

Interacciones entre la

# Acuicultura y el Medio Ambiente

1

Guía para el Desarrollo  
Sostenible de la  
Acuicultura  
Mediterránea



Interacciones entre la

# Acuicultura y el Medio Ambiente

1

Guía para el Desarrollo  
Sostenible de la  
Acuicultura  
Mediterránea

La designación de entidades geográficas y la presentación del material en este libro no implican la expresión de ninguna opinión por parte de la UICN, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España o de la Federación Europea de Productores de Acuicultura (FEAP) respecto a la condición jurídica de ningún país, territorio o área, o de sus autoridades, o referente a la delimitación de sus fronteras y límites.

Los puntos de vista que se expresan en esa publicación no reflejan necesariamente los de la UICN, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España o de la Federación Europea de Productores de Acuicultura (FEAP).

Esta publicación ha sido posible gracias a la generosidad del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España.

Publicado por: UICN, Gland, Suiza y Málaga, España en colaboración con el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España y la Federación Europea de Productores de Acuicultura (FEAP).



Derechos reservados: © 2007 Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales

Se autoriza la reproducción de esta publicación con fines educativos y otros fines no comerciales sin permiso escrito previo de parte de quien detenta los derechos de autor con tal de que se mencione la fuente.

Se prohíbe reproducir esta publicación para venderla o para otros fines comerciales sin permiso escrito previo de quien detenta los derechos de autor.

Citación: (2007). *Guía para el Desarrollo Sostenible de la Acuicultura Mediterránea. Interacciones entre la Acuicultura y el Medio Ambiente*. UICN, Gland, Suiza y Málaga, España. VI + 114 páginas.

NIPO: 251-07-085-X

ISBN: 978-2-8317-0976-5

Depósito Legal:

Diseño y diagramado: Chadi Abi Faraj

Fotografía de la cubierta: © Guzel Yucel-Gier

Gestión del producto: Sonsoles San Román

Producido por: Centro de Cooperación del Mediterráneo de la UICN

Impreso por: Solprint, Mijas (Málaga)

Disponible en: Centro de Cooperación del Mediterráneo de la UICN  
C/ Marie Curie 35  
29590 Campanillas, Málaga, España  
Tel: +34 952 028430 - Fax: +34 952 028145  
www.uicnmed.org

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación  
Secretaría General de Pesca Marítima  
C/ José Ortega y Gasset, 57  
Madrid, España  
Tel. +34 91 3476164

También existe a disposición un catálogo de las publicaciones de la UICN en:  
[www.uicn.org/publications](http://www.uicn.org/publications)

*El texto de este libro fue impreso en papel Cyclusprint 100 g/m2 reciclado sin cloro.*

# Índice

Prólogo	v
Resumen Ejecutivo	1
Introducción a las Guías	11
Situación General de la Acuicultura	15
Guía A: Domesticación	21
Guía B: Introducción de Especies Marinas	27
Guía C: Captura de Stocks Silvestres en Acuicultura	33
Guía D: Ingredientes de las Dietas	43
Guía E: Materia Orgánica en los Efluentes	53
Guía F: Transferencia de Patógenos	63
Guía G: Productos Terapéuticos y otros	67
Guía H: Productos Antifouling	73
Guía I: Efectos sobre la Fauna y Flora Locales	77
<b>Anexos</b>	
Glosario	85
Bibliografía General	89
Bibliografía	91
Lista de Participantes	105
Lista de Acrónimos	109



# Prólogo

En la actualidad la acuicultura afronta un reto importante: cómo satisfacer las expectativas de aliviar la presión de flotas pesqueras sobre las poblaciones de peces y, al mismo tiempo, dar respuesta al incremento en la demanda de productos marinos del mercado local e internacional sin causar con ello problemas medioambientales. En concreto, se espera que en un futuro cercano la acuicultura se desarrolle ampliamente en los países europeos, pero también del sur y del este del Mediterráneo. Para evitar cualquier impacto potencial sobre el medio ambiente, es importante que el sector de la acuicultura disponga de unas directrices claras, concisas, con base científica, que aseguren el desarrollo sostenible de la actividad.

El Programa Marino de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN) fomenta el uso de buenas prácticas en el sector de la acuicultura. La UICN y la Federación Europea de Productores de Acuicultura (FEAP) firmaron un acuerdo de cooperación para el desarrollo de la acuicultura sostenible en 2005. En ese mismo ámbito, la UICN y la Secretaría General del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España (MAPA), firmaron un acuerdo de cooperación para desarrollar las “Guías para el Desarrollo Sostenible de la Acuicultura Mediterránea”. El objetivo de estas guías es proponer recomendaciones para una acuicultura responsable y sostenible, que sirva de apoyo para los gestores, productores y usuarios de la región Mediterránea. Las guías directrices estarán compuestas por una serie de guías individuales que abarcarán diversos temas relacionados entre los que se encuentran: Interacciones entre el Medio Ambiente y la Acuicultura; Selección de Sitios; Diversificación de Especies y Productos; Bienestar Animal y Aspectos Ético-Sanitarios; Aspectos Sociales; Origen y Calidad del Alimento; Aspectos de Mercado; Gestión de la Acuicultura.

El grupo de trabajo, originalmente conocido como “Acuicultura y Medio Ambiente”, fue creado en 2004 por el Centro de Cooperación del Mediterráneo de la UICN y está compuesto por especialistas en acuicultura de la región Mediterránea y con diferentes áreas de conocimiento y experiencia. Después de una primera reunión en 2004, se organizó un Taller de trabajo en Argelia (junio, 2005), junto con el Movimiento Ecológico de Argelia

(MEA) y el Ministerio de Pesca de Argelia. Posteriormente, se realizó una reunión técnica en Barcelona (noviembre, 2005) para avanzar los resultados obtenidos durante el taller de Argelia, y planificar actividades futuras.

Este documento es el primero de una serie de guías que constituirán las directrices para el desarrollo responsable y sostenible de la acuicultura, y está dedicado a la interacción entre las prácticas de acuicultura y el medio ambiente. Este documento no tiene en cuenta la interacción con otras actividades humanas que se desarrollen en el mismo entorno. Asimismo, no incluye la acuicultura continental, aunque se muestran algunos ejemplos de dicha actividad. En esta guía se trata el cultivo de peces y moluscos, centrándose principalmente en el cultivo de peces y específicamente en el cultivo en viveros marinos (jaulas), como actividades mayoritarias en la cuenca mediterránea.

El presente documento se ha realizado con los resultados obtenidos en el Taller organizado por BIOGES (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria) durante tres días en Las Palmas de Gran Canaria (26-28 de Octubre de 2006). El Taller reunió a 26 participantes provenientes de la mayoría de los Países Mediterráneos, entre los cuales se encontraban científicos, productores de acuicultura, así como representantes gubernamentales y de organizaciones medioambientales (la lista de participantes está incluida en el Anexo). La recopilación de datos y redacción del presente documento ha sido realizada por Alex Makol y Ricardo Haroun (BIOGES), con la colaboración de los participantes del Taller, y bajo la coordinación de Javier Ojeda (APROMAR/FEAP) y François Simard (UICN).

# Resumen Ejecutivo

La acuicultura es el cultivo de organismos acuáticos incluido peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas. El cultivo implica algún tipo de intervención durante el proceso para aumentar la producción, como por ejemplo la siembra regular, alimentación, protección frente a depredadores, etc. Así mismo, el cultivo conlleva la propiedad, individual o corporativa del stock que se cultiva.

La mayoría de los impactos potenciales sobre el medio ambiente se pueden gestionar y minimizar mediante el conocimiento de los distintos procesos, una gestión responsable y una correcta localización de las granjas acuícolas. Por lo tanto, la existencia de directrices sobre la gestión sostenible son herramientas esenciales para los gestores políticos, técnicos de las administraciones, productores de acuicultura y otros usuarios. Esta guía se centra en la interacción entre las prácticas de acuicultura y el medio ambiente, en concreto:

Guía A: Domesticación

Guía B: Introducción de Especies Marinas

Guía C: Captura de Stocks Silvestres en Acuicultura

Guía D: Ingredientes de las Dietas

Guía E: Materia Orgánica en los Efluentes

Guía F: Transferencia de Patógenos

Guía G: Productos Terapéuticos y otros

Guía H: Productos Antifouling

Guía I: Efectos sobre la Fauna y Flora Locales



### Principio

La domesticación de especies es necesaria para la acuicultura. La interacción de estos organismos domesticados con sus congéneres silvestres no debe producir efectos perjudiciales.

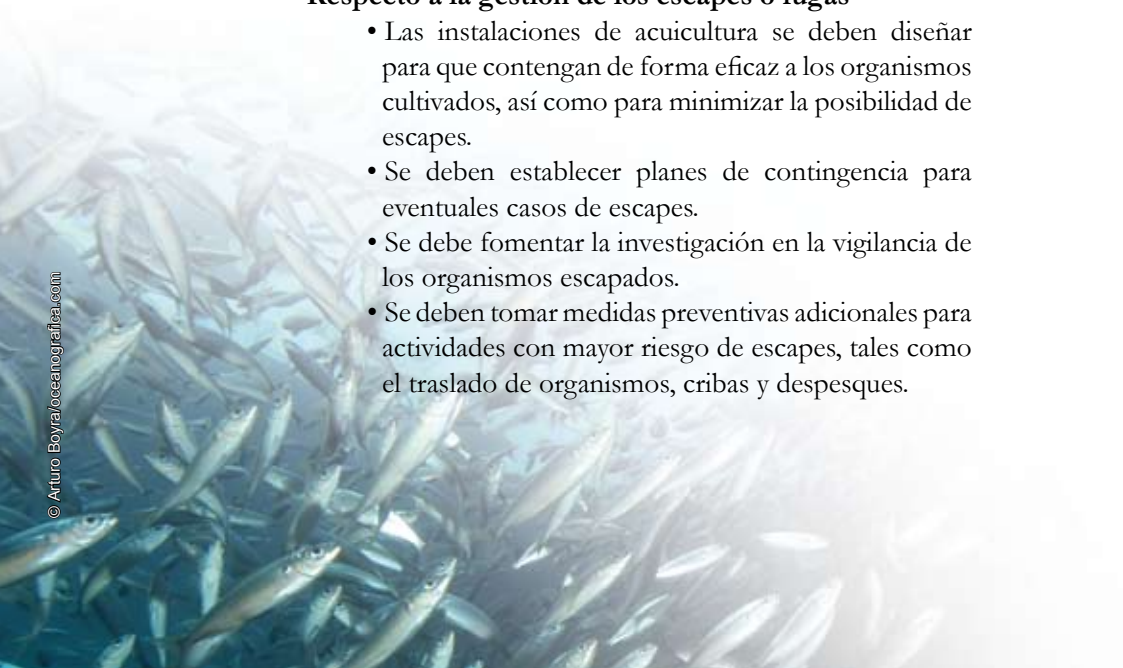
### Directrices

#### Respecto al desarrollo del proceso de domesticación

- Se debe fomentar la domesticación de organismos cultivados.
- La cría selectiva de los organismos cultivados se debe diseñar para que se reduzca su capacidad de supervivencia o reproducción en el medio natural.
- Se debe promover y apoyar la investigación de los procesos de domesticación.
- Se debe fomentar la creación de bancos de genes de las especies silvestres para tener una fuente de genes que actúen como reservorio.

#### Respecto a la gestión de los escapes o fugas

- Las instalaciones de acuicultura se deben diseñar para que contengan de forma eficaz a los organismos cultivados, así como para minimizar la posibilidad de escapes.
- Se deben establecer planes de contingencia para eventuales casos de escapes.
- Se debe fomentar la investigación en la vigilancia de los organismos escapados.
- Se deben tomar medidas preventivas adicionales para actividades con mayor riesgo de escapes, tales como el traslado de organismos, cribas y despesques.



### Principio

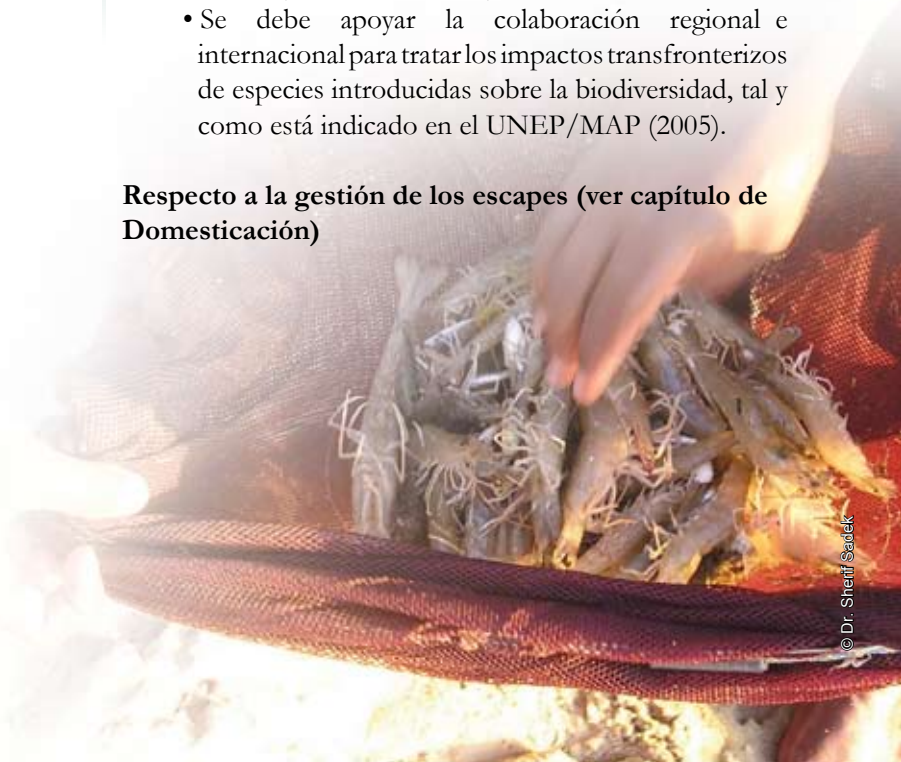
La utilización de especies exóticas en acuicultura representa un riesgo elevado. Se debe aplicar el principio de precaución. La introducción de especies se debe llevar a cabo únicamente en casos especiales y con todas las precauciones oportunas.

### Directrices

#### Respecto a la introducción de especies

- Se deben cultivar especies autóctonas siempre que sea posible.
- Se deben seguir las recomendaciones desarrolladas en el Código de Prácticas de Introducciones y Traslados de Organismos Marinos de ICES (2005), así como las consideraciones y recomendaciones del informe de Especies Exóticas en Acuicultura de la UICN (Hewitt *et al.*, 2006).
- Se debe apoyar la colaboración regional e internacional para tratar los impactos transfronterizos de especies introducidas sobre la biodiversidad, tal y como está indicado en el UNEP/MAP (2005).

#### Respecto a la gestión de los escapes (ver capítulo de Domesticación)



### Principio

La captura de individuos para su estabulación en las granjas acuícolas no debe afectar al estado natural o viabilidad de las poblaciones silvestres, sus ecosistemas o biodiversidad.

### Directrices

- Preferiblemente, los organismos que vayan a ser cultivados en las instalaciones acuícolas deben ser producidos en criaderos.
- Se debe fomentar la investigación para cerrar los ciclos de vida de las especies cultivadas con el fin de realizar su producción en los criaderos.
- Se debe fomentar la investigación sobre el funcionamiento de los ecosistemas.
- La captura de organismos de poblaciones silvestres utilizados para su crianza en granjas acuícolas se debe realizar de una forma sostenible.
- La captura de organismos silvestres para ser utilizados como reproductores en los criaderos no debe afectar a las poblaciones silvestres.
- No se deben utilizar organismos silvestres de especies amenazadas, excepto para planes de repoblación o recuperación, con el fin de conservar la biodiversidad.



## Guía D

# Ingredientes de las Dietas

### Principio

La producción de dietas para organismos acuáticos se debe realizar de forma sostenible. Las fuentes de las materias primas utilizadas deben ser ambientalmente aceptables, y no debe producir impactos perjudiciales en los ecosistemas de los que se obtienen dichos ingredientes.

### Directrices

#### Respecto al origen de las materias primas:

- El origen de las materias primas debe estar certificado como sostenible.

#### Respecto al uso de dietas y tecnología:

- Se debe recomendar el uso de piensos.
- Se debe mejorar la gestión de la alimentación.
- Se deben mejorar las tecnologías de producción de piensos, así como la calidad de las dietas.

#### Respecto al uso de fuentes alternativas para ingredientes de las dietas:

- Se debe fomentar la utilización de ingredientes alternativos.
- Se debe promover el uso de distintas fuentes de proteínas y aceites de origen marino.
- Se debe promover la investigación de fuentes alternativas de ingredientes para las dietas.

#### Respecto a la optimización de los nutrientes:

- Se debe promover el cultivo de especies situadas en la parte inferior de la cadena alimentaria (trófica).
- Se debe promover la integración de la acuicultura con otras actividades agrícolas o pesqueras.

## Guía E

# Materia Orgánica en los Efluentes

### Principio

La materia orgánica proveniente de granjas acuícolas debe poder ser asimilada por el ecosistema receptor, cualitativa y cuantitativamente, y por lo tanto, no producir impactos negativos sobre el ecosistema local.

