trucha arcoiris en Noruega durante el período 1986–2004 disminuyó de €7 a alrededor de €2 por kg (valor de 2004).

Existen diferencias en los costos de producción entre los diferentes países. Sin embargo, con la excepción de Noruega, no se cuenta con cifras oficiales de los costos de producción en los distintos países productores de Europa.

En 1986, el alimento representaba el 31 por ciento de los costos de producción de salmón del Atlántico/trucha arcoiris, mientras que la compra de alevines constituía el 26 por ciento y los salarios el 15 por ciento. Casi 20 años después, el alimento, los alevines y los salarios representan un 56 por ciento, 13 por ciento y 9 por ciento, respectivamente, de los costos de producción (Figura 17).

Esto puede explicarse por un aumento de la eficiencia de producción al producir mayores cantidades por granja, lo cual reduce la necesidad de mano de obra en el sector de esguines y engorde. El incremento en la productividad es el resultado de mejor logística, mejor tecnología y mejores características biológicas de los peces.

El alimento representa una proporción creciente del costo total de producción. Esto ha resultado en una atención creciente sobre la tasa de conversión de alimento, que la industria misma ha logrado reducir considerablemente (Figura 14). Gracias a ello no sólo se han reducido los costos de producción, sino que se ha minimizado el impacto ambiental sobre el medio acuático de la acuicultura marina en jaulas.

Como se observa en la Figura 17, los salarios representan una proporción decreciente de los costos totales de producción que, como se dijo anteriormente, son el resultado de una producción cada vez más eficiente donde se producen más peces con menos personas (Figura 18). En 2004, 2 210 personas produjeron alrededor de 600 000 toneladas de peces en Noruega. En otras palabras, la producción anual promedio por persona fue de alrededor de ¡270 toneladas de pescado!

Además de las personas empleadas directamente en la producción de engorde en Noruega, se estima que aproximadamente otras 20 000 participan

de modo indirecto en el sector acuícola como proveedores de la industria. En 2004, estas personas contribuyeron con un valor agregado de aproximadamente 1 500 millones de euros (Figura 19). La principal contribución se derivó de las unidades de engorde, pero la industria de matanza y procesamiento también desempeña un papel importante.

En el caso de Irlanda y Escocia, la gran mayoría del pescado se vende dentro del mercado de la Unión Europea, a la cual pertenecen. Noruega no es miembro de la UE y aproximadamente el 95 por ciento del pescado se destina al mercado extranjero.

Noruega, por ser el principal productor de salmón del Atlántico, en los últimos 20 años ha sido acusada de dumping por otros países productores de salmón. Tanto los Estados Unidos de América como la UE han afirmado y siguen afirmando que Noruega ha estado vendiendo pescado a un precio inferior al costo de producción. Se puede argumentar que los casos de dumping han tenido un impacto negativo en el desarrollo de un comercio libre de salmón en detrimento de los intereses de los consumidores. A los países involucrados les ha resultado difícil idear estrategias de largo plazo para desarrollar el mercado con miras a incrementar el consumo de pescado criado en jaulas.

Impacto ambiental – escapes, contaminación, impactos ecológicos

El desarrollo saludable de la industria piscícola no sólo requiere satisfacer las necesidades de los peces cultivados sino prestar atención al ambiente. La aceptación social sólo se conseguirá mediante una acuicultura sostenible y ambientalmente sólida.

En última instancia, la sostenibilidad también beneficia a los acuicultores dado que las aguas saludables y limpias son un prerrequisito indispensable para productos pesqueros de primera calidad. Los resultados óptimos se obtienen a partir de buenas condiciones de crecimiento para los peces y de una crianza adecuada.

A pesar de la disminución significativa del impacto ambiental causado por la industria del cultivo en jaulas en Europa, existen aún algunos desafíos por delante: escapes, eutroficación marina, piojos de mar y acceso a las zonas marítimas.

Escapes

Cada año se escapan peces de las jaulas marinas. Esto puede deberse al uso incorrecto del equipo, a fallas técnicas o a factores externos como colisiones,

daños causados por depredadores o las hélices (Beveridge, 2004; Walker *et al.*, 2006). La pérdida de peces y los daños al equipo no sólo representan pérdidas económicas para los acuicultores, sino también tienen impactos ambientales negativos.

¿De qué manera resulta perjudicial que se agreguen más salmones a los ríos? La respuesta a esta pregunta tal vez no sea obvia de inmediato. La investigación sobre este problema toma tiempo y las respuestas sólo han comenzado a surgir recientemente. Los salmones de cultivo escapados pueden afectar al salmón silvestre en varios niveles, tanto ecológicamente como en términos de la aptitud y sostenibilidad de las poblaciones silvestres. Los ejemplares que se escapan se mezclan con los peces silvestres en el mar y en los ríos. Por lo tanto, se convierten en competidores del salmón silvestre por el alimento y el espacio y pueden diseminar parásitos y enfermedades. Los salmones de cultivo escapados también pueden reproducirse con las poblaciones silvestres y así introducir nuevo material genético lo que puede reducir la aptitud de supervivencia de los individuos, reduciendo el tamaño de las poblaciones silvestres (McGinnity *et al.*, 2003). Los cambios genéticos también pueden resultar en cambios en las características ecológicas y de conducta (Holm y Dalen, 2003).

Eutroficación marina

En las áreas donde la producción acuícola es intensiva, la carga de nitrógeno y fósforo así como la acumulación de materia orgánica puede ser perjudicial para el ambiente (Naylor *et al.*, 2000; Beveridge, 2004). La producción acuícola en Europa se ubica principalmente en áreas de baja densidad demográfica y, por ende, de baja carga general de nutrientes. En estas regiones ha habido un incremento en la producción acuícola. Aún cuando la reducción de la tasa de conversión de alimento ha contribuido significativamente a reducir los impactos ambientales por unidad productora de peces, la carga total de nutrientes derivada de la industria acuícola ha aumentado. Como resultado, la Comisión Europea ha emitido una serie de directivas en un esfuerzo por reducir los impactos de la industria acuícola. La Directiva del Consejo 91/676/EEC27 tiene por objetivo reducir la contaminación del agua causada o inducida por nitratos de fuentes agrícolas, inclusive la diseminación o descarga de efluentes de animales. La Comisión estudiará si la directiva deberá ampliarse para incluir la acuicultura intensiva (Comisión de las Comunidades Europeas, 2002). La reciente entrada en vigor de la Directiva

Marco Europea del Agua probablemente también resultará en reducciones en la carga de nutrientes en las aguas costeras si los desechos de las piscifactorías son identificados como causales de alcanzar un buen estado ecológico.