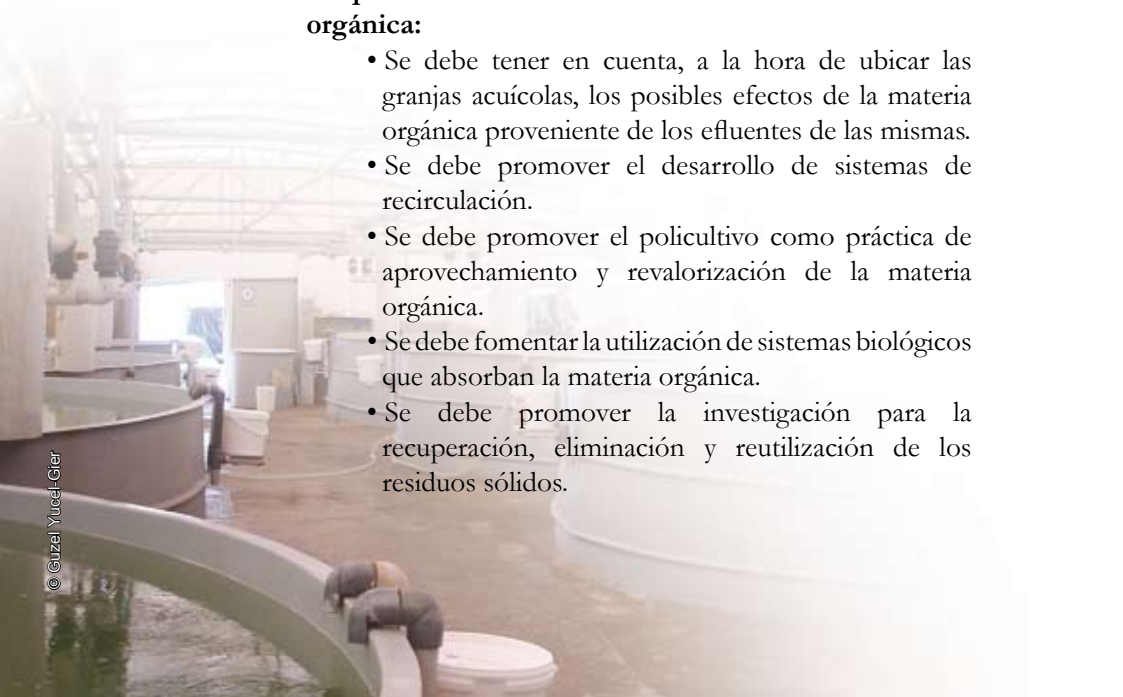
### Directrices

#### Respecto a la gestión de las granjas acuícolas:

- Las granjas acuícolas se deben gestionar con el fin de controlar la carga de nutrientes de sus efluentes.
- Se debe entender la calidad del alimento como un factor esencial en el control de la materia orgánica en los efluentes.
- Se deben aplicar prácticas de alimentación adecuadas.
- Se deben extraer los organismos muertos y eliminarlos de forma adecuada.

#### Respecto a minimizar los efluentes con materia orgánica:

- Se debe tener en cuenta, a la hora de ubicar las granjas acuícolas, los posibles efectos de la materia orgánica proveniente de los efluentes de las mismas.
- Se debe promover el desarrollo de sistemas de recirculación.
- Se debe promover el policultivo como práctica de aprovechamiento y revalorización de la materia orgánica.
- Se debe fomentar la utilización de sistemas biológicos que absorban la materia orgánica.
- Se debe promover la investigación para la recuperación, eliminación y reutilización de los residuos sólidos.



### Principio

Se debe minimizar la posible transferencia de patógenos entre organismos cultivados y poblaciones silvestres.

### Directrices

- Los organismos cultivados deben estar en las mejores condiciones posibles de salud.
- Los brotes de enfermedades surgidos en granjas marinas deben ser prevenidos, contenidos y gestionados.
- Se deben llevar a cabo medidas de precaución para prevenir la transferencia de patógenos.
- Se deben llevar a cabo medidas especiales de bioseguridad para limitar la introducción de patógenos en los criaderos.
- Se debe promover la investigación y el seguimiento de la epidemiología de enfermedades ocurrientes en las poblaciones silvestres cercanas a las áreas de acuicultura.



### Principio

El uso de productos terapéuticos se debe gestionar correctamente para minimizar los posibles efectos perjudiciales sobre el medio ambiente.

### Directrices

#### Respecto a la disminución del uso de productos terapéuticos:

- En acuicultura, las normas sanitarias se deben basar en medidas de profilaxis y de prevención apropiadas.
- Se debe evitar el uso de antibióticos como método profiláctico.
- Se debe asegurar la disponibilidad de medicamentos de uso veterinario más efectivos y seguros para su uso en la industria acuícola.

#### Respecto a la correcta gestión de productos terapéuticos y otros productos:

- Se debe realizar un diagnóstico de enfermedades preciso en laboratorio previo al suministro de antibióticos.
- Sólo deben utilizarse antibióticos con licencia legal.
- Se debe reducir el uso de productos químicos persistentes.
- Se deben establecer planes sanitarios para prevenir el desarrollo de cepas microbianas resistentes a los antibióticos.



### Principio

Los productos antifouling utilizados en acuicultura no deben presentar efectos tóxicos apreciables en otros organismos distintos a los que van dirigidos.

### Directrices

- Se deben utilizar productos y recubrimientos antifouling no dañinos para el medio ambiente.
- Se deben promover procedimientos no dañinos para el medio ambiente para prevenir o eliminar el biofouling.
- Se debe evitar la utilización de productos antifouling que contengan metales pesados.



### Principio

Se deben evitar los impactos perjudiciales causados por la interacción entre la actividad acuícola y la fauna y flora locales, mientras que los efectos beneficiosos se han de aprovechar.

### Directrices

#### Respecto de los efectos de la acuicultura sobre las comunidades bentónicas:

- Se deben llevar a cabo Estudios de Impacto Ambiental para prever cualquier posible efecto sobre el ecosistema.
- Se deben gestionar caso por caso las decisiones de desarrollar o detener la ampliación de instalaciones acuícolas.
- Se deben realizar estudios hidrodinámicos y ecológicos como parte del proceso de selección de localizaciones para la ubicación de instalaciones acuícolas.
- Las áreas en las que existan comunidades significativas de fanerógamas marinas, deben considerarse incompatibles con el establecimiento de instalaciones acuícolas.
- Se debe fomentar la instalación de viveros marinos de cultivo en áreas expuestas alejadas de la zona costera.

#### Respecto a la atracción de fauna:

- Se debe tener en cuenta en la gestión de las granjas acuícolas la atracción causada por las instalaciones de acuicultura sobre la fauna local.
- Se debe gestionar la atracción de depredadores y carroñeros.

# Introducción a las Guías

Durante la última década se han venido realizando esfuerzos para conseguir el desarrollo sostenible de las actividades humanas, entendiéndolo como “el desarrollo que cubre las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de futuras generaciones de cubrir sus propias necesidades”, como definió la Comisión Mundial sobre el Medio ambiente y el Desarrollo (WCED) en 1987.



La acuicultura ha atraído la atención de autoridades gubernamentales y sectores no gubernamentales, por lo que la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) propuso una definición más específica en relación con la agricultura y las pesquerías: *“Desarrollo sostenible es la gestión y conservación de la base de los recursos naturales y la orientación de cambios tecnológicos e institucionales de manera que se asegure el logro y la satisfacción de las necesidades humanas para generaciones presentes y futuras. Dicho desarrollo sostenible (en sectores agrícolas, forestales y pesqueros) preserva los recursos de la tierra, el agua, así como los genéticos de plantas y animales, no degrada el medio ambiente, es técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable”* (FAO, 1997).

El desarrollo y la intensificación de la acuicultura han puesto de manifiesto un amplio abanico de cuestiones asociadas con el medio ambiente. Los peces y crustáceos son alimentados con dietas de contenido elevado en proteínas y aceites, principalmente harina y aceite de pescado. Los juveniles y los reproductores a veces se obtienen de poblaciones silvestres, dada la dificultad de criarlos en cautividad, aumentando con ello la presión existente sobre dichas poblaciones. Otro inconveniente es la interacción química causada por la descarga de los efluentes de las instalaciones de acuicultura, los cuales pueden contener residuos de productos terapéuticos, productos antifouling o alimento no ingerido. Si se gestiona de forma incorrecta, pueden aparecer problemas tales como cepas de patógenos resistentes a antibióticos, eutrofización de la columna de agua, agotamiento de oxígeno y otros que perjudican al medio ambiente.

La interacción biológica causada por el escape accidental de organismos cultivados, o por la introducción de especies exóticas en el ecosistema, puede causar alteraciones en el mapa genético de las poblaciones silvestres. Estos organismos escapados pueden competir por alimento y espacio con las especies autóctonas, así como transferir patógenos o parásitos. A pesar de que bacterias, virus y otros patógenos están presentes en el medio natural, las patologías suelen ocurrir más frecuentemente en organismos cultivados. Debido a ello, la transferencia bidireccional de patógenos entre organismos cultivados y silvestres puede existir. Todos estos aspectos deben también tenerse en cuenta al considerar la relación entre la acuicultura con otras actividades humanas en las áreas costeras. Así ocurre con la interacción entre la acuicultura y la pesca extractiva e igualmente en lo que se refiere a la interacción con el medio ambiente en los ecosistemas marinos y costeros.

La mayoría de los impactos potenciales de la acuicultura se pueden gestionar y minimizar si se conocen los procesos que se llevan a cabo, hay una gestión responsable y existe una correcta ubicación de las instalaciones de acuicultura. Como consecuencia, la existencia de guías para una gestión sostenible es una herramienta esencial para los gestores políticos, técnicos de las administraciones, productores de acuicultura y otros usuarios.

La Comisión Europea en su Comunicación “Una Estrategia para el Desarrollo Sostenible de la Acuicultura Europea” (Comisión de las Comunidades Europeas, 2002), dirigida al Consejo y Parlamento Europeo, trató los temas de los efectos medioambientales de la acuicultura y los señaló como un factor clave.

En este sentido, la Federación Europea de Productores de Acuicultura (FEAP) desarrolló un Código de Conducta (2000) que promueve una gestión y desarrollo sostenible de la industria acuícola Europea, con la finalidad de garantizar niveles altos de calidad en la producción alimenticia respetando el medio ambiente.





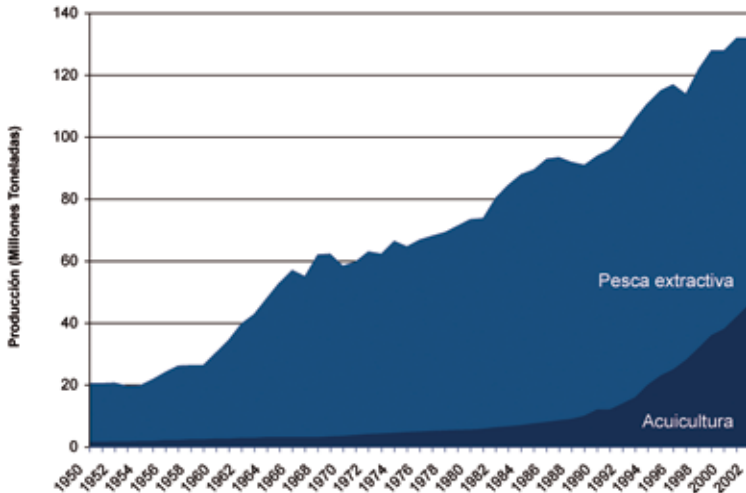
# Situación General de la Acuicultura

La demanda mundial de productos pesqueros se triplicó entre 1961 – 2001 debido al aumento de la población mundial y a que el consumo *per capita* de dichos productos pasó de 11 kg./persona/año en 1970 a 16,2 kg./persona/año en 2002 (FAO, 2004b). Los productos pesqueros son, a día de hoy, una de las fuentes de proteína animal más importantes en el mundo, representando el 25% de la proteína ingerida en los países en desarrollo y el 10% en Europa y Norte América.



La acuicultura y la pesca extractiva son actividades complementarias que deben afrontar el reto de cubrir este aumento de demanda de productos marinos. La producción de pesca extractiva alcanzó sus niveles máximos a finales de los años 80, manteniendo valores similares desde entonces (90-95 millones de toneladas), lo que indica que los océanos están siendo explotados cerca de su máxima producción. Las mejoras en la gestión de los recursos pesqueros permitirán, como máximo, mantener los niveles pesqueros. Según la FAO (FAO, 2004b), el incremento de la producción de productos pesqueros en el futuro sólo podrá provenir de la acuicultura, tal y como ha estado ocurriendo durante los últimos 15 años.

Figura 1. Evolución de la producción pesquera (pesca extractiva y acuicultura) en el mundo durante el periodo 1950-2003 (FAO, 2004b)

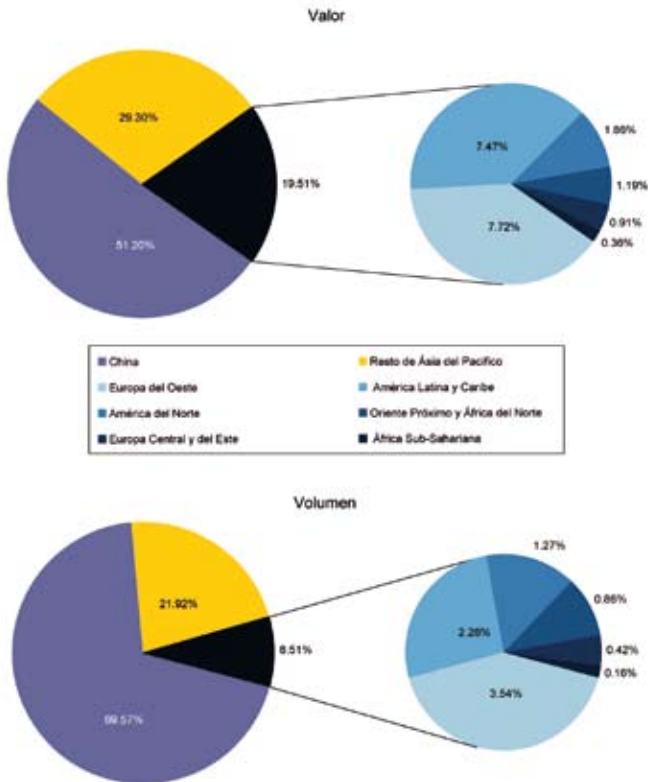


La acuicultura es el cultivo de organismos acuáticos incluidos peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas. El cultivo implica algún tipo de intervención en el proceso de cría para aumentar la producción, como por ejemplo la estabulación de individuos, la alimentación, la protección frente a depredadores, etc. El cultivo conlleva a su vez la propiedad individual o corporativa del stock que se cultiva.

La acuicultura tiene 4000 años de historia, pero sólo durante los últimos 50 años se ha convertido en una actividad socioeconómica de importancia, generando 9,8 millones de puestos de trabajo en todo el mundo (FAO,

2004b). Su contribución al suministro mundial de peces, crustáceos y moluscos aumenta año tras año. Según la FAO (FAO, 2004b), la contribución de la acuicultura al suministro mundial de productos pesqueros (en peso) ha pasado del 3,9 % en 1970, al 29,9 % en 2002 y con previsión de alcanzar el 50 % en 2025. Además, se debe resaltar que ya en 2006 casi la mitad de los productos pesqueros destinados al consumo humano directo provienen de la acuicultura.

Figura 2. Producción mundial de acuicultura en 2004 por regiones, separando China del resto de Asia (FAO, 2006a)



El sector acuícola tiene un crecimiento más rápido que cualquier otro sector de productos alimenticios de origen animal. A escala mundial, este sector ha crecido una media del 8,9% anual desde 1970, mientras que los sistemas de producción cárnica terrestres lo hicieron en un 2,8%.

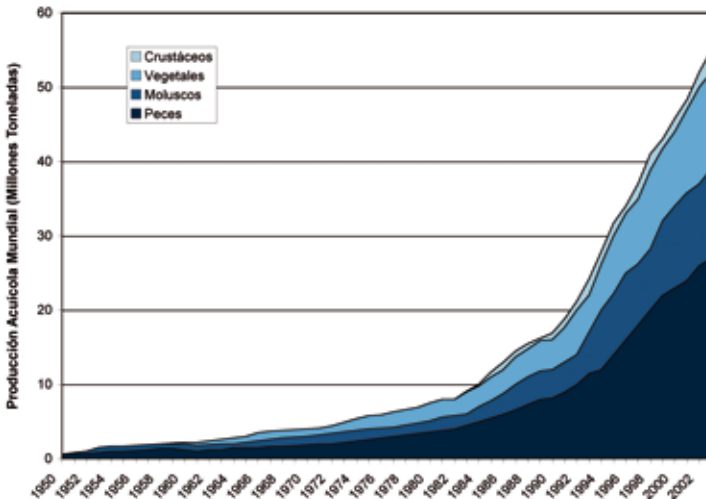


Más del 90% de la producción acuícola proviene de Asia (principalmente China), un 3,5% de Europa Occidental, un 0,4% de Centro Europa y Europa del Este, un 2,3% de Latino América y el Caribe, un 1,3% de Norte América y un 0,9% de Oriente Medio y África del Norte, con el 0,2% restante proveniente del África sub-Sahariana (Figura 2).

La acuicultura es una actividad que incluye multitud de prácticas diversas y un amplio abanico de especies producidas, sistemas y técnicas. Su dimensión económica ofrece nuevas oportunidades socioeconómicas en las regiones donde se establece, gracias a la creación de puestos de trabajo, el uso cada vez más eficiente de los recursos naturales y a la promoción del comercio local e internacional. El éxito de la acuicultura moderna se basa en el control de la reproducción de especies, un mejor conocimiento de la biología, innovaciones tecnológicas y el desarrollo de productos alimenticios seguros y de alta calidad.

La mitad de la producción mundial de acuicultura en 2003 provino de la producción de peces, pero el incremento en la producción se refiere a todos los grupos de especies (FAO, 2006a).

Figura 4. Evolución de la producción mundial de acuicultura por grupos durante el periodo 1950-2003 (FAO, 2006a)



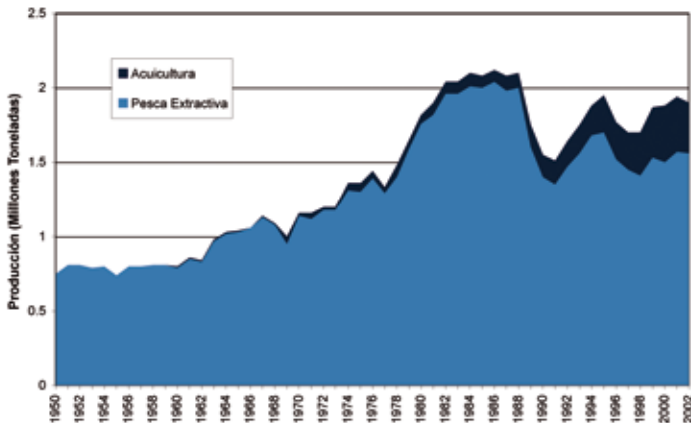
Las principales especies cultivadas a nivel mundial son peces omnívoros y herbívoros. Estas especies se producen principalmente en países en desarrollo, con una producción siete veces mayor que la de los peces carnívoros, que se cultivan principalmente en los países desarrollados.

En comparación con la explotación de los sistemas agropecuarios terrestres, donde la mayoría de la producción se obtiene a partir de un reducido número de animales y plantas, durante 2003 se cultivaban más de 210 especies animales y vegetales en el mundo. Esta diversidad es debida al elevado número de organismos acuáticos que se pueden adaptar a sistemas y condiciones de producción controlados.

Durante los últimos treinta años, la acuicultura ha crecido, se ha diversificado y ha registrado enormes mejoras tecnológicas. El potencial de estas mejoras para el bienestar socioeconómico – tanto en países desarrollados como en desarrollo – para la mejora de la calidad de vida y para el aumento de la seguridad alimentaria, ha sido reconocido por la FAO en su Declaración y Estrategia de Bangkok (2000). En dicho documento se resalta la necesidad de respaldar el desarrollo potencial de la acuicultura en beneficio de los seres humanos.

En la región Mediterránea, la acuicultura se ha expandido rápidamente durante las últimas dos décadas, con una tasa de crecimiento anual que pasó

Figura 5. Producción en el Mediterráneo. Pesquerías + Acuicultura (FAO, 2006a)



de un 4% en 1980 hasta un 13% en el 2000, y con una tendencia hacia la diversificación de especies cultivadas que facilita el crecimiento del sector.

Aunque la producción acuícola mediterránea se basó principalmente en el cultivo de moluscos durante los años 90, la proporción del cultivo de peces sigue aumentando hoy en día. Comparando la producción de la acuicultura Mediterránea desde 1994 a 2003, se observó un incremento significativo en la producción de peces (casi tres veces mayor); al mismo tiempo se produjo un aumento de la producción de moluscos (Figura 5).

Figura 5. Acuicultura en el Mediterráneo. Producción por grupos (FAO, 2006a)

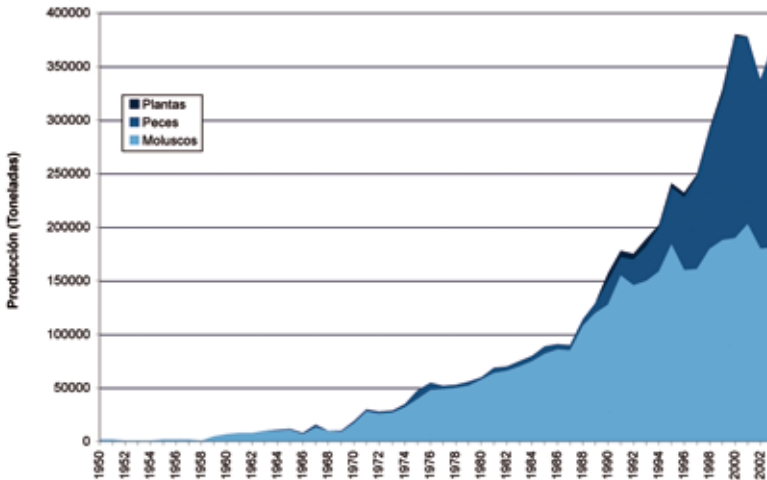


Tabla I. Acuicultura en el Mediterráneo. Producción por especies (FAO, 2006a)

Mejillón mediterráneo ( <i>Mytilus galloprovincialis</i> )	147,920 t.
Dorada ( <i>Sparus aurata</i> )	74,078 t.
Lubina ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	43,804 t.
Lisa ( <i>Mugil cephalus</i> )	42,546 t.
Almeja japonesa ( <i>Ruditapes philippinarum</i> )	25,000 t.
Otras especies de lubina	20,982 t.
Ostra japonesa ( <i>Crassostrea gigas</i> )	8,608 t.
Otros peces marinos	4,894 t.
Trucha ( <i>Salmonidos</i> )	1,194 t.
Corvina ocelada ( <i>Sciaenops ocellatus</i> )	438 t.

# Domesticación

Esta Guía se centra en los aspectos medioambientales de la domesticación de especies para su uso en acuicultura. La domesticación en acuicultura es la aclimatación de organismos acuáticos a condiciones de cautividad, el control total del ciclo de vida y la manipulación de la reproducción (Hassin *et al.*, 1997).

## Situación actual

La domesticación puede contribuir a la acuicultura sostenible ya que evita la necesidad de capturar stocks silvestres para su crianza. Además, gracias a la domesticación, el impacto potencial de los escapes de peces cultivados sobre los ecosistemas silvestres se puede minimizar,

porque los organismos cultivados pueden ser seleccionados para que no puedan sobrevivir en condiciones silvestres, falleciendo en un breve periodo de tiempo; y con un elevado número de organismos incapaces de reproducirse (organismos estériles).

Las diversas características que determinan la idoneidad de una especie para ser domesticada son: mejor crecimiento (cantidad y calidad); mejor resistencia a situaciones de estrés que pueden producirse en las instalaciones de acuicultura; elevado valor económico; aceptación de piensos como alimento y posibilidad de reproducirse en cautividad.



Los obstáculos para conseguir la domesticación de especies están asociados con las dificultades de diversos principios fundamentales de la acuicultura, tales como la reproducción en cautividad, el crecimiento biológico y las condiciones sanitarias. La experiencia muestra que los factores limitantes incluyen la inhibición de la reproducción o la escasez de una producción comercial viable de juveniles en condiciones de cautividad; un inadecuado suministro de alimento artificial de alta calidad apropiado para cubrir todos los requerimientos nutricionales y fisiológicos; y la reducción del bienestar e inmunidad que pueden producir brotes patológicos.

Diversos efectos negativos asociados con la domesticación están relacionados con la aparición de problemas de deriva genética y de endogamia (Falconer, 1989; Agnese *et al.*, 1995), ya que como norma general se mantiene un reducido número de reproductores en cautividad. Además, si se produce algún escape de organismos cultivados obtenidos a partir de reproductores domesticados, puede ocasionar un desequilibrio y desplazamiento del ecosistema local debido a interacciones entre organismos domesticados y silvestres, lo que puede derivar en la reducción de poblaciones silvestres, así como en consecuencias negativas en su variabilidad genética.

El cultivo de salmón es uno de los casos más importantes donde los efectos perjudiciales sobre la integridad y diversidad genética de los stocks silvestres han sido documentados (Allendorf, 1991; Thorpe, 1991; Guillen *et al.*, 1999; Muir y Howard, 1999) debido a las diferencias significativas visibles entre la descendencia de reproductores domesticados y silvestres (Lachance y Magnan, 1990; Berejikian, 1995).

### **Situación científica actual**

La investigación tiene el objetivo de obtener especies que se aclimaten completamente a vivir en cautividad, con tasas de crecimiento mayores y resistentes a enfermedades y a condiciones de estrés. Por lo tanto, el proceso de domesticación en la región Mediterránea está dirigido en la

actualidad a un número elevado de especies para diversificar los productos de la acuicultura, así como a mejorar el cultivo de las especies cultivadas en la actualidad (Mylonas *et al.*, 2004; Papandroulakis *et al.*, 2005; Agulleiro *et al.*, 2006). Parte de los esfuerzos en investigación se centran en la obtención de métodos y técnicas para producir variedades de especies inviábiles, que sean estériles, incapaces de sobrevivir en condiciones silvestres, e incapaces de reproducirse y cruzarse con stocks silvestres (Brake *et al.*, 2004; Omoto *et al.*, 2005; Cal *et al.*, 2006; Gagnaire *et al.*, 2006). Las tecnologías genómicas modernas pueden ayudar a las técnicas de selección de la reproducción tradicionales acelerando los procesos (Howard *et al.*, 2004).

## Justificación

Las ventajas de domesticar organismos son: asegurar el abastecimiento de juveniles (semillas) y mejorar la eficiencia de la producción mediante el perfeccionamiento de los procesos reproductivos y de alimentación, para seleccionar organismos que presenten un crecimiento más rápido; conseguir una mejor eficacia alimenticia; y por lo tanto, disminuir la presión sobre los organismos silvestres utilizados como alimento. También se minimizarán los potenciales impactos perjudiciales sobre los stocks silvestres al intentar lograr que los organismos cultivados sean incapaces de sobrevivir en los ecosistemas silvestres.

A pesar de todo, los animales domesticados con el paso del tiempo son significativamente diferentes a sus homólogos silvestres, tanto genética como físicamente. El escape o liberación de estos organismos al ecosistema, con niveles de domesticación elevados, puede acarrear efectos impredecibles sobre los ecosistemas, tanto en poblaciones silvestres de la misma especie y/o sobre otros organismos. En el caso de la acuicultura, el riesgo que supone el escape de organismos domesticados es mayor que en el caso de animales o plantas terrestres en circunstancias similares, dada su habilidad para dispersarse y la dificultad de su posterior recaptura. Sin embargo, las especies actualmente usadas en la acuicultura mediterránea no difieren sustancialmente, desde el punto de vista genético, de sus homólogos salvajes.

## Principio

La domesticación de especies es necesaria para la acuicultura. La interacción de estos organismos domesticados con sus homólogos silvestres no debe producir efectos perjudiciales.

## Directrices

### Respecto al desarrollo del proceso de domesticación

- **Se debe fomentar la domesticación de organismos cultivados.** La domesticación de organismos en la acuicultura es fundamental para su sostenibilidad. Puede evitar la necesidad de capturar especímenes silvestres y mejorar la eficiencia de la producción reduciendo la necesidad de materias primas, principalmente alimento, aumentando la resistencia a enfermedades, etc.
- **La cría selectiva de los organismos cultivados se debe diseñar para que se reduzca su capacidad de supervivencia o reproducción en el medio natural.** Cuando los organismos cultivados no son capaces de sobrevivir o reproducirse en condiciones silvestres, los efectos potenciales de los escapes sobre el medio ambiente se minimizan. Por lo tanto, la utilización de organismos altamente domesticados parece ser la mejor opción para minimizar estos efectos potenciales.
- **Se debe promover y apoyar la investigación de los procesos de domesticación.** Estos esfuerzos deben incluir, además de aumentar la productividad o la resistencia a enfermedades, métodos de reducción de la fertilidad así como lograr que los organismos cultivados sean incapaces de sobrevivir en la naturaleza. Las tecnologías modernas de genómica pueden ayudar a las técnicas de selección tradicionales acelerando los ensayos y procedimientos.

- **Se debe fomentar la creación de bancos de genes de las especies silvestres para tener una fuente de genes que actúen como reservorio.** La conservación de valores genéticos es esencial para conservar la biodiversidad, y por lo tanto, una fuente segura de genes puede ayudar a recuperar poblaciones afectadas en el futuro. Por otro lado, y para fines de producción, los rasgos biológicos no buscados hoy en día pueden necesitarse en el futuro y es necesario disponer de un sistema para su recuperación.

### **Respecto a la minimización de los efectos de las fugas o escapes sobre el medio ambiente**

- **Las instalaciones de acuicultura se deben diseñar para que contengan de forma eficaz a los organismos cultivados, así como para minimizar la posibilidad de escape.** El diseño de las instalaciones de acuicultura debe considerar la necesidad de prevenir escapes, no sólo debido a la pérdida económica que eso significa para los productores, sino también por razones medioambientales.
- **Se deben establecer planes de contingencia para eventuales casos de escapes.** Los organismos domesticados no tienden a dispersarse rápidamente después de escaparse. Por esta razón, existe un periodo de tiempo donde la recaptura de los organismos es factible, siendo prácticamente imposible al pasar dicho periodo. Para reaccionar lo más rápidamente ante estas situaciones, han de existir planes de contingencia detallados y los trabajadores tienen que estar apropiadamente entrenados.
- **Se debe fomentar la investigación en la vigilancia de los organismos escapados.** Se necesita mayor conocimiento acerca de los efectos cuantitativos y cualitativos de los escapes sobre las poblaciones locales. Además, debido a que el escape de organismos cultivados tiene un efecto acumulativo importante, los productores deben informar a las autoridades competentes si se producen escapes para poder entender mejor sus efectos.
- **Se deben tomar medidas preventivas adicionales para actividades con mayor riesgo de escapes, tales como el traslado**



**de organismos, crias y despesques.** Cuando se transfieren organismos cultivados entre diferentes compartimentos (viveros marinos o tanques), durante los despesques o cualquier otra rutina que implique su traslado, existe el potencial de escapes. Por lo tanto, cuando se cumplan dichas condiciones, se han de extremar las medidas para minimizar riesgos.

## Organismos Modificados Genéticamente (OMGs)

Las mejoras genéticas que se desean en los organismos cultivados se realizan a través de procesos de reproducción tradicionales. Los productores de la región Mediterránea no utilizan técnicas de ingeniería genética (tecnologías de transferencia de genes) para obtener Organismos Modificados Genéticamente (OMGs) en acuicultura. Según la FAO (FAO, 2006a), el uso de organismos modificados genéticamente es polémico en la mayoría de regiones, dadas las preocupaciones en cuanto al medio ambiente y los riesgos sobre la salud humana.



© APROMAR

## Introducción de Especies Marinas

La invasión biológica ha sido uno de los mayores problemas ecológicos de los siglos XX y XXI. Desde los años 50, el comercio mundial se ha multiplicado por 14, y durante el mismo periodo, las invasiones biológicas en hábitats terrestres y en aguas continentales o marinas aumentaron exponencialmente (Ruesink *et al.*, 1995; Ruiz *et al.*, 1997; Nordstrom y Vaughan, 1999). Se han realizado esfuerzos a nivel internacional y nacional para prevenir, erradicar y controlar las especies introducidas. A pesar de ello, nuevas vías de entrada y nuevas invasiones se siguen descubriendo en diferentes áreas costeras, normalmente cuando los organismos invasores ya se encuentran establecidos en el ecosistema. Las acciones llevadas a cabo hasta el día de hoy han sido inadecuadas, quedando mucho trabajo por hacer (Doelle, 2003; McNeely y Schutyser, 2003).



Los científicos y gestores políticos ven cada vez más la invasión de especies introducidas, junto con el cambio climático, como una creciente amenaza para la biodiversidad marina (Bax *et al.*, 2001, Hewitt *et al.*, 2006). La introducción de especies en los ecosistemas marinos puede deberse a numerosas actividades humanas que normalmente están relacionadas con el comercio global y los desplazamientos humanos. Debido a las actividades humanas, las especies marinas introducidas se trasladan a zonas fuera de su hábitat natural, pudiendo amenazar la salud de los seres humanos, los valores económicos y medioambientales.

Esta introducción de especies puede convertirse en una amenaza mayor para el medio ambiente marino cuando se convierten en invasoras (Carlton, 1992; Naylor *et al.*, 2001; UNEP/MAP, 2005), así como producir efectos negativos sobre la economía basada en actividades y usos marinos. Los impactos de las especies marinas invasoras pueden ser dramáticos y normalmente irreversibles, como por ejemplo colapsar las pesquerías, eliminar el stock para la acuicultura, incrementar los costes de producción, amenazar la salud humana o alterar la biodiversidad. No obstante, no todas las especies introducidas son invasoras, muchas de ellas tan sólo se asientan en sus nuevos ecosistemas y participan en el desarrollo del mismo (Wabnitz *et al.*, 2003).

Las introducciones pueden ser tanto accidentales como intencionadas y pueden provenir de un amplio número de prácticas. A nivel global y en cualquier momento, unas 10.000 especies diferentes son transportadas entre regiones biogeográficas en las bodegas de los barcos. Afortunadamente las especies potencialmente más invasoras mueren antes de que puedan establecerse debido a que las condiciones del ecosistema receptor no son las adecuadas para su supervivencia. E incluso cuando se establecen, la mayoría no se comportan como invasoras desde un principio.

Tal y como se indicó en un informe reciente de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA, 2006) las invasiones biológicas en el Mar Mediterráneo son un tema de preocupación. Existe un elevado número de especies marinas introducidas que aumenta en muchos puertos y lagunas. El transporte a través del Canal de Suez es también importante; de ahí el mayor número de especies exóticas encontradas en la cuenca Este (UNEP/MAP, 2004).

- Cerca de 600 especies marinas exóticas se han identificado en el Mar Mediterráneo.
- La tasa de introducción de especies exóticas en el Mar Mediterráneo alcanzó su máximo en el periodo comprendido entre 1970-1980, y desde entonces ha permanecido estable o aumentado para muchos grupos, especialmente para los organismos bentónicos.
- Se ha estimado una media de una introducción cada cuatro semanas durante los últimos cinco años.

La forma de introducción varía respecto a las dos cuencas. Mientras que en la zona Este del Mediterráneo la introducción más común es a través del Canal de Suez, en la zona Oeste del Mediterráneo el transporte naval principalmente y/o la acuicultura son responsables de la mayoría de introducciones de especies exóticas. Los ecosistemas de lagunas en el Adriático Norte y el Sur de Francia (con 70 y 96 especies exóticas respectivamente, principalmente introducidas por la acuicultura) son considerados las zonas más importantes para especies exóticas (AEMA, 2006).