Los impactos adversos causados por la eutroficación de un lugar son reversibles. Los estudios muestran que los lugares donde se agregaron grandes cantidades de material orgánico y que tenían sedimentos altamente anaeróbicos pueden recuperarse a un estado casi natural después de un periodo de rehabilitación de tres a cinco años. La duración del período de rehabilitación depende de las condiciones topográficas locales (Holm y Dalen, 2003).

Olsen *et al.* (2005) argumentan que los nutrientes deberían considerarse como recursos, más que como toxinas, para los ecosistemas marinos donde se ubica la industria acuícola. También señalan que es aceptable utilizar el mecanismo de dilución para dispersar los productos de desecho, siempre y cuando éstos estén libres de componentes tóxicos. A una velocidad de corriente de 15 cm/seg, el agua en un sitio se intercambia unas 100 veces al día. Normalmente se necesita una velocidad de intercambio de 2–3 veces para mantener los niveles de nutrientes en la columna de agua por debajo de la carga crítica. Las granjas ubicadas en sitios dinámicos normalmente tienen cargas volumétricas de nutrientes inorgánicos que se encuentran dentro de la variabilidad interanual del nivel del entorno natural.

En Noruega se ha desarrollado un sistema para el monitoreo ambiental de las granjas piscícolas con respecto a la acumulación de materia orgánica. El sistema se denomina MOM, sigla en noruego que se traduce como Modelación – Granja de engorde – Monitoreo. Este modelo incluye un programa de simulación y monitoreo. En los lugares donde el coeficiente de utilización es alto, se deben realizar estudios más frecuentes y exhaustivos. Cuando los coeficientes de utilización son más bajos, los requerimientos de estudios son menos estrictos. El nuevo sistema de modelización y monitoreo de granjas (MOM) ha dado al gobierno y a la industria mejores bases para adaptar la producción y las descargas a la capacidad de carga de cada sitio individual (Holm y Dalen, 2003).

Piojo de mar

El piojo del salmón (*Lepeophtheirus salmonis*) es un ectoparásito que utiliza a los salmónidos como huésped. A pesar que ha estado siempre presente

en los salmónidos silvestres en aguas marinas, el piojo se ha convertido poco a poco en un grave problema para las poblaciones de salmón silvestre con el crecimiento de la industria acuícola, debido a la multiplicación de huéspedes potenciales (los peces de cultivo) y al aumento general de la presión por infecciones.

Las autoridades noruegas requieren el mantenimiento de un nivel sostenible de piojos en relación con las poblaciones de salmónes y truchas marinas en los sistemas individuales de fiordos. Los tratamientos existentes para controlar el piojo del salmón pueden dividirse a grandes rasgos en métodos biológicos —esto es, el uso de lábridos limpiadores (*Crenilabrus melops*, *Ctenolabrus rupestris*, *Centrolabrus exoletus*) y tratamiento químico. Los lábridos limpiadores deben utilizarse continuamente, mientras que el tratamiento químico se utiliza cuando el número de piojos de mar alcanza un cierto nivel crítico. Por lo tanto, es indispensable vigilar regularmente los niveles de piojo de mar. En Noruega, los piscicultores están obligados a informar regularmente el número de piojos en cada sitio y esta información se divulga a través de una página en Internet creada por la propia industria (www.lusedata.no). En Escocia, la industria del salmón aplica normalmente métodos integrales para controlar el piojo. Gran parte de las áreas de cultivo de salmón en Escocia están ahora protegidas por los Acuerdos de Manejo de Áreas, bajo los cuales las granjas coordinan el ingreso de peces, los períodos de descanso de sus instalaciones y la utilización de medicamentos con el fin de minimizar los niveles de piojo. Aunque hay pocos datos numéricos, existe evidencia anecdótica de que, como resultado de lo anterior, se están recuperando las poblaciones de salmón y trucha marina en estado silvestre.

Todos los fármacos utilizados para combatir el piojo del salmón tienen en común que son tóxicos para distintos organismos, en especial los crustáceos, que constituyen el subphylum al cual pertenece el piojo del salmón. Sin embargo, los efectos tóxicos de dichas sustancias son relativamente locales en el sentido de que los individuos que se encuentran lejos de la granja piscícola no resultan expuestos a dosis tóxicas de los agentes activos. El área de efecto alrededor de la granja piscícola variará de acuerdo con la sustancia utilizada y las condiciones ambientales locales, tales como las corrientes y la química acuática.

Los salmónes escapados pueden contribuir a aumentar la exposición de las poblaciones silvestres a los piojos. Las medidas para reducir el escape de

salmón cultivado pueden entonces ayudar a reducir la presión de infecciones sobre las poblaciones de salmónidos silvestres (Holm y Dalen, 2003; Walker *et al.*, 2006).

Impregnación de redes con cobre

Las instalaciones en el mar siempre estarán sometidas a la incrustación de mariscos, algas, percebes e hidroides (Corner *et al.*, 2007). La impregnación química se utiliza para disminuir la incrustación en las redes, pero también tiene otras funciones como darles rigidez para que así mantengan su forma en el agua, impedir que la radiación ultravioleta las debilite y llenar los espacios entre sus filamentos para disminuir el área disponible a ser colonizada por organismos adherentes.

La lixiviación del cobre utilizado en las redes para acuicultura sigue siendo motivo de preocupación. Resulta difícil encontrar datos sobre la concentración de cobre en el agua cerca de las granjas piscícolas y de las instalaciones para limpiar redes; sin embargo, se han encontrado concentraciones de cobre de más de 800 miligramos por kilogramo de sedimento en los sedimentos bajo de granjas en áreas con bajo intercambio de agua (Holm y Dalen, 2003; Beveridge, 2004).

El lavado en las granjas de las redes tratadas con antiincrustantes a base de cobre está ahora prohibido en el Reino Unido y sólo lo llevan a cabo fabricantes de redes con licencia. Actualmente, existen pocas alternativas viables y que sean más amigables con el ambiente, para combatir la adherencia de organismos incrustantes.