### Situación actual

A pesar de que los principales vectores de introducción de especies exóticas son las aguas de las bodegas de los barcos y el fouling, la acuicultura también ha sido señalada como un vector importante para la llegada de especies exóticas a las zonas costeras. Aproximadamente el 17% de la producción mundial de peces son especies exóticas. Así, por ejemplo, la producción del cíclido africano *Tilapia*, es mucho mayor en Asia (más de 700.000 toneladas métricas en 1996) que en la mayor parte de África (39.245 toneladas métricas). Los salmónidos introducidos en Chile sostienen una próspera industria acuícola que es responsable de aproximadamente el 20% de la producción mundial de salmón, proporcionando trabajo a unas 30.000 personas (FAO, 2003). Tres especies de macroalgas introducidas se convirtieron en invasoras en Hawái: *Hypnea musciformis*, *Kappaphycus spp.* y *Gracilaria salicornia*. Estas especies fueron introducidas de forma intencionada en Oahu y Molokai en la década de los 70 para la acuicultura experimental relacionada con la industria del agar y están ahora extendidas más allá de los lugares donde se introdujeron en un principio, compitiendo con la fauna y flora autóctonas (Smith, 2002). La mayoría de las poblaciones de estas macroalgas introducidas están actualmente confinadas en zonas costeras discretas y todavía pueden ser controladas o eliminadas aumentando las poblaciones autóctonas de herbívoros marinos.

Existen dos posibles vías para la introducción de especies en acuicultura:

- I. La introducción “voluntaria” de especies para su explotación acuícola. Tal es el caso, por ejemplo, de las especies mencionadas anteriormente en Hawái así como de la ostra japonesa *Cassostrea gigas* durante los años sesenta en Francia (Grizel y Héral, 1991). Éste no es un fenómeno reciente, la ostra portuguesa *Cassostrea angulata* se introdujo accidentalmente en Francia (Estuario de Gironde) en 1868,

colonizando rápidamente toda la costa Atlántica desde Biarritz hasta Brest en menos de 20 años (Héral, 1986). Otros bivalvos como la almeja *Mercenaria mercenaria* en la cuenca de Archaron en 1861 y en el río Seudre en 1910 (Ruckebusch, 1949), y la almeja japonesa *Ruditapes philippinarum* en 1975 (Flassch y Leborgne, 1992) fueron introducidos en lagunas costeras mediterráneas para su cultivo.

- II.** La introducción “accidental” de especies que van asociadas a las especies que se desean introducir. Es el caso de un elevado número de algas japonesas como *Sargassum muticum* y *Porphyra* sp. que fueron introducidas accidentalmente (Eno *et al.*, 1997). Se observó que *Sargassum muticum* (también conocido como hierba o alga japonesa) estaba presente en las Islas Británicas y en la costa atlántica francesa asociada a las importaciones de semillas de ostra japonesa durante la década de los setenta. Pocos años después, esta alga apareció junto con otra especie introducida en el Mar Mediterráneo (Sète - Estanque de Thau) asociada de nuevo con otras importaciones de la ostra japonesa. Desde entonces, *Sargassum muticum* se ha extendido en la costa atlántica europea desde Kattegat y Mar de Belt en Escandinavia hasta la costa portuguesa (Haroun y Izquierdo, 1991; Eno *et al.*, 1997; Stahr *et al.*, 2000). Una tendencia similar relacionada con el cultivo de ostras, se observó en la costa Pacífica de Norteamérica, donde *S. muticum* colonizó más de 3.000 km. en pocas décadas (Haroun y Izquierdo, 1991; Cohen y Carlton, 1995). Esta alga parda ha modificado la ecología de las poblaciones de macroalgas de las zonas inter- y submareal tanto en la costa pacífica norteamericana (Britton-Simmons, 2004) como en la costa atlántica europea (Sánchez *et al.*, 2005; Thomsen *et al.*, 2006). Asimismo, diversos invertebrados perforantes y parasitarios fueron introducidos con las ostras importadas de Norteamérica como la *Petricola pholadiformis* y *Crepidula fornicata*, las cuales se extendieron en las costas del Mar Báltico y Atlántico Norte (Eno *et al.*, 1997; Gouletquer *et al.*, 2002; Wolff y Reise, 2002).

De acuerdo con el Atlas de CIESM de Especies Exóticas en el Mediterráneo vol. 1 Peces y vol. 2 Crustáceos (Galil *et al.*, 2002; Golani

*et al.*, 2002), hay una especie de pez que se introdujo con fines acuícolas (de un total de 90 especies de peces introducidas), la lisa so-iuy, *Mugil soisy*. Esta especie se introdujo principalmente desde el Pacífico Oeste al Mar de Azov y al Mar Negro, pero su presencia sigue siendo bastante escasa en el Mar Egeo. De entre los crustáceos, una especie de camarón, *Marsupenaeus japonicus*, escapó de las instalaciones de acuicultura en el Mediterráneo Oeste pero también es raramente encontrada. La misma especie fue introducida en la costa Mediterránea Sur y en el Levante a través del Canal de Suez, y en el presente es muy abundante e importante para las pesquerías a nivel comercial de Turquía. Existen también dos especies de cangrejos, *Dyspanopeus sayi* y *Rhithropanopeus harrisi*, que fueron introducidos junto con las semillas de almeja, siendo en la actualidad comunes y abundantes en las aguas salobres del Mar Adriático, llegando incluso a superar en número a las poblaciones de cangrejos autóctonas.

Para las especies de peces, los escapes que se pueden producir en la acuicultura pueden ser un vector de introducción de especies fuera de su hábitat natural (ICES, 2004; Hewitt *et al.*, 2006). En este caso, los escapes de las instalaciones de organismos cultivados pueden interactuar y dañar los stocks locales silvestres. Algunos de esos escapes pueden producirse debido a los “escapes por goteo”, pequeños errores en el funcionamiento de las instalaciones, de donde tan sólo un número pequeño de organismos se escapan; los escapes a gran escala pueden producirse por tormentas, vandalismo, mamíferos marinos o errores humanos (McGinnity y Ferguson, 2003). Cuando los organismos cultivados se escapan o son repoblados pueden reproducirse con las poblaciones silvestres y modificar su mapa genético, a veces disminuyendo la capacidad o idoneidad de estas especies silvestres a vivir en el medio natural (Hindar, 2001; Youngson *et al.*, 2001; McGinnity y Ferguson, 2003). Cuando el número de escapes es superior al de los stocks silvestres, el mapa genético de estos stocks puede modificarse, alterando con ello las poblaciones locales (NMFS/FWS, 2000).

## Justificación

Los riesgos que supone la introducción de especies en acuicultura, ya sea para su cultivo (intencionado) o asociado con especies cultivadas (accidental) son importantes. Las consecuencias de liberar estas especies en la naturaleza pueden tener fuertes impactos sobre la biodiversidad y el ecosistema.

## Principio

La utilización de especies exóticas en acuicultura representa un riesgo elevado. Se debe aplicar el principio de precaución. La introducción de especies se debe llevar a cabo únicamente en casos especiales y con todas las precauciones oportunas.

## Directrices

### Respecto a la introducción de especies

- **Se deben cultivar especies autóctonas siempre que sea posible.** La utilización de especies introducidas se debe reservar para casos especiales donde el escape de organismos cultivados o sus especies asociadas estén controladas (circuito cerrado) o sea imposible (pantanos).
- **Se deben seguir las recomendaciones desarrolladas en el Código de Prácticas de Introducciones y Traslados de Organismos Marinos de ICES (2005), así como las consideraciones y recomendaciones del informe de Especies Exóticas en Acuicultura de la UICN (Hewitt et al., 2006).** En estos informes hay suficiente información técnica para ayudar a los gestores políticos a decidir las medidas preventivas apropiadas para prevenir, erradicar o controlar las especies marinas introducidas cuando sea necesario.
- **Se debe apoyar la colaboración regional e internacional para tratar los impactos transfronterizos de especies introducidas sobre la biodiversidad, tal y como está indicado en UNEP/MAP (2005).** Es recomendable la cooperación entre naciones para poder sobrellevar la propagación de especies introducidas en el ecosistema marino Mediterráneo.

**Respecto a la gestión de los escapes (ver capítulo de Domesticación).**

# Captura de Stocks Silvestres en Acuicultura

En esta guía, la interacción entre la acuicultura y el medio ambiente se centra en la necesidad que tiene la acuicultura de utilizar stocks silvestres para su posterior crianza, o para fines reproductivos en cautividad.

## Situación actual

Durante muchos años, la recolección de semillas o juveniles silvestres se ha realizado a nivel mundial para su posterior crianza en las instalaciones acuícolas. La recolección de organismos adultos es un caso especial que está relacionado con la formación de un stock de reproductores para su posterior reproducción en los



© François Simard

criaderos. Este último tipo de recolección no es tan importante a nivel cuantitativo, excepto en los casos de engrasamiento como es el caso del cultivo de atún (*Thunnus spp.*). La recolección de alevines silvestres se realiza principalmente en aquellas especies de las que existen stocks silvestres en un número suficientemente elevado para cubrir dicha demanda sin que sus poblaciones se vean afectadas, como es el caso de la colección de semillas de diversos moluscos (mejillones, ostras, vieiras) (Davenport *et al.*, 2003). También se lleva a cabo en aquellas especies en las que sus ciclos de vida no se han cerrado completamente y, por lo tanto, no se consigue reproducirlas en cautividad. Como ejemplos están los casos de la anguila (*Anguilla spp.*), atún (*Thunnus spp.*) seriola (*Seriola spp.*), mero (*Epinephelus spp.*), pulpo (*Octopus spp.*),



sigano jaspeado (*Siganus rivulatus*), diversas especies de lisas, y otras que presentan dificultades técnicas o económicas (Hair *et al.* 2002; Ottolenghi *et al.*, 2004).

La dependencia de las poblaciones silvestres (larvas, juveniles o adultos) como material biológico para su posterior crianza hasta talla comercial, o crianza mediante técnicas de cultivo, se conoce como acuicultura basada en la captura. Esta práctica representa aproximadamente un 20% del volumen de la producción de la acuicultura – principalmente moluscos, aunque los peces carnívoros son cada vez más evidentes (FAO, 2004b). Hoy en día, en la mayoría de países los criaderos son capaces de producir semillas de especies marinas y de aguas continentales de buena calidad, reduciendo gradualmente la dependencia de las semillas silvestres, limitando la recolección a peces maduros para programas de reproducción dirigidos a la mejora de la calidad del stock de reproductores (FAO, 2006b).

En el caso del cultivo de moluscos, los juveniles y las semillas son suministrados por los criaderos (es el caso de las ostras) o recolectados de las poblaciones silvestres sin ningún efecto negativo gracias a la abundancia de organismos (es el caso del mejillón común). Los sistemas de cultivo simulan los mecanismos naturales.

En los países en desarrollo, la acuicultura basada en la captura constituye un sustento alternativo en las comunidades costeras locales, y puede generar beneficios económicos importantes en aquellas regiones con economías marginales o deprimidas (Ottolenghi *et al.*, 2004).

La interacción entre la acuicultura y la pesca extractiva ha sido ampliamente tratada en el volumen 78 de Estudios y revistas de la CGPM (Cataudella *et al.*, 2005), en donde la relación entre los dos sectores se discute mediante un enfoque sistémico, para cada dimensión del sector pesquero (gobernanza, ecología, economía y social).

El principal problema de la acuicultura basada en la captura, tal y como describió Nash *et al.* en 2005, es el aumento de la presión pesquera sobre dichas especies (Figuras 6 y 7), la cual puede conducir al agotamiento o colapso del stock, u otros problemas relacionados. Además, los descartes

de especies no deseadas, la destrucción y la alteración de los hábitats deben tenerse en cuenta (FAO, 2004a), aunque Nash *et al.* en 2005 mostraron evidencias de que los descartes tan solo producían un efecto minúsculo.

Sadek y Mires (2000) mostraron su preocupación respecto a la recolección de alevines silvestres en el Mar Mediterráneo y el posible impacto negativo que la continuidad de dicha práctica podría tener a nivel genético y de sus ecosistemas. Actualmente, en diversos países, la enorme presión pesquera sobre estos recursos no es capaz de cubrir las necesidades de la acuicultura. Esta deficiencia únicamente promueve una translocación selectiva en masa de stocks genéticos entre regiones, cuya continuación puede acabar amenazando diversos stocks endémicos.

Un ejemplo es el caso del cultivo de lisa en Egipto, produciendo 133.000 toneladas en 2004, lo que representa cerca del 38% de la producción total de la acuicultura en Egipto. Mientras tanto, en Egipto se capturan anualmente entre 100 y 135 millones de alevines de distintas especies de lisa del medio natural para su posterior cultivo (GAFRD, 2004).

Se puede argumentar que la translocación temprana de alevines silvestres a sistemas acuícolas controlados y protegidos, produce un efecto insignificante sobre los stocks silvestres, dado el pequeño porcentaje de supervivencia y reproducción que existe en la naturaleza. Sin embargo, nada puede justificar la mala gestión de las pesquerías y del transporte, que produce pérdidas innecesarias. En un futuro no hay duda de que la acuicultura tendrá que ser autosuficiente en este aspecto, por lo que serán necesarios más criaderos.

Figura 6. Tendencia global en las capturas de atún (1991-2000) (FAO, 2004b)

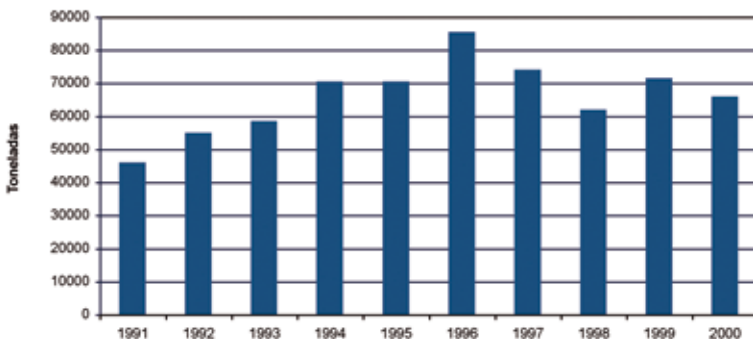
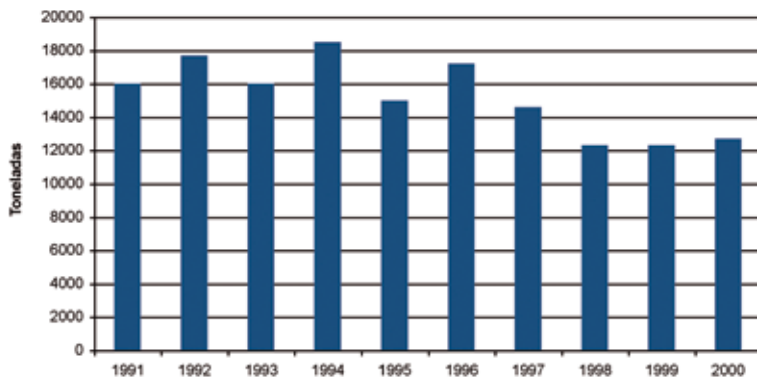


Figura 7. Tendencia global en las capturas de anguila (1991-2000) (FAO, 2004b)



La producción estimada de la acuicultura basada en la captura de la mayoría de especies en el 2000, tales como anguilas, meros, seriolas y atún se muestra en la Tabla 2. La principal especie producida mediante este tipo de acuicultura es la anguila, donde la fuente de larvas depende de los stocks silvestres.

Tabla 2. Estimaciones de la producción de la acuicultura basada en la captura de diversas especies en 2000 (FAO, 2004b)

Especies	Producción Estimada (miles de toneladas)
Anguilas	288
Meros	15
Atún	10
Seriolas	136

En el caso del atún (Tabla 3), las pesquerías se colapsarán si se mantiene la presión sobre los stocks silvestres (Leonart y Majkowski, 2005; Lovatelli, 2005). La sobrepesca de meros adultos resultará en un declive de la disponibilidad de juveniles para su captura y posterior cultivo, mientras que la sobrepesca de juveniles puede tener un impacto más duradero, no solo en las pesquerías de adultos, sino también en el suministro de juveniles para cultivo (Ottolenghi *et al.*, 2004).

Tabla 3. Estimaciones de las capturas anuales de atún (en toneladas) por país y año (FAO, 2005b)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Chipre	0	0	0	0	0	0	0	0	
Croacia	--	1,105	906	970	930	903	977	--	--
España	1,657	1,172	1,573	1,504	1,676	1,453	1,686	2,521	--
Francia	9,680	8,470	7,713	6,471	7,321	6,748	5,87	6,443	7,028
Grecia	0	0	0	0	0	0	0	0	--
Italia	--	--	--	--	--	3,255	3,245	--	--
Libia	--	--	--	--	--	--	200	905	--
Marruecos	1,621	2,603	3,028	2,825	2,923	3,008	2,986	2,557	--
Países UE	11,337	9,642	9,286	8,245	8,997	11,456	10,801	8,964	7,028
Turquía	--	--	--	--	--	--	2,3	3,3	1,09
<b>Total</b>	<b>12,958</b>	<b>13,350</b>	<b>13,220</b>	<b>12,040</b>	<b>12,850</b>	<b>15,367</b>	<b>17,264</b>	<b>15,726</b>	<b>8,118</b>

### Situación científica actual

La investigación está enfocada a cerrar los ciclos de vida de estos grupos mediante técnicas de reproducción y así evitar la dependencia de su cultivo de las poblaciones silvestres. En condiciones experimentales se ha conseguido que funcionen un elevado número de técnicas de reproducción, pero no se han podido llevar a cabo en condiciones industriales – dado que estas técnicas de reproducción no se consideran efectivas para la producción en masa, y, además, a gran escala su coste no es eficiente (Marino *et al.*, 2003; Iglesias *et al.*, 2004; Mylonas *et al.*, 2004; García *et al.*, 2005; Van Ginneken y Maes, 2005; Jerez *et al.*, 2006). En estos casos, la acuicultura sigue confiando en la captura de stocks de juveniles silvestres para cubrir la demanda de mercado.

Como ejemplo, existe el caso de los peces de arrecife, donde más de un 99% de las larvas desaparecen durante la primera semana, principalmente debido a la depredación (Planes y Lecaillon, 2001; Doherty *et al.*, 2004). La recolección de un pequeño porcentaje de postlarvas de estos peces de arrecife antes de esta fase de elevada mortalidad, no afecta significativamente a los futuros stocks silvestres (Bell *et al.*, 1999). Este tipo de trampa reduce el impacto medio ambiental. Por ejemplo, en Moorea (Polinesia Francesa), las trampas recolectaron una media de 1.000 postlarvas por noche, lo cual, comparado

con los 2 millones que llegan cada noche al arrecife, es una proporción insignificante ( $P < 0.05\%$ ). Una tecnología innovadora, conocida como el sistema CARE (trampas de recolección desarrolladas por Ecocean Inc.), con la que actualmente se están realizando pruebas en la región Mediterránea, permite la recolección de postlarvas de peces en perfecto estado. Una vez clasificadas, estas postlarvas se pre-engordan en tanques o viveros para proveer al sector acuícola local con alevines de peces destinados a la alimentación humana o a la repoblación de áreas marinas protegidas.

### Justificación

A nivel mundial, los stocks silvestres acuáticos y sus ecosistemas se encuentran en un estado delicado. El aumento de la importancia de la producción acuícola no debe incrementar la presión que actualmente ejercen las pesquerías sobre los stocks silvestres. Más bien al contrario, la acuicultura debe ser una forma de aliviar esa presión sobre los stocks silvestres y fomentar la conservación de la biodiversidad, a la vez que satisfacer el incremento de la demanda de productos acuáticos del mercado.

### Principio

La estabulación de individuos en las granjas acuícolas no debe afectar al estado natural o a la viabilidad de las poblaciones silvestres, sus ecosistemas o biodiversidad.

### Diretrizes

- **Preferiblemente, los organismos que vayan a ser cultivados en las instalaciones acuícolas deben ser producidos en criaderos.** El dominio completo del ciclo de vida de las especies producidas en acuicultura debe ser una prioridad. Este conocimiento permite independizar la producción acuícola de la situación de los stocks silvestres.
- **Se debe fomentar la investigación para cerrar los ciclos de las especies cultivadas, con el fin de poder producir**

**organismos en los criaderos.** Cuando los ciclos de vida de los organismos cultivados no están cerrados, su reproducción o posterior crianza depende de la captura de stocks silvestres. Por lo tanto, para minimizar la interacción de la acuicultura basada en la captura y el ecosistema, es necesario investigar cómo cerrar los ciclos de vida de los organismos que queremos cultivar en cautividad.

- **Se debe fomentar la investigación sobre el funcionamiento de los ecosistemas.** Un mejor entendimiento del ecosistema en general, permitiría entender mejor qué capturas de larvas y juveniles (talla y periodo) se podrían realizar sin que el funcionamiento del ecosistema se viera afectado negativamente.
- **La captura de organismos de poblaciones silvestres utilizados para su crianza en granjas acuícolas, se debe realizar de una forma sostenible.** En el caso de los moluscos (como mejillones), y también en algunos peces (como lisas), donde la acuicultura depende de la captura de especímenes silvestres (generalmente semillas y juveniles), no se observan efectos perjudiciales de forma aparente. En el caso de otras especies utilizadas en acuicultura, como atún, seriola y anguilas, las cuales dependen también de la captura de especímenes de ecosistemas silvestres, su captura tiene que ser sostenible y se tienen que llevar a cabo estrictas medidas que aseguren su sostenibilidad, tanto de las poblaciones silvestres de las mismas especies como de los ecosistemas.
- **La captura de organismos silvestres para ser utilizados como reproductores en los criaderos no debe afectar a las poblaciones silvestres.** Aunque gracias a la domesticación de especies la acuicultura podrá depender cada vez más de organismos cultivados como reproductores, la necesidad de introducir individuos silvestres en los programas de reproducción seguirá siendo necesario. En el caso de la recolección de organismos silvestres maduros durante la época reproductiva, es importante cerciorarse que ésta no alterará a las poblaciones silvestres, permitiendo la reproducción de sus stocks silvestres en el ecosistema.

- **No se deben utilizar organismos silvestres de especies amenazadas, excepto para planes de repoblación o recuperación, con el fin de conservar la biodiversidad.** Las especies amenazadas, debido a su frágil estatus biológico, están protegidas a través de diversas normativas, por lo que la captura de este tipo de organismos está prohibido. A pesar de todo, cuando el objetivo de su cultivo se realiza con fines de repoblación, los Gobiernos pueden autorizar su cultivo.

## El cultivo del atún

En el caso del cultivo del atún, y en el contexto de la sobrecapacidad de la pesca y el cultivo, todos los intentos de obtener una gestión regional real de este pez como recurso clave del Mediterráneo han sido fallidos (WWF, 2006).



© APROMAR

Según la FAO (2005b), el cultivo del atún rojo en el Mar Mediterráneo debe considerarse como una actividad donde se solapan las pesquerías y la acuicultura. El potencial del atún rojo, todos los riesgos asociados y todos los temas relevantes para la sostenibilidad de esta reciente actividad, engloban claramente temas específicos tanto en el sector pesquero como en el acuícola. En este documento, la potencial sostenibilidad del cultivo del atún rojo se vincula también a los avances de la investigación en el éxito de la “domesticación” de esa especie. A pesar de que se ha realizado un progreso considerable en este aspecto, la producción económicamente viable de atún rojo todavía no se ha conseguido.

La expansión del cultivo del atún rojo en el Mediterráneo ha generado una creciente demanda de especímenes silvestres. Por lo tanto, una de las mayores preocupaciones en la actualidad respecto a esta demanda es la presión pesquera actual y potencial. Un paso importante hacia una pesca responsable y sostenible consistiría en aplicar las medidas de conservación y gestión de las organizaciones regionales que gestionan las pesquerías, particularmente la Comisión

Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (CICAA) y la Comisión General de Pesca para el Mediterráneo (CGPM).

El problema del engrasamiento del atún no solo radica en no saber como producir larvas y juveniles en cantidad suficiente, sino también en que la actividad de engrasamiento depende, por definición, de los stocks silvestres. El engrasamiento es un caso especial de acuicultura que engloba un corto periodo del ciclo de vida de los peces. El concepto básico es mantener los peces vivos, obtenidos mediante la pesca extractiva, durante un periodo de tiempo suficiente para aumentar su valor. En el caso del atún, la mayoría de los animales que son engordados en viveros son adultos que ya se han reproducido en numerosas ocasiones y forman parte de la cuota pesquera. En consecuencia, saber como producir juveniles de este pez podría generar una nueva producción (atún cultivado) en el futuro, pero no sustituiría automáticamente el engrasamiento del atún, que es algo diferente.

Actualmente existe un debate sobre si el engrasamiento del atún es o no una actividad acuícola. En cualquier caso, esta actividad tiene que ser sostenible desde el punto de vista de los stocks de atún (cuotas, etc.) y de los stocks de peces utilizados para su alimentación, así como económicamente (estar basado en un mercado en el otro extremo del planeta cuestiona su sostenibilidad) y socialmente, como por ejemplo los recursos utilizados por un tipo de arte de pesca dominante hasta los efectos perjudiciales de otros sistemas de captura de menor escala como las tradicionales almadrabas.

El actual engrasamiento de atún en el Mediterráneo está incrementando el número de cuestiones respecto a la sostenibilidad: la escasez de datos disponibles para valorar el estatus del stock; la dificultad de gestionar organizaciones para establecer medidas sólidas de gestión; el uso de peces de todo el mundo como alimento; el uso equitativo de los recursos; el impacto sobre el medio ambiente local; la conformidad con las leyes regionales y otros. Un plan de recuperación concreto y drástico, así como un plan de gestión claro, tendrán que cumplirse en muy poco espacio de tiempo si se quiere evitar el agotamiento de los recursos. El plan de gestión debería establecer una especie de cuota secundaria, que sería una parte de la cuota de captura, para el número de atunes que pueden utilizarse en el proceso de engrasamiento.





## Ingredientes de las Dietas

A los organismos cultivados se les tiene que proporcionar alimento para aumentar su productividad. Algunas especies filtradoras, como los mejillones, almejas u ostras, obtienen el alimento directamente de la columna de agua que los rodea. Pero en la mayoría de casos (todos los peces y crustáceos) es el acuicultor quien debe proporcionar el alimento.

El alimento es el mayor aporte externo hacia el sistema de cultivo, y la cantidad de alimento requerido es, en general, dos o tres veces el volumen del producto final que se produce. Para la fabricación de estas dietas, se requieren grandes volúmenes de materias primas.

Esta guía trata sobre los efectos que el uso de fuentes naturales utilizadas en la producción de dietas para las especies cultivadas produce sobre el medio ambiente.



### Situación actual

Las especies cultivadas tienen que ser alimentadas en función de sus requerimientos nutricionales y fisiológicos intrínsecos. En el caso de peces y crustáceos marinos, como aquellos presentes en el Mar Mediterráneo, presentan como norma general una dieta carnívora. Es exactamente la misma dieta de las especies de otros mares u océanos, y se debe a que las cadenas tróficas marinas son bastante más complejas que las terrestres. Las grandes algas o plantas marinas solo se encuentran en el fondo de las zonas costeras poco profundas. En mar abierto, y en la columna de agua de las aguas costeras, los únicos vegetales presentes

son las microalgas, que debido a su microscópico tamaño solo pueden servir de alimento al zooplancton, y no a los peces.

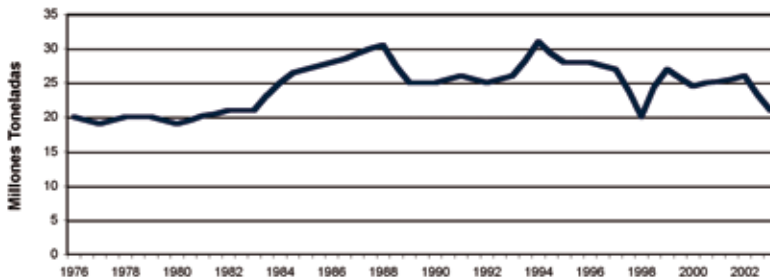
A pesar de que las especies herbívoras se pueden producir en acuicultura, generalmente en aguas continentales, y a pesar de que son los peces cultivados con mayor importancia en el mundo (como por ejemplo la tilapia y la carpa), no suelen alcanzar un elevado valor comercial. Por otro lado, existe la creciente demanda mundial, principalmente en los países desarrollados, del consumo de especies carnívoras como salmón, trucha, langostino, rodaballo y bacalao.

Las principales especies cultivadas en la región Mediterránea son la dorada (74.078 Tm), lubina (43.804 Tm) y lisa (42.546 Tm) (FAO, 2003). Aunque la lisa es una especie herbívora/omnívora, tanto la dorada como la lubina son animales carnívoros que se alimentan de otros peces, moluscos, crustáceos y gusanos en la naturaleza. Debido a ello, históricamente los principales ingredientes de las dietas para peces cultivados han sido la harina y el aceite de pescado, obtenido de peces silvestres capturados de todo el mundo.

La harina y el aceite de pescado son materias primas cuya comercialización ha estado sujeta a la globalización. Son producidas por flotas pesqueras y plantas de procesado que se dedican específicamente a esta tarea. Los peces silvestres capturados para este fin son generalmente de pequeño tamaño y con gran cantidad de estructuras óseas, por lo que su demanda es reducida o nula para el consumo humano directo.

Las harinas y aceites de pescado utilizados para piensos para peces de acuicultura en el Mediterráneo provienen principalmente de la costa

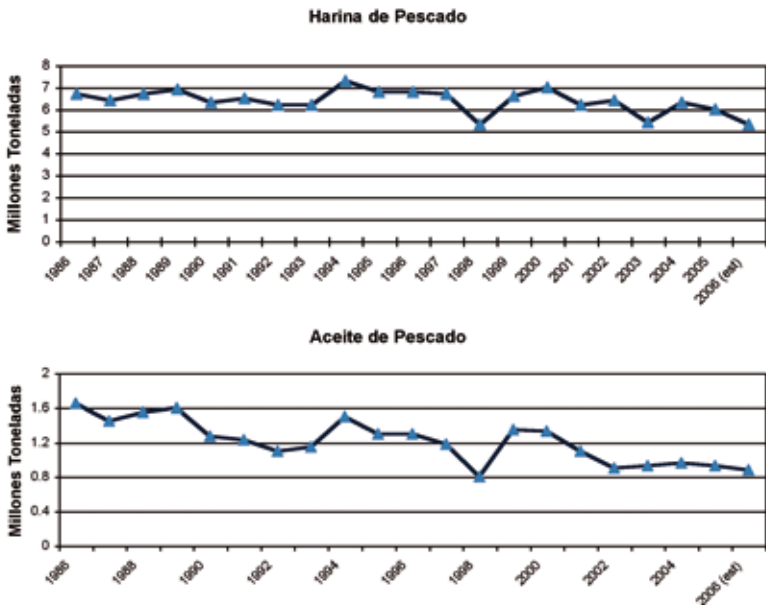
Figura 8. Capturas Mundiales de Pescado para Transformación en Harinas (FAO, 2005a)



Pacífica de América del Sur, pero también del Atlántico Noreste y del Mar del Norte. Las principales especies que son procesadas a harina y aceite de pescado son anchoveta, chincho, jurel, anguila jardinera, espadín, bacaladilla, capellán y arenque.

Actualmente, cerca de 28 millones de toneladas de pescado (30% de las capturas a nivel mundial) y 5 millones de toneladas de desechos generados durante el procesado de los peces destinados a la alimentación, son utilizados para producir harina y aceites de pescado (IFFO, 2002). El porcentaje de la producción mundial anual de harina de pescado es de 6,3 millones de toneladas, y 1,1 millones de toneladas de aceite de pescado. Las gráficas de producción (Figura 9) se han mantenido relativamente constantes en las últimas décadas, aunque no ha sido hasta los últimos años que se han realizado esfuerzos para certificar la sostenibilidad de estos stocks. Hay que tener en cuenta que estos peces tienen ciclos de vida cortos que permiten una rápida recuperación anual de los stocks. A pesar de ello, aunque parece viable garantizar el mantenimiento de los volúmenes de producción mundiales de harina y aceite de pescado, existe un aumento de la demanda de estos productos para animales terrestres y acuáticos.

Figura 9. Producción mundial de harina y aceite de pescado (IFFO, 2006)



La utilización de harina y aceite de pescado es ventajosa para la alimentación de especies acuáticas, incluso para los organismos terrestres, debido a que produce crecimientos óptimos, beneficios para la salud y son asequibles. Gracias a estos ingredientes, se obtienen dietas equilibradas y de alta digestibilidad que son ricas en proteínas, lípidos, minerales y un amplio rango de micronutrientes.

La industria de piensos para organismos acuáticos consume cerca del 50% de la producción mundial de harina y más del 80% de la producción de aceite de pescado. Se ha pronosticado que estos porcentajes continuarán aumentando en el futuro, tal y como muestran las Figuras 10 y 11.

Figura 10. Utilización global de harina y aceite de pescado estimado en 2002 (Pike, 2005)

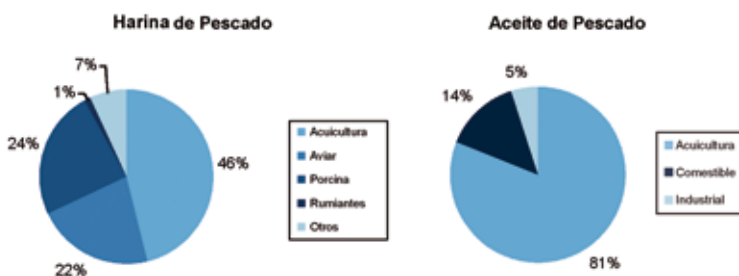
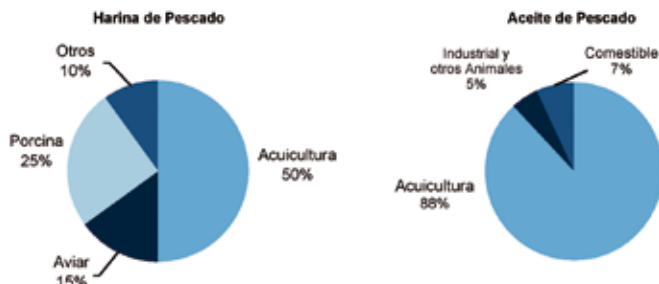


Figura 11. Utilización global de harina y aceite de pescado en 2012 (Pike, 2005)



Debido a la rápida expansión de la industria acuícola, urge la necesidad de disminuir la dependencia que tiene este sector de las capturas de organismos marinos silvestres.

## Situación científica actual

Hoy en día la fabricación de dietas para organismos acuáticos no se basa en un solo ingrediente. La formulación de dietas para peces es más compleja con el paso del tiempo y está compuesta por una amplia variedad de ingredientes. Ninguna materia prima, por sí sola, es capaz de sustituir a la harina y al aceite de pescado. Este nuevo principio de formulación implica que se tengan que equilibrar los valores nutricionales de las dietas a nivel molecular, así como utilizar pequeñas cantidades de un número elevado de ingredientes distintos. Por lo tanto, hay que fomentar la investigación de la determinación de la idoneidad de diversas materias primas.

Se han realizado diversos estudios para poder identificar fuentes alternativas de lípidos y proteínas. Actualmente se sigue investigando con el objetivo de encontrar posibles sustituciones sostenibles para las fuentes de harina y el aceite de pescado, sin que se vean afectados el crecimiento, la calidad y el bienestar de los organismos cultivados. Con ello se permitiría un crecimiento adecuado de la industria acuícola en el futuro. Se han realizado estudios con aceites y harinas de origen animal y vegetal, los cuales pueden reducir tanto la presión pesquera sobre los stocks pelágicos silvestres como el coste de las dietas (Sabaut, 2002; Bell *et al.*, 2003). A pesar de todo, la producción de dietas a bajo coste no reduciría necesariamente el coste de producción de los acuicultores, ya que si el crecimiento de los organismos cultivados es menos satisfactorio y el índice de conversión alimenticia se ve aumentado, será necesario proporcionar una mayor cantidad de alimento por kilogramo de organismo producido.