Acceso a áreas marinas adecuadas

Incluso si cada sitio de producción de cultivo en jaulas no produce una huella ecológica considerable, existe un potencial de conflictos de interés en las áreas costeras. Actualmente, la industria acuícola está muy consciente de la importancia de elegir lugares óptimos para criar los peces. Por lo tanto, hay grandes extensiones costeras que no son de interés para la industria. Las regulaciones requieren una distancia mínima entre sitios, así como un área de seguridad alrededor de cada unidad de producción. En ciertas áreas costeras pueden surgir conflictos de interés entre las pesquerías, vías de navegación, puertos, conservación, actividades recreativas, las fuerzas armadas, etc. En Noruega, el Programa de Demostración de la Comisión sobre el manejo integrado de zonas costeras ha demostrado que la mejor respuesta a estas situaciones complejas es un enfoque territorial integral que aborde los

distintos problemas dentro de cada área y que incluya a todas las partes interesadas. El desarrollo futuro de la acuicultura deberá basarse en Planes de Ordenación y Estrategias Integrales para la Zona Costera que consideren a la acuicultura en relación con otras actividades existentes y potenciales futuras y que tomen en cuenta su impacto conjunto sobre el ambiente (Comisión de las Comunidades Europeas, 2002)

Políticas y marcos legales

La acuicultura es una industria muy diversa que involucra a un amplio espectro de especies, sistemas y prácticas. Puede crear nuevos nichos económicos que deriven en un aumento del empleo, un uso más efectivo de los recursos locales y oportunidades para las inversiones productivas. La contribución de la acuicultura al comercio, tanto local como internacional, también se está incrementando (Comisión de las Comunidades Europeas, 2002). La mayoría de los países involucrados en la acuicultura han formulado estrategias para promover el desarrollo del sector acuícola, como por ejemplo «El Código de Buenas Prácticas para la Acuicultura Escocesa de Peces» (Scottish Finfish Aquaculture Working Group, 2006).

En Europa, el Parlamento Europeo es la entidad supranacional más importante encargada de la toma de decisiones. La Comisión reconoció la importancia de la acuicultura del mismo modo que la reforma de la Política Pesquera Común y la necesidad de formular una estrategia para el desarrollo sostenible de este sector (Comisión de las Comunidades Europeas 2002).

La industria acuícola en Europa está organizada en una federación común, la Federación Europea de Productores de Acuicultura (FEAP), establecida en 1968. La FEAP se conforma actualmente de 31 asociaciones de productores acuícolas nacionales de 22 países europeos. Su función principal es proporcionar un foro para que las asociaciones miembros promuevan el establecimiento de políticas comunes respecto a cuestiones relacionadas con la producción y comercialización de especies acuícolas en Europa. Las decisiones o resoluciones se comunican a las autoridades apropiadas a nivel nacional o europeo. La FEAP también ha desarrollado un Código de Conducta. El Código no es obligatorio pero aborda aquellas áreas que la Federación considera son de interés primordial. Adicionalmente, la función del Código es motivar y contribuir al desarrollo de los principios de mejores prácticas (FEAP, 2000).

Asimismo, hay varias organizaciones no gubernamentales (ONG) que abordan el impacto ambiental de la acuicultura con relación a la contaminación, la inocuidad alimentaria y la influencia sobre las poblaciones de peces silvestres. El tamaño de las ONG, su grado de seriedad y actividades varían en los diferentes países.

EL CAMINO A SEGUIR

En una sección anterior de este documento se describió el crecimiento exponencial del cultivo en jaulas en Europa desde que se introdujeron las jaulas modernas a mediados de la década de 1970. Durante su corta historia, la industria ha experimentado una serie de obstáculos relacionados, por ejemplo, con la salud, la economía y los conflictos comerciales. A pesar de los múltiples problemas, el volumen de producción se ha incrementado. El desarrollo de conocimientos biológicos y tecnología ha resultado en la capacidad de entregar productos de calidad uniforme a un precio bajo durante todo el año. Pero incluso si la industria del cultivo en jaulas ha madurado, quedan aún grandes retos por enfrentar.

El crecimiento del sector conducirá a una mayor competencia por recursos tales como el alimento y el espacio. Asimismo, los consumidores han presenciado recientemente varios escándalos alimentarios en Europa. Esto, combinado con un nivel de vida más alto, ha resultado en una creciente concientización sobre los asuntos de salubridad de los alimentos. Los consumidores también se han interesado más en las cuestiones éticas relacionadas con la producción de alimentos. En consecuencia, la calidad del alimento, los métodos de producción y la documentación relacionada son cada vez más importantes.

La lucha por los recursos

Un estudio noruego concluyó que los cuatro contribuyentes más importantes para el desarrollo del sector marino son mano de obra competente, disponibilidad de capital a largo plazo, área (espacio) e infraestructura. Por tratarse de una actividad industrial descentralizada, la maricultura en jaulas compite con otros sectores por mano de obra, capital y desarrollo de infraestructura. Es importante que la industria contribuya al desarrollo de las comunidades rurales pequeñas y las vuelva atractivas como lugar de residencia. Una industria económicamente sostenible atrae capital de riesgo para un desarrollo aún mayor. Sin embargo, en los períodos de depresión económica, esto ha sido

también un problema para el desarrollo de una industria basada en nuevas especies.

Europa tiene las mejores intenciones de atender a las comunidades remotas pequeñas. Sin embargo, el principal desafío ha sido encontrar industrias que interesadas en ubicarse en áreas descentralizadas. La industria acuícola es una de estas actividades y puede argumentarse que debería haber una aceptación política para utilizar recursos económicos con miras a establecer la infraestructura necesaria.

El aumento de la ocupación de las áreas costeras ha sido más difícil de aceptar políticamente. La importancia creciente de sitios con buen desempeño excluye extensas áreas. En áreas con condiciones aceptables con frecuencia existen conflictos con otros intereses de índole ambiental, económico, recreativo o militar. Es posible lograr un mayor crecimiento de la acuicultura en jaulas si se incrementa la producción por sitio, ya sea creando más sitios disponibles o trasladando la producción al mar abierto.

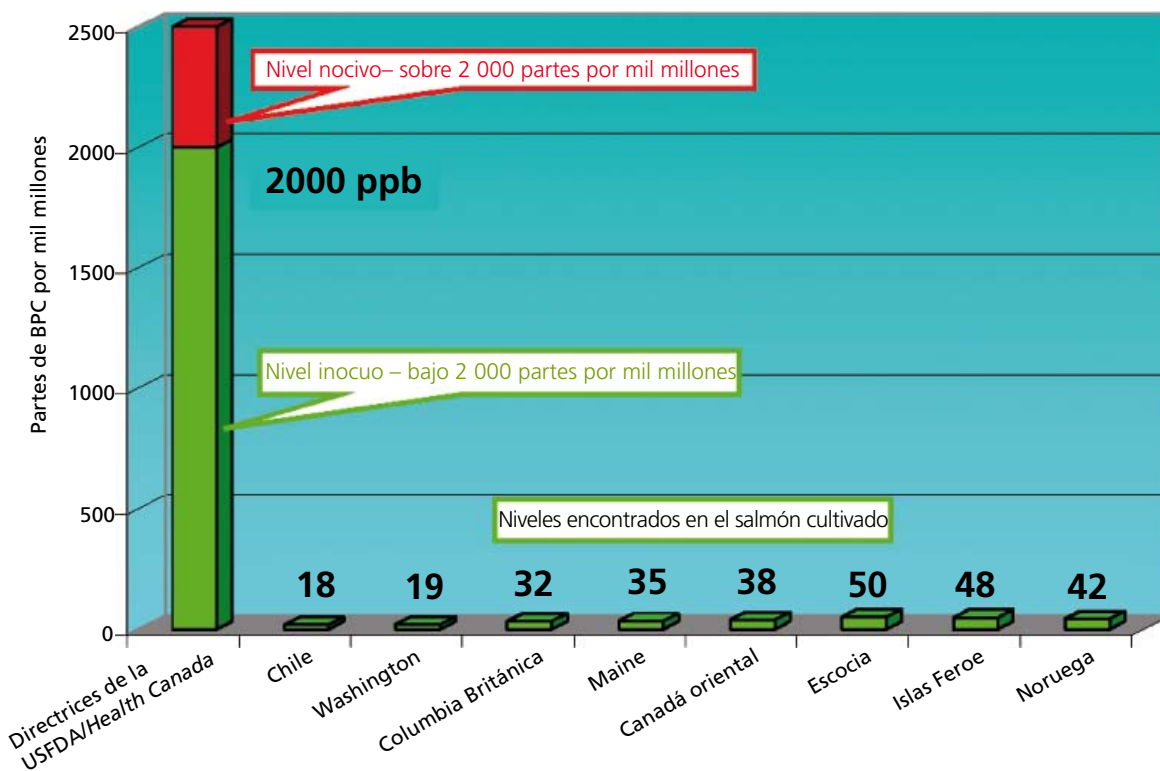
La Comisión Europea concluyó que las jaulas para peces deberían ubicarse más lejos de la

costa y que, para ello, se necesita promover más investigación y desarrollo de tecnología de jaulas para mar abierto. Las experiencias obtenidas fuera del sector acuícola, por ejemplo en la construcción de plataformas petroleras, pueden ser aprovechadas por el sector de equipos para la acuicultura y ahorrar así en los costos de desarrollo de nuevas tecnologías (Comisión de las Comunidades Europeas, 2002). Sin embargo, es importante tener presente que trasladar la producción a mar abierto incrementará significativamente la necesidad de inversión. Una mayor inversión debe compensarse con un incremento en la eficiencia para no incurrir en costos de producción más altos. La producción de cultivo en jaulas en mar abierto también puede aumentar el riesgo de escapes, la necesidad de contar con una infraestructura más compleja y puede dejar de ser un contribuyente significativo para el desarrollo rural.

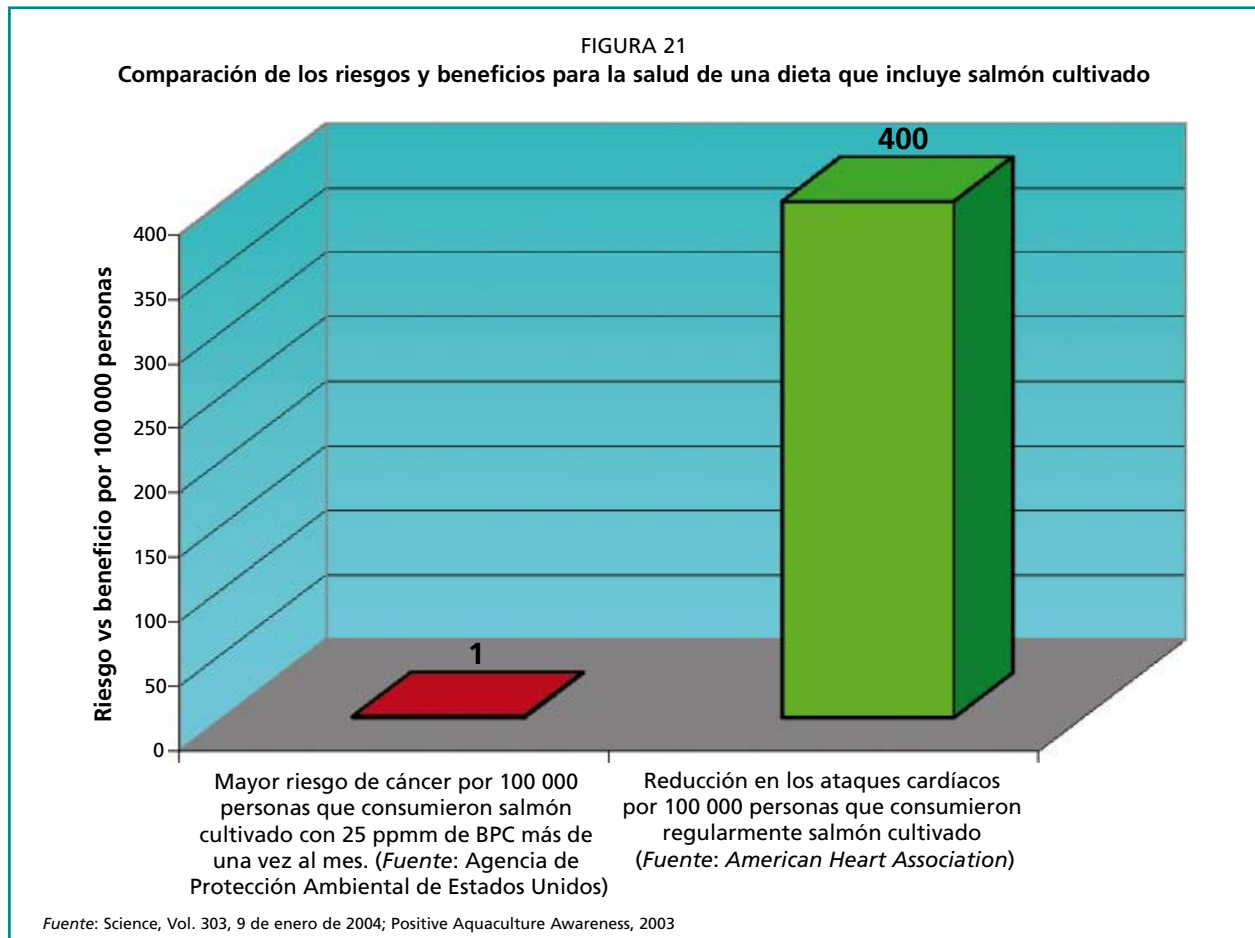
Recursos alimentarios

La harina y el aceite de pescado son constituyentes esenciales del alimento para peces. En la última