La completa sustitución o reemplazo de harina de pescado por una fuente de proteína más sostenible y renovable, tal como aceite de semillas o harinas vegetales, planteó en el pasado numerosas cuestiones, parcialmente debido al balance inapropiado de aminoácidos y a la baja digestibilidad de las proteínas (Sargent y Tacon, 1999; Webster *et al.*, 1999; Bell *et al.*, 2002; Martínez, 2005).

Los mejores resultados se han obtenido en especies de crustáceos y en peces herbívoros y omnívoros (carpa, tilapia, pez gato, langostino del Pacífico y otros), donde la sustitución total de harina y aceite de pescado no afectó a su crecimiento o eficiencia alimentaria (Davis *et al.*, 2004; Muzinic *et al.*, 2004; Yu, 2004).

Por otro lado, en especies carnívoras como la dorada y la lubina, se demostró que se podía sustituir el aceite de pescado (hasta un 60%) por diversos aceites vegetales (aceites de soja, colza y lino), sin afectar negativamente al desarrollo de los peces ni a la calidad del filete. Además, incluso con niveles de sustitución elevados, se siguen manteniendo los efectos beneficiosos que aporta el consumo de pescado cultivado sobre la salud humana, tales como la reducción de problemas cardiovasculares o la reducción de los niveles de colesterol (Izquierdo *et al.*, 2003).

Otra posible opción es la utilización de los desechos generados durante el procesado de los productos de la pesca y la agricultura, los cuales pueden reciclarse y utilizarse posteriormente en las dietas de acuicultura. Como ejemplos están las harinas y aceites de peces y crustáceos generadas por los descartes; cebada y extractos de levadura generados por los productos de la fermentación y elaboración; granos rotos de arroz, arroz y salvado de trigo de los desechos obtenidos durante el molido de los cereales (New *et al.*, 1995; Tacon, 2004).

### Justificación

El desarrollo de la acuicultura en el futuro está fuertemente ligado con la posibilidad de proveer ingredientes para las dietas que sean sostenibles. El marcado incremento de la producción de la acuicultura actual, tiene que tener en cuenta que la harina y el aceite de pescado son recursos limitados a nivel mundial. Si se desea mantener el incremento de la producción de especies carnívoras, se tienen que conseguir mejoras en la alimentación de esos organismos, así como encontrar materias primas alternativas para dichas dietas.

### Principio

La producción de dietas para organismos acuáticos se debe realizar de forma sostenible. La fuente de las materias primas utilizadas debe ser medioambientalmente aceptable y no debe producir impactos perjudiciales en los ecosistemas de los que se obtienen dichos ingredientes.

## Directrices

### Respecto al origen de las materias primas

- **El origen de las materias primas debe estar certificado como sostenible.** Una de las medidas más importantes para asegurar la sostenibilidad de la acuicultura a nivel global es la certificación de sostenibilidad de las fuentes de materias primas utilizadas en la fabricación de dietas para la acuicultura. Es probable que este tipo de certificación no sea viable hoy en día, pero debe ser el objetivo en un futuro. Esta certificación no debe reducirse sólo a los stocks pesqueros utilizados para la producción de harina y aceite de pescado, sino que también al resto de ingredientes, incluyendo los productos agrícolas.

### Respecto al uso de dietas y tecnología

- **Se debe recomendar el uso de piensos.** Las dietas formuladas generalmente en forma de pienso proporcionan un desarrollo mejor que otros tipos de alimento, en relación con los beneficios nutricionales, salud animal y seguridad alimentaria. Esta recomendación no está dirigida a los organismos filtradores, ya que ellos captan el alimento directamente del medio ambiente local.
- **Se debe mejorar la gestión de la alimentación.** La manera en que el alimento es suministrado a los organismos acuáticos es importante, ya que de ello depende la optimización y la reducción de pérdidas de alimento. Las mejoras en el uso del alimento contribuirán a optimizar la utilización de los peces silvestres para la fabricación de harinas y aceites. Se debe realizar un esfuerzo para que los trabajadores de las granjas acuícolas en todos sus niveles estén concienciados sobre este tema.
- **Se deben mejorar las tecnologías de producción de piensos, así como la calidad de las dietas.** Se deben promover las nuevas tecnologías de fabricación para mejorar la calidad de las dietas, y por lo tanto, su eficiencia.



## Respecto al uso de fuentes alternativas para ingredientes de las dietas

- **Se debe fomentar la utilización de ingredientes alternativos.** Los ingredientes utilizados deben cumplir los requerimientos estándar de seguridad alimentaria, rentabilidad, salud y bienestar animal, ser producidos de una forma sostenible y proporcionar valores nutricionales adecuados a los consumidores. Estos ingredientes alternativos incluyen proteínas y aceites vegetales, así como subproductos de procesados terrestres, levaduras fermentadas y otros.
- **Se debe promover el uso de distintas fuentes de proteínas y aceites de origen marino.** Los mares y océanos del mundo contienen recursos sin descubrir que podrían ser usados como ingredientes para la fabricación de dietas utilizadas en la acuicultura. En algunos casos, éstos pueden obtenerse de la naturaleza de manera sostenible si se toman las medidas necesarias, como el caso del krill, o la utilización de restos de la industria de procesado, dando a la vez un valor añadido a estos subproductos. En otros casos, estas materias primas pueden ser cultivadas con ese objetivo, como por ejemplo algas, lombrices o moluscos.
- **Se debe promover la investigación de fuentes alternativas de ingredientes para las dietas.** En particular, se debe promover la colaboración entre científicos, productores de dietas para organismos acuáticos y productores de acuicultura.

## Respecto a la optimización de los nutrientes

- **Se debe promover el cultivo de especies situadas en la parte inferior de la cadena alimentaria (trófica).** La producción de especies de bajo nivel trófico, como especies herbívoras u omnívoras, reduciría el porcentaje de harina y aceite de pescado utilizado, además de ser más eficiente ecológicamente. Peces como lisa, carpa o tilapia, o moluscos como mejillones, almejas u ostras, pueden utilizar eficazmente los nutrientes disponibles en la columna de agua para crecer. En el caso de los peces, no

obstante, si se quiere obtener una producción razonable, se tiene que suministrar algún tipo de alimento o fertilizar las aguas donde se cultivan. A pesar de todo, los peces herbívoros tienen un reducido mercado en algunos países Mediterráneos.

- **Se debe promover la integración de la acuicultura con otras actividades agrícolas.** Con la integración de la producción acuícola con otras actividades agrícolas o ganaderas, la utilización de los recursos naturales sería más eficiente.

### ¿Qué tipo de alimento para qué tipo de pez?

“Convirtiendo a los peces carnívoros en herbívoros”, Powell (2003) sugirió esta idea como una solución más sostenible. Presenta sus propios retos pero, observando el aumento de los costes de la producción de peces carnívoros junto con las implicaciones ecológicas de la reducción de los stocks silvestres, parece el camino a seguir (New y Wijkstrom, 2002).



© Arturo Boyra/oceanografica.com

La conversión de peces carnívoros a herbívoros es una cuestión preocupante. Hoy en día se está realizando la sustitución parcial de harina y aceite de pescado por proteínas y aceites vegetales en las dietas para peces. Con el tiempo, y en aras de la sostenibilidad, el porcentaje de sustitución probablemente aumentará. Hay un enfrentamiento aparente de los conceptos éticos entre lo que se cree que es “natural” y lo que se considera “sostenible”.

También preocupa la seguridad alimentaria en relación con la inclusión de proteínas de origen animal terrestre en las dietas para peces. La utilización de harina de sangre, normalmente de porcino, en dietas para peces carnívoros se ha realizado a nivel mundial durante décadas debido a su alta calidad. Después de la crisis surgida a partir de la Encefalopatía Espongiforme Bovina (EEB) en 1986, la utilización de estas proteínas

se prohibió, como precaución, en la Unión Europea. En 2003, después de que los Comités Científicos de la Comisión Europea demostraran la seguridad de estos ingredientes, se autorizó el uso de harina de sangre de animales no rumiantes. Sin embargo, el uso de estas proteínas en dietas para organismos acuáticos en Europa es reducido, ya que el sector acuícola está preocupado por su propia imagen. Por el contrario, estas fuentes de proteínas son ampliamente utilizadas en Asia y América.

El uso de organismos modificados genéticamente (OMGs) como ingredientes de las dietas utilizadas en la acuicultura podría ser una solución. La producción de aceites a partir de plantas modificadas genéticamente, y con perfiles de composición adaptados, podría ser la solución final a la escasez de aceite de pescado. Sin embargo, su aplicación en Europa requeriría pruebas sólidas de seguridad alimentaria y medioambiental, así como un cambio de actitud de los consumidores y legisladores respecto a los organismos modificados genéticamente.

# Materia Orgánica en los Efluentes

Esta guía trata sobre los efectos medioambientales de la materia orgánica que contienen los efluentes de las instalaciones acuícolas. Estos efluentes incluyen alimento no ingerido, excrecciones metabólicas, heces y peces muertos, y están formados tanto por residuos sólidos como por nutrientes orgánicos e inorgánicos. Si el flujo de estos compuestos hacia el medioambiente supera la capacidad de asimilación de los ecosistemas, podría causar impactos severos tanto en la columna de agua como en el bentos (comunidades del sustrato), tales como eutrofización, agotamiento de oxígeno y alteración de la biodiversidad local.

## Situación actual

Existe un gran número de compuestos químicos que la acuicultura puede

liberar al ecosistema marino adyacente; algunos en forma particulada y otros en forma soluble. Los mayores flujos de compuestos químicos liberados son carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P), los cuales son subproductos del metabolismo de los peces, existiendo a su vez un gran consumo de oxígeno disuelto debido a la respiración de los peces cultivados y de la fauna y flora asociadas a las granjas acuícolas. Si las ubicaciones de las granjas acuícolas están bien escogidas, en áreas con un flujo de corriente razonable, no están previstos problemas asociados al consumo de oxígeno (a no ser que otras granjas o actividades que demanden oxígeno estén situadas en la misma corriente) – este tema se tratará en profundidad en la guía sobre la “Selección del sitio”. La



mayoría del carbono liberado al medio se excreta en forma de  $\text{CO}_2$ , el cual en teoría, puede afectar al pH del agua marina. Pero de nuevo, si existe una correcta ubicación de las instalaciones, no se debería producir tal efecto; además no se conocen casos en los que las granjas de peces hayan causado una alteración en el pH. El carbono inorgánico, otra de las formas en las que es liberado al medio, se origina a partir de pérdida de alimento, heces, excreciones mucosas, escamas, compuestos orgánicos disueltos y peces muertos. El amonio es la forma predominante de N liberado por los viveros marinos de peces, mientras que una pequeña parte se libera en forma de compuestos de N orgánicos disueltos y particulados. Los niveles de nitritos y nitratos son generalmente muy bajos en las proximidades de los viveros, a no ser que exista una fuerte actividad nitrificante cercana. El fósforo es excretado por los peces como ortofosfato disuelto o como compuestos orgánicos de P, observándose a menudo un pico de fósforo sedimentario alrededor de las granjas de peces, relacionado parcialmente con la abundancia de P en las harinas de pescado y en los huesos de los peces. En el cultivo en viveros marinos el C, N y P entran en el ecosistema sin un tratamiento previo, mientras que en las instalaciones ubicadas en tierra, la carga de nutrientes de los efluentes puede ser eliminada o minimizada antes de su descarga al mar mediante un tratamiento previo. Los efluentes sólidos y disueltos pueden causar diversos problemas tales como eutrofización, agotamiento de oxígeno y alteración de la biodiversidad local, tanto en la columna de agua como en el fondo marino. Para aumentar la sostenibilidad de las actividades acuícolas, se debe reducir el efecto que ejercen los efluentes de las granjas en los sistemas pelágicos y bentónicos.

Existe una preocupación creciente en muchos países, tanto a nivel público como científico, respecto a la sostenibilidad de esta industria en expansión, tal y como se muestra en una reciente edición especial del Manual de Química Medioambiental dedicado por completo a los efectos medioambientales asociados a la acuicultura de peces marinos (Hargrave, 2005). La magnitud del impacto ecológico dependerá de las condiciones físicas y oceanográficas del lugar, temperatura del agua y capacidad de asimilación del ecosistema, gestión de la granja, tamaño de la misma, densidad de cultivo, duración de las operaciones de cultivo, digestibilidad de la comida, estado de salud, etc.

Existen dos tipos generales de residuos producidos por los subproductos:

- Materia particulada, incluyendo sólidos en suspensión y sedimentados que pueden incluir heces, alimento no ingerido, materia orgánica, y compuestos que contengan nitrógeno y fósforo.
- Materia soluble, incluyendo compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos, principalmente nitrógeno y fósforo, derivada del metabolismo de peces y moluscos (como el amonio, orina) y la descomposición de residuos sólidos (materia sólida).

Las descargas de residuos sólidos desde los viveros afectan a la composición y abundancia de las bacterias endémicas y de las poblaciones de fauna y flora. Debido a la alteración física del fondo marino bajo los viveros (cambios en la distribución del tamaño de grano, de la porosidad, etc.), así como la alteración química (hipoxia, anoxia, pH, sulfitos, niveles de nutrientes en el agua intersticial) y de la composición biológica de los sedimentos, la estructura de las comunidades bentónicas existentes a menudo se ve modificada (Costa-Pierce, 1996; Burd, 1997; Boesch *et al.*, 2001; Vezzulli *et al.*, 2002). Elevadas concentraciones de sólidos en suspensión pueden reducir la penetración de la luz solar en la columna de agua, alterando la actividad fotosintética y afectando a los macrófitos y fanerógamas. La extensión de las áreas afectadas de fondo marino varía considerablemente en función de la hidrografía, batimetría, profundidad, así como otros factores adicionales, pero en general, la mayoría de estudios muestran un claro impacto en la zona comprendida entre 50-150m (Angel *et al.*, 1995, Beveridge, 1996; EAO, 1998; Pearson y Black, 2000; Chelossi *et al.*, 2003; Sarà *et al.*, 2004; Porrello *et al.*, 2005).

Los viveros con biomasa elevada, a menudo situadas cerca de la línea de costa y en aguas poco profundas, pueden ocasionar alteraciones en la calidad del agua y en los sedimentos subyacentes, localizados tanto en la región adyacente a la granja acuícola como hasta a cierta distancia. El alcance de los efectos causados por las granjas marinas está limitado generalmente en espacio (Pearson y Black, 2000); aunque el efecto de la hidrodinámica local (fuerzas dispersantes) se debe tener en cuenta (Sarà *et al.*, 2004, 2006). En áreas con baja circulación de agua pueden ocurrir efectos ambientales de forma extensa tales como el agotamiento del oxígeno y el enriquecimiento

de nutrientes (derivados de la pérdida de alimento, heces y productos de excreción). Por otra parte, en las zonas donde existe poca circulación se puede producir una acumulación en el bentos de materia orgánica particulada, seguida de una situación de anoxia y acumulación de sulfuro de hidrógeno en los sedimentos. Este fenómeno ha sido ampliamente estudiado en las aguas frías del Norte y Sur (Noruega, Chile, Irlanda, Canadá, Escocia, Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda), relacionándolo con el cultivo de salmónidos que se desarrolla principalmente en aguas de gran productividad. Los estudios realizados sobre la acuicultura en aguas templadas son más recientes, como es el caso de las aguas oligotróficas del Mar Mediterráneo y el Mar Rojo (Angel *et al.*, 1995, Karakassis *et al.*, 2000; Kovac *et al.*, 2004), y están principalmente vinculados a proyectos de investigación de colaboración multinacional (MARAQUA, BIOFAQs, MEDVEG, ECASA, etc.). A pesar de las diferencias entre el medio ambiente y las especies cultivadas, muchos de los efectos y procesos medioambientales son bastante similares.

### Situación Científica Actual

Una de las principales dificultades del estudio de los impactos derivados de las descargas de N y P procedentes de la acuicultura es que las descargas de nutrientes también pueden proceder de otras fuentes (efluentes procedentes de ríos y aguas residuales). En aguas donde los nutrientes son limitados, pequeñas descargas adicionales pueden aumentar la productividad y biodiversidad de la zona, y puede derivar en eutrofización si la circulación del agua (dispersión de nutrientes) no es alta.

Un elevado número de estudios y proyectos a gran escala (MEDVEG, MERAMED, etc.) mostraron que los efectos de la acuicultura sobre el bentos están limitados a distancias cortas desde los viveros, no excediendo los 30-50 m como norma general. Existen evidencias de que las comunidades de peces pelágicos, invertebrados y fanerógamas marinas pueden verse afectados a distancias mayores (Dimech *et al.*, 2000; Pergent-Martini *et al.*, 2006). Es ampliamente conocido que el cultivo de peces libera una cantidad considerable de nutrientes al medio ambiente marino, y por lo tanto, es razonable esperar efectos en una

escala de tiempo más amplia, concretamente cuando se establece un grupo de granjas en una bahía costera. Datos procedentes de proyectos a gran escala (incluyendo MARAQUA, BIOFAQs, AQUCESS, ECASA) indican que estos cambios también pueden afectar a las comunidades bentónicas y piscícolas que habitan en los alrededores de las áreas donde se desarrolla la acuicultura, y concretamente en los ambientes oligotróficos como el Mar Mediterráneo, donde la escasez de nutrientes limita la productividad.

El tiempo estimado para que el bentos recupere la abundancia de especies, riqueza y biomasa después de que las actividades de producción acuícola cesen oscila desde unos pocos meses hasta cinco años, dependiendo de la escala y duración de la actividad de cultivo y de la geografía del área (Burd, 1997; Angel *et al.*, 1998; Mazzola *et al.*, 2000; McGhie *et al.*, 2000; Pohle *et al.*, 2001; Pergent-Martini *et al.*, 2006). El gran aporte de materia orgánica bajo y cerca de los viveros resulta en un ligero descenso de la biomasa de la meiofauna béntica y en un empobrecimiento de la diversidad de especies. La abundancia de los principales grupos de meiofauna (Nemátodos, Harpaticóideos, Poliquetos, Turbelarios y Bivalvos) ha aumentado gradualmente desde las granjas de peces en dirección a las áreas no afectadas. La diversidad aumenta desde un nivel bajo encontrado debajo de los viveros, hasta un nivel más alto encontrado a 200m de las mismas (considerado como zona de control).

Además de las descargas de residuos sólidos, otra fuente importante de N y P en las aguas que rodean las instalaciones son el efluente de nutrientes inorgánicos disueltos a las aguas de las capas menos profundas seguido de la descomposición de materia orgánica. Un exceso de nitrógeno y fósforo puede derivar en eutrofización, expresándose como un aumento en la producción primaria, cambios en la composición de algas, “blooms” de algas (que pueden ser tóxicos) y, cuando las algas se descomponen, pueden darse situaciones de hipoxia y anoxia (Gismervik *et al.*, 1997; McClelland y Valiella 1998; Worm *et al.*, 1999; GESAMP, 1990; Worm y Lotze, 2000; Worm *et al.*, 2000). Estudios realizados en instalaciones de crustáceos muestran que la extensión de los efectos causados por nutrientes (descomposición de biodepositos) está relacionada con los parámetros oceanográficos y biológicos de la zona. Estos estudios mostraron diferentes efectos sobre el bentos, que van desde ningún efecto apreciable (Hostin, 2003), un efecto leve (Buschmann *et al.*, 1996; Crawford *et al.*, 2003; Miron *et al.*, 2005; Da Costa y Nalesso, 2006) y efectos importantes (Mirto *et al.*, 2000; Chamberlain



*et al.*, 2001; Christensen *et al.*, 2003; Smith & Shackley, 2004). En la Bahía de Fundy, se detectó un aumento en la concentración de zinc en sedimentos intermareales localizados a más de 1 Km de la granja acuícola de salmónidos más cercana, por lo que la fracción disuelta pudo desplazarse hasta esas distancias. Al mismo tiempo, se observó un aumento en la biomasa de algas verdes (principalmente *Ulva*). La cubierta algal afecta negativamente al reclutamiento y comportamiento de las almejas (por ejemplo, al crecimiento y supervivencia), y por lo tanto, a la cosecha anual de este bivalvo (Robinson *et al.*, 2005). El estudio realizado por Kovac *et al.* (2004) en la Bahía de Piran (Norte del Mar Adriático, Eslovenia), demostró el impacto a largo plazo que tiene la acuicultura en las comunidades de la meiofauna.

Se han propuesto diversas medidas con objeto de mitigar el enriquecimiento de materia orgánica e inorgánica cerca o bajo los viveros, las cuales se pueden clasificar en dos tipos principales:

- **Biofiltros**

En 2002 Angel y Spanier propusieron la instalación de arrecifes plásticos artificiales cerca de los viveros, promoviendo el crecimiento de organismos filtradores incrustantes (principalmente tunicados y briozoos) para la retención y filtración de materia particulada (y disuelta) procedente de los viveros. Para reducir el flujo de nutrientes disueltos que emanan de las instalaciones acuícolas a las aguas circundantes, se pueden utilizar algas y otros organismos biofiltrantes para capturar amonio y fósforo, así como para oxigenar estanques de cultivo (Krom *et al.*, 1995; Troell *et al.*, 1997; Chopin *et al.*, 1999; Soto y Mena, 1999; Jones *et al.*, 2001; Marinho-Soriano *et al.*, 2002; Neori *et al.*, 2004).

- **Acuicultura integrada**

Estudios recientes demuestran el potencial que poseen las técnicas de acuicultura integrada (policultivo) para capturar y aprovechar el flujo de nutrientes particulados y disueltos que provienen tanto de sistemas de cultivo basados en tierra como en viveros marinos (Chopin *et al.*, 2001; Hussenot, 2003; Neori *et al.*, 2003; Troell *et al.*, 2003; Angel, 2004; Viera *et al.*, 2006). Este enfoque se está probando en varios países: Canadá, Escocia, Israel, Sudáfrica, Australia,

España y Chile. Diferentes estrategias basadas en este enfoque se han utilizado durante muchos años en Asia, incluyendo China y Vietnam, donde el policultivo es una práctica tradicional (Alongi *et al.*, 2000).

## Justificación

Los desechos de las dietas utilizadas en acuicultura pueden afectar a la calidad del agua aumentando la turbidez o alterando las concentraciones de nutrientes disueltos y sólidos en suspensión, y pueden afectar al bentos subyacente de diversos modos. Hay varias formas de reducir estos impactos sobre la calidad del agua o del bentos, pero las tecnologías actuales suelen ser de elevado coste y no se han probado lo suficiente para conocer su viabilidad medioambiental, práctica y económica.

## Principio

La materia orgánica proveniente de granjas acuícolas debe poder ser asimilada por el ecosistema receptor, cualitativa y cuantitativamente, y por lo tanto, no producir impactos negativos sobre el ecosistema local.

## Directrices

### Respecto de la gestión de la granja acuícola

- **Se deben gestionar las granjas acuícolas con el fin de controlar la carga de nutrientes de sus efluentes.** Para poder controlar la producción de materia orgánica es crítico realizar una gestión apropiada. El mayor aporte de materia orgánica proviene de las dietas, por lo que la calidad de las dietas y las prácticas de alimentación son claves. Siempre que sea posible (por ejemplo, en instalaciones situadas en tierra) la materia orgánica debe eliminarse de los efluentes.
- **Se debe entender la calidad del alimento como un factor esencial en el control de la materia orgánica.** Por tanto, se han de tener en cuenta la composición de las dietas (tipos y digestibilidad de proteínas y aceites), la tecnología de fabricación (como la extrusión), el tamaño de grano adecuado (acorde con el tamaño del organismo y especie)

y la presencia de polvo. Además, la calidad de las dietas debe ser elevada y no contener elementos perjudiciales tales como metales pesados u otros componentes indeseables.

- **Se deben aplicar prácticas de alimentación adecuadas.** Ello incluye un suministro adecuado (acorde con el stock), un método de distribución (repartido lo más homogéneamente posible en el sistema de cultivo), y las condiciones de almacenamiento de las dietas (manteniendo la calidad nutricional y palatabilidad del alimento). Los encargados de alimentar a los organismos deben recibir una formación adecuada.
- **Se deben extraer los organismos muertos y eliminarlos de forma adecuada.** Los restos de organismos producidos por la mortalidad diaria deben extraerse de los sistemas de cultivo y ser eliminados de manera apropiada.

### Respecto a minimizar los efluentes con materia orgánica

- **Se debe tener en cuenta, a la hora de ubicar las granjas acuícolas, los posibles efectos de la materia orgánica proveniente de los efluentes de las mismas.** Las corrientes locales y la profundidad del agua juegan un papel crucial en la capacidad de dispersión y absorción de materia orgánica por parte del ecosistema. Los decisores de la localización de las granjas acuícolas tienen que considerar estas condiciones hidrodinámicas conjuntamente con la producción prevista.
- **Se debe promover el desarrollo de sistemas de recirculación.** En instalaciones en tierra, la recirculación parcial o total de las aguas de cultivo permiten la reutilización de las aguas y la eliminación de la materia orgánica.
- **Se debe promover el policultivo como práctica de aprovechamiento y revalorización de la materia orgánica.** Los sistemas de policultivo pueden ser herramientas útiles para mitigar el aporte de nutrientes al ecosistema, a la vez que se produce otro cultivo de valor.

- **Se debe fomentar la utilización de sistemas biológicos que absorban la materia orgánica.** La construcción de estructuras físicas en los alrededores de las granjas acuícolas puede promover la aparición de comunidades vegetales y de animales filtradores; éstas retienen partículas y utilizan la materia orgánica para su supervivencia. Marismas costeras o arrecifes artificiales pueden servir para ese propósito.
- **Se debe promover la investigación para la recuperación, eliminación y reutilización de los residuos sólidos.** Se deben mejorar los métodos de tratamiento y recuperación de residuos, como por ejemplo en el sector agro-industrial.

## Barbecho de las aguas

En acuicultura la práctica de rotar la producción entre diferentes zonas se conoce como “fallowing” (barbecho). El hecho de dejar una zona sin producir durante un periodo razonable de tiempo da la oportunidad al ecosistema local de asimilar la materia orgánica acumulada y restablecer sus condiciones iniciales. Al mismo tiempo, este proceso interrumpe los ciclos de vida de los organismos potencialmente patógenos y contribuye a asegurar un buen estado sanitario en la próxima generación de organismos que se cultiven en esa zona.



© Guzel Yucel-Gier

El barbecho es una práctica común en los países del Norte de Europa, pero no es el caso de la región Mediterránea. En la mayoría de países existen importantes limitaciones legales respecto a la posibilidad de disponer de varias zonas para una única instalación acuícola. Al mismo tiempo, es necesario realizar más estudios sobre esta práctica para demostrar su utilidad en aguas más templadas, donde las reacciones bioquímicas en la materia orgánica se dan a velocidades más altas.



# Transferencia de Patógenos

Esta Guía trata sobre la interacción entre la acuicultura y la posible transferencia de patógenos hacia y desde el medio ambiente silvestre.

## Situación actual

Los agentes patógenos, como parte del ecosistema natural, no causan brotes patológicos si no se producen cambios ambientales de importancia (Winton, 2001). A pesar de ello, condiciones subóptimas e inadecuadas prácticas de gestión en las instalaciones acuícolas (elevadas densidades, sobrealimentación o desequilibrio nutricional), pueden inducir al estrés de los organismos cultivados, y con ello hacer que sean más susceptibles a los brotes patológicos (Verschuere *et al.*, 2000; Winton, 2001; Weber, 2003; Schulze *et al.*, 2006).



© BIOGES

Una de las limitaciones más importantes en la producción de peces y crustáceos es la aparición de enfermedades (Verschuere *et al.*, 2000; Schulze *et al.*, 2006), lo que conlleva pérdidas económicas, y por lo tanto la insostenibilidad del sector acuícola. Al mismo tiempo, las enfermedades importadas pueden afectar a las poblaciones silvestres causando alteraciones en el equilibrio del ecosistema.

Las enfermedades de los organismos acuáticos generalmente se transmiten a los sistemas de producción desde el medio ambiente donde

estos patógenos se encuentran en concentraciones sub-letales, afectando a los stocks de peces que puedan estar bajo condiciones estresantes. Raramente se ha mencionado la transferencia de patógenos de pescado sin procesar utilizado como alimento fresco para acuicultura (Anon, 2005). A pesar de todo, como el pescado utilizado está generalmente congelado, tan solo virus y algunos tipos de bacterias pueden sobrevivir (Goodwin *et al.*, 2004).

Por otro lado, en el Mediterráneo no existen evidencias documentadas de transferencia de patógenos por parte de las especies cultivadas a las silvestres. Se ha determinado la baja incidencia y escaso riesgo de transferencia de patologías potenciales desde los organismos cultivados a las poblaciones silvestres (Waknitz *et al.*, 2002; Gardner *et al.*, 2004). Aunque un caso muy diferente es la introducción de especies exóticas, las cuales han demostrado ser la causa de propagación de varias patologías en todo el mundo.

Los sistemas acuícolas abiertos están más expuestos a los patógenos del medio ambiente natural que los sistemas cerrados y el control de este riesgo es complicado. Sin embargo, medidas proactivas como la ubicación adecuada de la instalación acuícola, elección de las especies a cultivar, sistemas de cultivo adecuados, planes de contingencia y sistemas de monitorización pueden reducir este riesgo (McVicar, 1997; Myrick, 2002).

### **Situación científica actual**

Blazer y LaPatra (2002) identificaron tres modos potenciales para la transmisión de patógenos: primero, la introducción de nuevos patógenos en un área vía importación de especies exóticas para su cultivo; segundo, la introducción de nuevos patógenos o nuevas cepas patógenas vía movilización de especies cultivadas (autóctonas y exóticas); y tercero, la amplificación de patógenos existentes en poblaciones silvestres y su transmisión entre las poblaciones silvestres y cultivadas vía cultivo intensivo, pudiendo destruir las condiciones de cultivo.

Recientemente se ha resaltado que la posible introducción en el ecosistema de patógenos puede estar asociada a la liberación no

intencionada de ejemplares cultivados infectados (autóctonos y exóticos). Aunque no existen datos científicos que demuestren la transferencia de patógenos entre stocks (De Silva *et al.*, 2006).

Actualmente, la investigación se centra en determinar la situación de transferencia de patógenos entre los organismos cultivados y los silvestres. No obstante, este hecho es difícil de determinar o correlacionar porque puede estar asociado a otros factores.

### Justificación

Las granjas acuícolas se basan generalmente en sistemas abiertos de producción, en los cuales los patógenos pueden entrar y salir e interactuar con las poblaciones silvestres. Aunque en el Mediterráneo raramente se dan casos de transferencia de patógenos entre poblaciones silvestres y cultivadas y viceversa, el continuo crecimiento de la acuicultura aumenta el riesgo de que pueda suceder en un futuro. No obstante, este riesgo es alto en el caso de introducción de especies exóticas que puedan transmitir enfermedades especialmente virulentas para las especies autóctonas.

### Principio

Se debe minimizar la posible transferencia de patógenos entre organismos cultivados y poblaciones silvestres.

### Directrices

- **Los organismos cultivados deben estar en las mejores condiciones de salud.** Los animales en perfecto estado sanitario son menos susceptibles a las enfermedades y el riesgo de transferencia de patógenos a las poblaciones silvestres se ve minimizado. Al mismo tiempo, son menos susceptibles a los efectos de los patógenos importados desde el medio ambiente.
- **Los brotes de enfermedades surgidos en granjas acuícolas deben ser prevenidos, contenidos y gestionados.** Este hecho se conseguiría mediante la aplicación de medidas como pueden ser la



monitorización del estado de salud, una diagnosis rápida y la aplicación de los tratamientos apropiados bajo prescripción y supervisión veterinaria cuando se produzcan brotes patológicos.

- **Se deben llevar a cabo medidas de precaución para prevenir la transferencia de patógenos.** Estas medidas incluirían asegurarse de que el stock capturado e introducido en los sistemas de producción esté en perfecto estado sanitario y sean de origen conocido, aplicando periodos de cuarentena, clasificando a los organismos por edad y asegurando su correcta vacunación. Estas medidas tienen que ser especialmente estrictas cuando se trate de introducciones de especies exóticas.
- **Se deben llevar a cabo medidas especiales de bioseguridad para limitar la introducción de patógenos en los criaderos.** La transmisión vertical de patologías en los ciclos de producción acuícola puede afectar potencialmente o ser causada por poblaciones silvestres. Esta vía debe detenerse a nivel de criadero con medidas tales como: utilización de reproductores sanos, esterilización del agua entrante, control de otras entradas como el alimento, minimización de las situaciones de manejo y estrés, y la implementación de protocolos de limpieza y desinfección.
- **Se debe promover la investigación y el monitoreo de la epidemiología de enfermedades ocurrentes en las poblaciones silvestres cercanas a las áreas de acuicultura.** Es necesario un mayor conocimiento para poder evaluar los impactos de las patologías transferidas desde los organismos cultivados a los silvestres, y viceversa.

## Productos Terapéuticos y otros

Los medicamentos de uso veterinario y los productos terapéuticos son herramientas para el manejo de la salud animal. Son importantes para el bienestar de los animales y también tienen que ser considerados desde el punto de vista de la seguridad alimentaria humana.

Cuando los medicamentos de uso veterinario son correctamente utilizados, en su mayoría, no presentan efectos adversos notables sobre el medio ambiente. Sin embargo, una dosificación excesiva y una inadecuada neutralización o dilución previa a la descarga hacia el medio ambiente, puede provocar que su utilización sea insegura y dañina para la vida silvestre próxima a las instalaciones acuícolas.



Esta Guía se ocupa de las interacciones entre las prácticas acuícolas, tales como la prevención y tratamiento de enfermedades, y la descarga no intencionada de los productos químicos usados al medio ambiente.

### Situación actual

Los productos terapéuticos usados en acuicultura incluyen un amplio rango de antibióticos, vacunas, pesticidas, desinfectantes y anestésicos. Estos se utilizan para controlar las infecciones microbianas, infecciones internas y externas por parásitos y para facilitar el manejo de los organismos cultivados. Debido a que la obtención de licencias de productos farmacéuticos es costosa, así como que presentan un reducido mercado en la acuicultura en comparación con las necesidades

humanas o del ganado, tan solo un pequeño número de medicamentos y productos químicos ha sido aprobado para su uso en acuicultura.

Los temas de preocupación con respecto a los impactos negativos de estos productos sobre el medio ambiente incluyen los residuos químicos en la fauna y en el suelo silvestre, los efectos tóxicos sobre especies a los que no van dirigidos (no diana), y las cepas bacterianas resistentes que pueden amenazar las actividades acuícolas, y que potencialmente pueden ser transferidas a la cadena alimenticia humana (Smith *et al.*, 1994; Schmidt *et al.*, 2001).

El impacto ecológico de estas sustancias químicas depende en gran medida de su tiempo de biodegradación, de los productos generados en su desintegración y de su tendencia a la acumulación en los tejidos animales.

Los brotes de enfermedades bacterianas aparecen principalmente cuando las instalaciones acuícolas no se gestionan de forma adecuada, causando situaciones estresantes para los animales, o debido a medidas sanitarias inapropiadas. La acuicultura intensiva presenta mayor riesgo de provocar situaciones de estrés a los organismos, contribuyendo a la mayoría de problemas que aparecen en los organismos cultivados, siendo una de las limitaciones de la producción de peces y moluscos (Bachère *et al.*, 1995; Verschuere *et al.*, 2000).