FIGURA 20
Comparación de las directrices de la Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (USFDA) y la Health Canada para BPC en los alimentos, comparadas con los niveles encontrados en el salmón cultivado



Fuente: Science, Vol. 303, 9 de enero de 2004; Positive Aquaculture Awareness, 2003



década, la cantidad de harina de pescado utilizada en la producción de alimento para la acuicultura ha aumentado considerablemente, pero la producción mundial anual de harina de pescado ha permanecido estática (Comisión de las Comunidades Europeas 2002).

En los últimos 20 años, la producción de harina y aceite de pescado ha oscilado entre 6,2 y 7,4 millones de toneladas y 1,0 y 1,7 millones de toneladas, respectivamente, excepto durante los años más severos de El Niño. Este panorama de estabilidad general en el suministro de peces pelágicos como alimento contrasta con el uso cambiante derivado de las fuerzas del mercado. La harina de pescado se utiliza tanto para animales acuáticos y como terrestres, pero con el aumentado la demanda acuícola se tuvo que desviar el suministro a los animales terrestres, limitándose su uso a dietas de iniciación y cría para aves de corral y cerdos. El aceite de pescado, que antes se utilizaba en gran parte para endurecer margarinas y productos de panadería, ahora se utiliza principalmente en la acuicultura. Pequeñas cantidades de aceite de pescado ahora también se destinan a nutracéuticos

humanos y prácticamente se ha dejado de utilizar como endurecedor (Shepherd *et al.*, 2005).

Dado que la harina y el aceite de pescado son recursos limitados, es extremadamente importante continuar con los esfuerzos de investigación para encontrar fuentes de proteína sustitutas en la formulación de alimentos para peces (Comisión de las Comunidades Europeas, 2002).

Una posible fuente de grandes cantidades de materia prima de peces la representan los peces capturados pero que por distintas razones se arrojan de vuelta al mar. Las pesquerías de la actualidad se basan principalmente en la pesca selectiva en que sólo se capturan ciertas especies. Además de las especies deseadas, se atrapan grandes cantidades de peces como captura incidental. Parte de la captura incidental se desembarca y registra, mientras que el resto normalmente se arroja al mar. El descarte global de peces se ha estimado en 27 millones de toneladas. En consecuencia, millones de toneladas de proteína se arrojan anualmente al océano. En Noruega, las autoridades han adoptado una política de cero descarte señalando que es ilegal que los pescadores comerciales arrojen cualquier parte de

la captura al mar. Esto constituye un incentivo para pescar más selectivamente, evitando pescar durante ciertos períodos y áreas donde es esperable una posible elevada captura incidental. La prohibición es también una fuerza impulsora para el desarrollo de equipos que reducen las capturas incidentales. Los estados miembros de la UE cuentan con una ley que es casi el opuesto exacto de la política noruega. Los estados miembros de la UE han introducido una prohibición al desembarque de pescado allí donde se ha alcanzado una «captura total permisible». En muchos casos, esto ocasiona que las embarcaciones pesqueras se vean obligadas a arrojar el pescado al mar (Holm y Dalen, 2003).

Otra solución posible al desafío de la baja disponibilidad de recursos marinos es la producción de alimentos a partir de materias primas provenientes de niveles tróficos inferiores. La investigación actual explora el desarrollo de tecnología para cosechar zooplancton como el *Calanus finmarchicus* y el krill (Crustacea: Malacostraca). Estos animales son una fuente importante de grasas marinas, se encuentran en enormes cantidades en el Atlántico Norte y son una fuente de alimento importante para las poblaciones de peces, aves marinas y cetáceos polares. Sin embargo, estas pesquerías deberían manejarse con sumo cuidado para evitar cambios inaceptables en la estructura y función del ecosistema.

La proteína sintetizada comercialmente ha estado disponible para utilizarse en los alimentos para peces. Por ejemplo, Pronin® es una fuente de proteína unicelular de alta calidad. Se obtiene de la fermentación utilizando gas natural como fuente de energía y de carbono. Por su alto contenido de proteínas (alrededor de 70 por ciento), combinado con sus propiedades nutricionales y funcionales, Pronin® es muy adecuado como ingrediente proteínico en alimentos para peces y animales. Su uso como fuente de proteínas para el salmón cultivado en el mar y en agua dulce se ha probado y documentado ampliamente. Según el productor, hasta el 33 por ciento de la proteína podría incorporarse al alimento para salmón en agua de mar (<http://www.norferm.no>).

También se ha sugerido como recurso alternativo de alimentos las materias primas basadas en plantas. Su uso como alimento en la acuicultura se ha incrementado y se está volviendo común un contenido del 30 por ciento a base de plantas. Con la combinación adecuada de aceite vegetal y marino, es posible alcanzar el mismo contenido de ácidos grasos omega-3 saludables que si se utilizara un

100 por ciento de aceite marino. En consecuencia, los principales fabricantes de alimentos para peces están reemplazando con aceites vegetales una proporción cada vez mayor del aceite de pescado (Holm y Dalen, 2003).

Las tendencias respecto a la utilización de sustitutos del aceite y la harina de pescado en las dietas actuales varían entre los diferentes países dependiendo de la disponibilidad del ingrediente alimentario, de los costos de procesamiento y de transporte/importación, y del mercado donde se tiene la intención de vender el salmón. En Noruega, hasta un 55 por ciento de la proteína y 50 por ciento los lípidos dietéticos son de origen no marino. Los ingredientes más importantes son el concentrado de proteína de soja, la harina de soja, la harina de gluten de maíz, el gluten de trigo, el aceite de colza, y los aminoácidos cristalinos lisina y metionina. En el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, se reemplaza hasta un 45 por ciento de las proteínas dietéticas, pero debido a las demandas del mercado, sólo se reemplaza una cantidad limitada (hasta 10 por ciento) del aceite de pescado. Las fuentes de proteína utilizadas son el gluten de maíz, los productos de soja (principalmente extractos), gluten de trigo, aceite de colza y aminoácidos cristalinos (Tacon, 2005).

Demanda del consumidor

En enero de 2004, un artículo publicado en la revista *Science* informó que los niveles de bifenilos policlorados (BPC) en el salmón cultivado eran seis veces más altos que los del salmón silvestre (Hites *et al.*, 2004).

Aunque los niveles de BPC registrados se encontraban dentro de las normas alimentarias internacionales, el estudio fue ampliamente difundido en los medios (Chatterton, 2004).

Los consumidores reaccionaron a la noticia rehusándose a comprar y comer salmón. Las historias negativas en los medios no mencionaron que el estudio de *Science* fue financiado por Pew Charitable Trusts, una organización que con frecuencia levanta polémicas contra la acuicultura (Chatterton, 2004).

Esa historia pone de relieve dos aspectos muy importantes relacionados con el mercado. En primer lugar, a los consumidores sí les importa la calidad, la inocuidad y los métodos de producción del alimento. En segundo lugar, hay grupos de interés que vigilan de cerca la industria acuícola y cuestionan la sustentabilidad del cultivo de peces. Ello significa que la industria tiene que enfocarse

continuamente en la inocuidad alimentaria y los métodos de producción, y ser capaz de documentar una producción sustentable de alimento saludable.

Inocuidad alimentaria

El principal objetivo de los piscicultores europeos es producir productos nutritivos de la más alta calidad. La acuicultura es un proceso controlado que permite al piscicultor cultivar y cosechar peces de buena calidad con las siguientes características:

- Peces saludables que hayan sido criados en las mejores condiciones posibles
- Una fuente de proteína de alta calidad dietética
- Una fuente alimentaria nutritiva
- Disponible continuamente durante todo el año
- Un producto que sea consistentemente fresco
- De buen gusto y sabor

El Código de Conducta de la FEAP insta a los piscicultores a contribuir activamente al desarrollo equilibrado y sustentable de la acuicultura y a hacer sus mejores esfuerzos por garantizar el desarrollo transparente de la actividad para el beneficio del consumidor (FEAP, 2000).

La industria de cultivo de salmón es objeto de una serie de alegatos relacionados con la sostenibilidad ambiental y la salud y nutrición humanas. Una de las acusaciones más graves es que el salmón cultivado contiene niveles peligrosos de bifenilos policlorados (BPC), un compuesto industrial que está muy extendido en el ambiente (véase también lo enunciado más arriba).

Se pueden encontrar cantidades traza de BPC en el salmón cultivado por la misma razón que las hay en el salmón silvestre, el ganado vacuno, el pollo y muchos otros alimentos: se acumulan en pequeñas cantidades en la cadena alimentaria. Los salmones cultivados normalmente son alimentados con harina de pescado obtenida de pesquerías sostenibles de anchoa y caballa. Las anchoas y caballas pueden ingerir cantidades traza de BPC en su ambiente natural y éstas llegan hasta el salmón cultivado por medio del alimento. Sin embargo, el nivel es muy inferior al que se considera como un riesgo para la salud (Figura 20) (Positive Aquaculture Awareness, 2003).

Los consumidores conscientes pueden ser muy exigentes con los productores de alimento. Si los productores de cultivo en jaulas son capaces de producir productos de primera calidad y saludables, el enfoque en la calidad del alimento puede volverse muy positivo para la industria. Los ciudadanos europeos se enfrentan a un problema creciente relacionado con la malnutrición y el sobrepeso.

Son muchos los efectos positivos de comer pescado para la salud, pero entre los más importantes está su contribución a la prevención de las enfermedades cardíacas (Figura 21).

La industria se está enfrentando a un gran reto al intentar refutar con éxito los alegatos relacionados con la inocuidad de comer pescado. Esto sólo puede hacerse proporcionando documentos científicos bien fundados sobre los efectos positivos para la salud de consumir pescado y presentando los hechos a los consumidores.

Trazabilidad

La trazabilidad probablemente será de gran importancia para la inocuidad alimentaria en el futuro. La organización TraceFish postula que dado que los consumidores requieren cada vez más información, ya no resulta práctico transmitir físicamente todos los datos relevantes con el producto. Un enfoque más sensato consiste en marcar cada paquete con un identificador único y luego transmitir o extraer toda la información relevante por medios electrónicos (véase <http://www.tracefish.org>).

Bienestar animal

Ha habido una preocupación creciente sobre el bienestar de los peces en general, pero particularmente en la acuicultura en el último tiempo como resultado de estudios que sugieren que los peces, como vertebrados superiores, sienten dolor y sufren (Comisión de las Comunidades Europeas, 2004).

Con el fin de mejorar el bienestar de los peces cultivados, es necesario definir protocolos y normas sobre el cultivo de peces, por ejemplo en relación con la densidad de los peces y la manipulación antes de la matanza.

Una serie de métodos de evaluación rápidos, económicos y no invasivos podría utilizarse como indicadores de bienestar. Sin embargo, el bienestar se basa en cada individuo, mientras que los tipos de indicadores que se están desarrollando pueden proporcionar únicamente indicadores de las condiciones promedio en, por ejemplo, en las jaulas marinas.

Noruega y el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte han establecido grupos de investigación dedicados a los problemas de bienestar de los peces y han brindado soluciones al integrar la información de distintas disciplinas científicas, tales como el comportamiento, la fisiología y la salud de los peces (Damsgård, 2005).

Aspectos socioeconómicos y mercadeo

La acuicultura en jaulas marinas está muy extendida en toda Europa y con frecuencia también en áreas rurales y periféricas donde hay una deficiencia crónica de oportunidades de empleo alternativas. La cuestión fundamental para el desarrollo del sector es el mantenimiento de la competitividad, la productividad y la durabilidad del sector acuícola (Comisión de las Comunidades Europeas, 2002).

En general, se espera que la demanda total de cualquier producto básico aumente a la par de la población, dado que el crecimiento demográfico determina el tamaño general del mercado. Se cree que habrá una disminución de la demanda por productos acuáticos de precios elevados, aunque dicha demanda pueda cambiar a productos pesqueros de menor precio. La demanda futura de pescado estará determinada básicamente por el número de consumidores, sus hábitos alimentarios e ingresos disponibles, así como por el precio de los productos pesqueros. Muchos de los cambios que ocurrirán en el nivel y estructura del consumo de pescados reflejarán variables demográficas y actitudes más complejas. El envejecimiento de las poblaciones, el cambio en el papel de los sexos, la reducción en el tamaño de la familia, las preocupaciones dietéticas, las cuestiones relacionadas con la inocuidad alimentaria y las cuestiones éticas son factores influyentes que existen en toda Europa (FAO, 2001).

La competencia entre productores de distintas fuentes proteínicas es continua. Para fortalecer su posición, la industria acuícola tiene que fortalecer el mercadeo de sus productos. Como parte del llamado Acuerdo del Salmón, Noruega financió una campaña de mercadeo genérica para el salmón en Europa. En el futuro, este tipo de campañas pueden utilizarse también para estimular el consumo de pescado cultivado y así incrementar la participación de los productos marinos cultivados en el mercado.

Los productores europeos seguirán compitiendo con los peces criados fuera de Europa. Especies como la tilapia (*Oreochromis* spp.) se producen a un precio muy bajo y no pueden cultivarse fácilmente en jaulas en Europa. La competencia creciente no debería enfrentarse con prácticas de comercio internacional restrictivas, sino enfocándose en la calidad y en una mayor productividad sin que, por supuesto, ello entre en conflicto con las obligaciones relacionadas con una producción sostenible.

La productividad de la industria se ha incrementado significativamente (Figura 16), debido sobre todo a una mejoría en la salud de

los peces y a un aumento en los volúmenes de producción. Como se observa en la Figura 17, los alimentos siguen siendo un costo de producción importante y existe gran interés en reducir la tasa de conversión económica de alimento (ECR) (kilogramo de alimento utilizado por kilogramo de peces sacrificados). La industria ha logrado reducir la tasa de conversión biológica del alimento (BFR) (kilogramo de alimento utilizado por kilogramo de peces producidos). Una mayor reducción de la ECR requiere tasas de mortalidad más bajas. En el caso de la industria del salmón, la mortalidad promedio en las jaulas marinas en Noruega es de alrededor del 20 por ciento. Resulta esencial mejorar el manejo de la salud de los peces para reducir aún más las tasas de mortalidad.

El manejo sanitario eficiente requiere de medidas para reducir la necesidad de tratamientos terapéuticos evitando brotes de enfermedades. Esto puede lograrse con vacunas, donde existan. Las medidas de bioseguridad rigurosas son importantes para evitar el ingreso de patógenos y pueden lograrse aislando a las granjas y estableciendo sistemas de control para el ingreso de personas, incluyendo veterinarios, clientes y prestadores de servicios.

El reposo o descanso de las instalaciones se utiliza para ayudar a desinfectar los sitios entre la cosecha y el repoblamiento. El buen manejo sanitario debería incluir también una gestión diaria orientada a reducir el estrés (manipulación, densidad, regímenes alimenticios, etc.). El estrés es un factor muy importante, porque si se combina con el patógeno apropiado puede originar el brote de una enfermedad.

La productividad por empleado se ha incrementado significativamente (Figura 18) y ha reducido la parte equitativa de los salarios en la producción total. No obstante, debido a los salarios altos en Europa, resulta de vital importancia incrementar aún más la productividad por empleado para poder competir con los países productores fuera de Europa. Esto puede lograrse, por ejemplo, incrementando la producción total y la producción tanto por sitio como por unidad de producción.

Gracias a las nuevas tecnologías se ha podido incrementar el tamaño de cada jaula (Beveridge, 2004). La Figura 22 muestra una jaula tradicional que se utilizaba hace pocos años, con una circunferencia de 40 metros y una profundidad de 4 metros dando un volumen total de 510 m³. En la actualidad, algunos sitios utilizan jaulas con una circunferencia de 157 metros y una profundidad de 30 metros,

FIGURA 22

Ejemplo del desarrollo del uso de unidades más grandes. El aumento de una circunferencia de 40 m y una profundidad de 4 m a una circunferencia de 157 m y una profundidad de 30 m resultando en volúmenes de 510 m³ y 59 000 m³, respectivamente



CORTESÍA DE AQUALINE 2006

dando un volumen total de 59 000 m³. Estas jaulas pueden encerrar biomásas de 1 100 toneladas. Las ventajas de utilizar unidades más grandes son, entre otras, que hay menos unidades para manejar y que se pueden invertir más recursos en monitorear los peces y las variables ambientales. También se han reportado efectos positivos en el crecimiento. Sin embargo, existen consideraciones con respecto al manejo rutinario de los peces (clasificación, cosecha, tratamiento de enfermedades) y los escapes.

Cada vez se presta más atención al efecto del ambiente sobre el crecimiento de los peces y, en particular, a los niveles de oxígeno disuelto dentro de las jaulas. Se han desarrollado equipos que pueden agregar oxígeno a las jaulas marinas (Beveridge, 2004).

Sin embargo, más importante aún es la calidad del sitio. Un buen sitio tiene las corrientes necesarias para mantener el oxígeno disuelto en niveles aceptables y proporcionar la dilución necesaria de materia orgánica para prevenir la acumulación debajo de las unidades de producción. La topografía del fondo marino y la profundidad bajo las jaulas también son de gran importancia para optimizar la producción. Muchos de los sitios mejores y más

adecuados para la producción acuícola en Europa ya tienen proyectos acuícolas, lo cual significa que hay mucha competencia por las restantes áreas adecuadas. Esto puede resultar en un deseo de trasladarse a sitios más expuestos en mar abierto. Ello plantea grandes desafíos técnicos y logísticos, que si se resuelven, generarán un gran potencial para aumentar la producción. Se ha indicado que Irlanda, por ejemplo, podría incrementar 10 veces su producción a 150 000 toneladas y generar más de 4 500 empleos adicionales (Ryan, 2004).

CONCLUSIONES

La mayoría de los sistemas de producción de alimentos tienen un impacto ambiental negativo. Treinta años después que los pioneros europeos de la producción de cultivo en jaulas dieran sus primeros pasos, la industria ha madurado. La producción de salmónidos cultivados en jaulas se está convirtiendo en una manera de producir alimento de alta calidad que es ambientalmente sustentable. Sin embargo, a medida que el consumidor se vuelve más consciente de cuestiones como la sostenibilidad y la inocuidad alimentaria, la industria debe seguir mejorando los métodos de producción. La demanda creciente de productos pesqueros también desafía a la industria a elevar la producción sin aumentar la necesidad de materias primas marinas. Asimismo, la industria tiene que competir contra otros intereses en la utilización de áreas marinas costeras.

Existe gran interés en que esta industria se desarrolle aún más y proporcione actividades esenciales rentables con el fin de sustentar a las comunidades que viven en las márgenes de Europa. Sin embargo, el desarrollo no debe darse a expensas de la calidad del producto ni del medio ambiente. Asimismo, debe ser lo suficientemente eficaz como para competir contra otros productores de alimentos, dentro y fuera de Europa.

AGRADECIMIENTOS

Knut Hjelt, Alexandra Neyts (Noruega) y Trevor Telfer (Escocia) contribuyeron significativamente con este documento con sus trabajos, sugerencias y mejoras del manuscrito.

REFERENCIAS

- Beveridge, M.C.M. 2004. *Cage Aquaculture*, third Edition. Oxford, UK, Blackwell Publishing Ltd.
- Beveridge, M.C.M. & Little, D.C. 2002. The history of aquaculture in traditional societies. In B.A. Costa-Pierce, (ed.) *Ecological aquaculture. The evolution of the Blue Revolution*, pp. 3–29. Oxford, UK, Blackwell Publishing Ltd.
- Chatterton, J. 2004. Framing the fish farms. The impact of activist on media and public opinion about the about the aquaculture industry. In B.L. Crowley & G. Johnsen, (eds). *How to farm the sea*. 21 pp.
- Commission of the European Communities. 2002. *Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. A strategy for the sustainable development of European aquaculture*. Brussels. 26 pp.
- Commission of the European Communities. 2004. *Farmed fish and welfare*. Brussels. 40 pp.
- Corner, R.A., Ham, D., Bron, J.E. & Telfer, T.C. 2007. Qualitative assessment of initial biofouling on fish nets used in marine cage aquaculture. *Aquaculture Research*, 38: 660–663
- Damsgård, B. 2005. Ethical quality and welfare in farmed fish. In B. Howell & R. Flos, (eds). *Lessons from the past to optimise the future*, pp. 28–32. Oostende, Belgium, European Aquaculture Society, Special Publication No. 35.
- FAO. 2001. *Aquaculture development trends in Europe*. Rome, FAO. 27 pp.
- FAO. 2006. *Aquaculture statistics 2004*. Rome, FAO.
- FEAP. 2000. *Code of Conduct*. 8 pp.
- FEAP. 2002. *Aquamedia - a focus for accuracy* (also available at www.aquamedia.org)
- FHL. 2005. *Tall og Fakta 2005*. Statistikkbilag til FHLs årsrapport. Trondheim, Fiskeri- og havbruksnæringens landsforening. 22 pp.
- FRS. 2005. *Scottish Fish Farms. Annual Production Survey, 2005*. 53 pp.
- Fishbase. 2005, <http://www.fishbase.org>
- Fiskeridirektoratet. 2005. *Lønnsomhetsundersøkelse for matfiskproduksjon Laks og Ørret*. Bergen, Fiskeridirektoratet. 69 pp.
- Hites, R.A., Foran, J.A., Carpenter, D.O., Hamilton, M.C., Knuth, B.A. & Schwager, S.J. 2004. Global Assessment of Organic Contaminants in Farmed Salmon. *Science* 303: 226–229.
- Holm, M. & Dalen, M. 2003. *The environmental status of Norwegian aquaculture*. Bellona Report No. 7, Oslo, PDC Tangen. 89 pp.
- Håstein, T., Hill, B.J. & Winton, J. 1999. Successful aquatic animal disease emergencies program. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*, 18: 214–227.
- McGinnity, P., Prodohl, P., Ferguson, K., Hynes, R., O'Maoileidigh, N., Baker, N., Cotter, D., O'Hea, B., Cooke, D., Rogan, G., Taggart, J. & Cross, T. 2003. *Fitness reduction and potential extinction of wild populations of Atlantic salmon, Salmo salar, as a result of interactions with escaped farm salmon*. Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences, 270: 2443–2450.
- Naylor, R.L., Goldburg, R.J., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H. & Troell, M. 2000. Effect of aquaculture on the world fish supplies. *Nature* 405: 1017–1023.
- Olsen, Y., Slagstad, D. & Vadstein, O. 2005. Assimilative carrying capacity: contribution and impacts on the pelagics system. In B. Howell & R. Flos, (eds). *Lessons from the past to optimise the future*, pp. 50–52. Oostende, Belgium, European Aquaculture Society, Special Publication No. 35.
- Osland, E. 1990. *Bruke havet... Pionertid i norsk fiskeoppdrett*. Oslo, Det Norske Samlaget. 190 pp.
- Positive Aquaculture Awareness, 2003. *Farmed salmon, PCBs, Activists, and the Media*. 17 pp.
- Ryan, J. 2004. *Farming the deep blue*. Westport, Ireland, 82 pp.
- Scottish Finfish Aquaculture Working Group. 2006. *The Code of Good Practice for Scottish Finfish Aquaculture*. 114 pp.
- Shepherd, C.J., Pike, I.H. & Barlow, S.M. 2005. Sustainable feed resources of marine origin. In B. Howell & R. Flos, (eds). *Lessons from the past to optimise the future*, pp. 59–66. Oostende, Belgium European Aquaculture Society, Special Publication No. 35.
- Souto, B.F. & Villanueva, X.L.R. 2003. *European Fish Farming Guide*. Xunta De Galicia, Spain. 86 pp.
- Tacon, A.G.J. 2005. *State of information on salmon aquaculture feed and the environment*. WWF. 80 pp.
- Walker, A.M., Beveridge, M.C.M., Crozier, W., O'Maoileidigh, N. & Milner, N. 2006. The development and results of programmes to monitor the incidence of farm-origin Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in rivers and fisheries of the British Isles. *ICES Journal of Marine Science* (in press).
- Woo, P.T.K., Bruno, D.W. & Lim, L.H.S. (eds). 2002. *Diseases and disorders of finfish in cage culture*. Wallingford, Oxon, UK, CABI Publishing. 433 pp.