Los pesticidas normalmente son utilizados como herramienta para eliminar parásitos, pero sus residuos son a menudo tóxicos y persistentes en el agua y en el sedimento, causando la muerte a especies no diana y afectando al ecosistema natural, especialmente a los crustáceos.

En acuicultura se ha utilizado un amplio rango de anestésicos para sedar o calmar a los animales durante diversas prácticas como la vacunación, manejo, muestreos o transporte.

El uso de fármacos se puede reducir mediante prácticas de gestión y medidas de prevención sanitarias adecuadas, como puede ser el uso de vacunas e inmunoestimulantes. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un enfoque preventivo (profiláctico) para la gestión sanitaria, con el objetivo de evitar los elevados costes de los tratamientos

post-efecto y sus efectos medioambientales, tales como el aumento de patógenos resistentes, la acumulación en el subsuelo y sus efectos en los organismos no diana (OMS, 2002).

Una parte de las estrategias para la gestión sanitaria es el uso de vacunas (Thorarinsson y Powell, 2006). El desarrollo y uso de estas vacunas continua en aumento (NCR, 1999), sustituyendo el uso de antibióticos. Actualmente existen vacunas contra varios patógenos que afectan al sector de la acuicultura (Costello *et al.*, 2001). Estas pueden ser administradas de forma oral, por inyección, inmersión o en spray (Avault, 1997).

### Situación científica actual

La investigación veterinaria en acuicultura se centra en la producción de vacunas para cada una de las patologías conocidas y en el uso de productos químicos inocuos para el ambiente. El desarrollo de probióticos e inmunoestimulantes es una de las áreas de investigación más novedosas y con éxito debido a la capacidad que tienen de estimular el sistema inmune de los organismos cultivados (Dugenci, 2003; Rodríguez *et al.*, 2003; Torrecillas *et al.*, in press). A su vez, el uso de nuevos anestésicos también está siendo estudiado con el objetivo de reducir los efectos perjudiciales sobre los organismos cultivados y el medio ambiente.

Guichard y Licek (2006) determinaron recientemente el número de agentes antimicrobianos para su uso en acuicultura que poseen actividad microbiana en 31 países de la región Europea. Estos datos se encuentran resumidos por Pete Smith en un informe PANDA y quedan reflejados en la Tabla 4.

Tabla 4. Número de productos autorizados en los países Europeos para su uso en acuicultura.

Nº sustancias activas*	Países
0	9
1	7
2	5
3	8
4	2
5	0

\* Sustancias activas que presentan altos niveles de resistencia cruzada (tales como la flumequina y el ácido oxolínico) se encuentran agrupados juntos y tratados como un simple agente en esta Tabla.

Esta tabla muestra, a modo de resumen, que es necesario tomar medidas urgentes para facilitar una disponibilidad más amplia de medicamentos y vacunas debido al alto crecimiento de la acuicultura en Europa, en términos de bienestar de los organismos cultivados, sostenibilidad del sector y establecimiento de un sector sin barreras comerciales entre los Estados Miembros. Las limitaciones actuales para obtener licencias y el reducido tamaño de la industria acuícola, han desalentado la inversión por parte de las compañías farmacéuticas en la obtención de licencias para nuevos productos de uso en la acuicultura.

### Justificación

Como en toda la producción ganadera, la industria acuícola es susceptible a brotes patológicos, y por lo tanto, el uso de medicinas veterinarias es necesario. Estos compuestos químicos pueden tener un impacto negativo en el medio ambiente circundante si se utilizan de forma incorrecta. Por lo tanto, para minimizar los efectos perjudiciales sobre los organismos cultivados y el medio ambiente, se deben establecer medidas preventivas y tratamientos.

### Principio

El uso de productos terapéuticos se debe gestionar correctamente para minimizar los posibles efectos perjudiciales sobre el medio ambiente.

### Directrices

#### Respecto a la disminución del uso de productos terapéuticos

- **En acuicultura, las normas sanitarias se deben basar en medidas de profilaxis y de prevención apropiadas.** Para minimizar la aparición de brotes patológicos y el consecuente uso de antibióticos son necesarias unas buenas prácticas de gestión, así como tener en cuenta el bienestar animal, la vacunación y el refuerzo del sistema inmune.

- **Se debe evitar el uso de antibióticos como método profiláctico.** Su uso se considera aceptable únicamente cuando éste forma parte de una meticulosa estrategia previamente estudiada, siguiendo un antibiograma y la prescripción veterinaria.
- **Se debe disponer de medicamentos de uso veterinario más efectivos y seguros para su uso en la industria acuícola.** Se debe fomentar la búsqueda y la obtención de licencias para nuevas vacunas, así como la obtención de antibióticos más efectivos y seguros.

### **Respecto a la correcta gestión de productos terapéuticos y otros productos**

- **Se debe realizar un diagnóstico de enfermedades preciso en laboratorio previo al suministro de antibióticos.** Con objeto de hacer un uso responsable de los antibióticos, es necesario realizar antibiogramas a nivel de laboratorio previos a la aplicación de agentes terapéuticos.
- **Sólo deben utilizarse antibióticos con licencia legal.** Y deben ser únicamente utilizados bajo prescripción de un profesional cualificado.
- **Se debe reducir el uso de productos químicos persistentes.** Es recomendable utilizar productos químicos biodegradables cuando sea posible.
- **Se deben establecer planes sanitarios para prevenir el desarrollo de cepas microbianas resistentes a los antibióticos.** En la lucha frente a cada tipo de patología deberían estar disponibles varios tipos de antibióticos, ya que una alteración apropiada en su uso reduciría el riesgo de aparición de resistencias.



# Productos Antifouling

El fouling biológico marino, denominado generalmente como biofouling marino, se define como la acumulación no deseada de microorganismos, plantas o animales en la superficie de las estructuras sumergidas en aguas marinas. Es un problema complejo y que se repite afectando a las estructuras acuícolas sumergidas como pueden ser viveros marinos, redes y pontones; equipos y estructuras tales como tuberías, bombas, filtros y tanques de contención; e incluso especies cultivadas como mejillones, vieiras u ostras. Tales daños agregan un peso extra a las estructuras flotantes, reducen el flujo de agua, y por lo tanto los costes de producción se ven incrementados



© Arturo Boyra/oceanografica.com

debido a las pérdidas en la productividad y a la subida de los costes de mantenimiento. Existen diferentes procesos para combatir el biofouling, siendo el más tradicional el de recubrir las superficies sumergidas con pinturas anti-incrustantes similares a las utilizadas en la industria naval.

El objetivo de esta Guía es analizar la interacción entre los procesos de antifouling y el ecosistema.

## Situación actual

El principal efecto perjudicial que causa el biofouling a los sistemas acuícolas es la reducción de la disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua debido a la obstrucción de redes y tuberías, el aumento de



la concentración de dióxido de carbono en las aguas de cultivo, y un empeoramiento en la dispersión de amonio, alimento no ingerido y heces. Al mismo tiempo el biofouling agrega peso a las estructuras reduciendo la resistencia física a las fuerzas marinas, tales como tormentas y corrientes. Otra consecuencia importante del biofouling es que las estructuras acuícolas pueden actuar como depósitos para organismos patógenos, los cuales pueden afectar a los organismos cultivados (Tan *et al.*, 2002). Pero la gravedad de los problemas asociados al biofouling depende de su intensidad, y esta intensidad es específica del lugar, dependiendo de la situación geográfica, las condiciones ambientales y la estación del año.

La forma más común para prevenir o retrasar el biofouling en las estructuras sumergidas es recubrirlas con productos químicos antifouling. Además de sus características anti-incrustantes, estos productos también protegen a los materiales contra los efectos negativos de la exposición a la luz solar (por ejemplo, la degradación de redes y cuerdas por radiación ultravioleta).

En el pasado, los productos antifouling utilizados estaban basados en metales pesados tales como cromo y estaño. Hoy en día, el cobre es la principal sustancia activa utilizada, aunque varios estudios demuestran los efectos perjudiciales que tiene el cobre sobre los microorganismos y moluscos marinos (Manley, 1983; Viarengo, 1989; Elfving y Tedengren, 2002). El cobre está regulado por la legislación de la Unión Europea de Sustancias Peligrosas, y su liberación en el medio natural puede ser controlada mediante límites de descarga e investigación adicional (Henderson y Davies, 2000).

Actualmente, los productos antifouling causan un menor impacto en el medio ambiente que en el pasado, debido a la optimización de las cantidades utilizadas del producto, y a que éstos son más eficientes respecto a las especies incrustantes diana.

### **Situación científica actual**

Hoy en día, el cobre es el ingrediente principal utilizado en las pinturas antifouling en las cuales se utiliza en forma de óxido de cobre ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ). El

óxido se disuelve en una matriz polimérica que actúa como vehículo, la lenta disolución en el agua favorece la dispersión gradual del cobre, por lo que el efecto anti-incrustante se ve aumentado.

La investigación se centra en repelentes naturales o en el uso de sustancias biológicas que prevengan la fijación de organismos incrustantes a través de un mejor entendimiento de los mecanismos de fijación. La investigación a su vez se realiza en nuevos productos de recubrimiento como recubrimientos liberadores retardados con base de silicona (Baum *et al.*, 2002), en soluciones antiincrustantes (ácido acético) que puedan utilizarse en forma de spray (Carver *et al.*, 2003), o en nanotecnología aplicada a nuevos materiales. El proyecto Europeo llamado Investigación Colectiva del Biofouling en Acuicultura (Collective Research on Aquaculture Biofouling) se ha dedicado en su totalidad al biofouling y a sus soluciones (CRAB, [www.crabproject.com](http://www.crabproject.com)).

Actualmente, el sector acuícola busca alternativas a los productos de recubrimiento como el cobre y se decanta hacia procesos más respetuosos con el medio ambiente. Estos incluyen la investigación sobre el control biológico de los organismos incrustantes a través del uso de ramoneadores que se alimentan de los mismos (Lodeiros y García, 2004). Las especies ramoneadoras pueden ser moluscos como algunos gasterópodos (caracolas), erizos de mar, o incluso peces.

### Justificación

Los productos antifouling son necesarios en la acuicultura para prevenir o minimizar las especies incrustantes, pero su efectividad reside en sus propiedades tóxicas frente a estos organismos. Esta toxicidad puede afectar a las especies no diana y a los ecosistemas circundantes.

### Principio

Los productos antifouling utilizados en acuicultura no deben presentar efectos tóxicos apreciables en otros organismos distintos a los que van dirigidos.

## Directrices

- **Se deben utilizar productos y recubrimientos antifouling no dañinos para el medio ambiente.** Estos pueden incluir recubrimientos con base de silicona, poliuretanos y tecnologías enzimáticas.
- **Se deben promover procedimientos no dañinos para el medio ambiente para prevenir o eliminar el biofouling.** Se deben aplicar vías alternativas a la lucha contra el fouling. Estas pueden incluir una gestión apropiada, como tener en cuenta la productividad natural de las áreas donde se establezcan las granjas acuícolas, un lavado de redes más frecuente, o tener en cuenta los ciclos vitales de los organismos incrustantes cuando se cambien las redes. Para la limpieza del biofouling in situ se podrían utilizar otros procedimientos como la limpieza con agua a presión o la desecación al aire, y nuevos métodos como el biocontrol a través de la utilización de ramoneadores.
- **Se debe evitar la utilización de productos antifouling que contengan metales pesados.** Se debe evitar el uso de sustancias como estaño, plomo o cadmio ya que se ha demostrado que pueden causar un daño severo a los ecosistemas.

# Efectos sobre la Fauna y Flora Locales

En este capítulo se discute la interacción entre la fauna y flora locales y las actividades acuícolas.

La fauna y flora locales pueden verse afectadas por las actividades acuícolas, pero esta interacción no siempre es negativa; puede ser incluso positiva. Los efectos pueden ser producidos como resultado del proceso de alimentación, excreciones de los organismos, efluentes y escapes (temas que



se tratan en distintas guías). Muchas de las preocupaciones sociales derivan de los efectos medioambientales observados de la producción en los viveros marinos de cultivo o en los sistemas basados en tierra sobre la fauna y flora locales.

## Situación actual

### Interacción entre la acuicultura y las comunidades bentónicas, en particular las praderas de fanerógamas

Muchos estudios han indicado que los efectos visibles de la acuicultura sobre el ecosistema bentónico se observan en una distancia pequeña, normalmente no excediendo los 50 m de distancia desde las granjas

acuícolas, mientras que las comunidades que residen en la columna de agua pueden verse afectadas a distancias mayores (Grant *et al.*, 1995; MEDVEG, MERAMED, Uriarte y Basurco, 2001; Machias *et al.*, 2005). Los fondos marinos donde están ubicadas los viveros no reciben luz solar, debido al efecto sombra, conduciendo a la interrupción del ecosistema local. En el caso de praderas de fanerógamas, la disminución de luz afecta al proceso fotosintético y como consecuencia existen modificaciones de las praderas silvestres. Esto se intensifica con las descargas de nutrientes y el recubrimiento de epífitos. Las praderas de fanerógamas son ecosistemas esenciales jugando un papel ecológico fundamental en la prevención de la erosión de la zona costera del Mediterráneo, así como fomentando la biodiversidad y la transparencia del agua y oxigenando el agua y los sedimentos (Hemminga y Duarte, 2000). Las praderas de *Posidonia oceanica* son consideradas elementos determinantes en la determinación de la calidad biológica de las zonas costeras Mediterráneas (Directiva 2000/60/CE de 23 de Octubre 2000), pero son muy vulnerables a las actividades humanas, como la acuicultura marina (Delgado *et al.*, 1997; Ruiz *et al.*, 2001; Pergent-Martini *et al.*, 2006). Como consecuencia del enriquecimiento de nutrientes del agua, las praderas de fanerógamas sufren pérdidas a gran escala (Ruiz *et al.*, 2001; Cancemi *et al.*, 2003) pudiendo perdurar durante muchos años, incluso una vez cesada la actividad (Delgado *et al.*, 1999). Bajo o cerca de los viveros marinos, las praderas de *Posidonia oceanica* mueren y los efectos no son reversibles, al menos en una escala de tiempo humana (Holmer *et al.*, 2003; Pergent-Martini *et al.*, 2006). Debido a la sensibilidad de las praderas de fanerógamas a la actividad acuícola, el crecimiento vertical de los rizomas puede ser utilizado como un indicador temprano del impacto de las granjas acuícolas sobre las praderas de *P. oceanica* (Marbà *et al.*, 2006).

Inversamente, los viveros pueden acarrear no sólo epífitos sino también modificaciones en las comunidades bentónicas y de peces. La ubicación de viveros marinos requiere una excelente planificación a nivel ecorregional, incluyendo estudios batimétricos, hidrodinámicos y ecológicos para evitar cualquier efecto perjudicial sobre los ecosistemas próximos. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) pueden proporcionar ayuda

a los responsables políticos, pero la decisión para la gestión está basada en una opción social.

### **Atracción de la fauna por las instalaciones acuícolas**

Las instalaciones de acuicultura pueden atraer a la fauna salvaje para beneficiarse de la disponibilidad de alimento o refugio, alterando la estructura de la población local. Puede causar problemas en las granjas acuícolas debido a la depredación, estrés en animales, transferencia de enfermedades, etc. Mucha fauna salvaje (por ejemplo, depredadores, carroñeros) es atraída por las construcciones acuícolas utilizadas para cultivar organismos acuáticos. Los organismos atraídos más frecuentemente son otros peces, pero pájaros, mamíferos marinos, tiburones y tortugas también visitan las instalaciones acuícolas. Estos organismos buscan alimento, que puede ser tanto los propios organismos cultivados como los organismos que colonizan o se mantienen alrededor de las estructuras acuícolas (Nash *et al.*, 2005). El riesgo principal para cualquier animal cerca de las granjas acuícolas son los residuos del lugar, como plásticos, sacos de alimento o cuerdas, que pueden ser fatales cuando son ingeridos accidentalmente. Sin embargo, la estructura acuícola *per se* (por ejemplo, cuerdas, luces, acústica, boyas, redes) plantea una amenaza mínima a las especies silvestres gracias a las mejoras que se han llevado a cabo durante los últimos años (Nash *et al.*, 2005); por tanto, las poblaciones silvestres están protegidas de otras actividades tales como pesca extractiva, contaminación, etc.

Se sabe que la acuicultura libera una cantidad de nutrientes considerable al ecosistema marino, y por lo tanto, es razonable esperar efectos dentro de un radio mayor al de la granja acuícola, particularmente cuando se establece un grupo de viveros en una bahía costera. Estudios recientes demuestran que tales cambios también afectan a las comunidades piscícolas de las áreas vecinas a las instalaciones, particularmente en ambientes oligotróficos tales como el Mar Mediterráneo, donde la escasez de nutrientes limita la productividad y la producción de las pesquerías. En este sentido, la liberación de nutrientes por parte de las granjas acuícolas en este tipo de ambientes puede tener un efecto positivo en la producción de las pesquerías locales, sin efecto negativo visible en cuanto a la composición o biodiversidad de las especies (Machias *et al.*, 2005).

Los efectos de los viveros y de otras estructuras acuícolas son muy variados y cambian con el tiempo. En general, la situación se puede resumir tal que:

- existe una importante interacción entre las granjas acuícolas y la fauna y flora locales;
- parte de la fauna local se beneficia del exceso de alimento acumulado debajo de los viveros;
- cerca de los viveros la riqueza parece disminuir. Sin embargo, la riqueza se desarrolla a medida que nos alejamos de los viveros;
- las capturas y desembarco de pescado silvestre aumentan en las zonas cercanas a los viveros; y
- la interacción causada es, en su mayor parte, reversible, aunque no en el caso de determinadas especies especialmente sensibles tales como la *Posidonia*, o ecosistemas específicos.

### Justificación

La interacción de la acuicultura con la fauna y flora silvestres cercanas preocupa en relación a su desarrollo. En algunos casos, las instalaciones acuícolas, especialmente los viveros marinos, tienen impactos negativos sobre las especies locales especialmente sensibles o frágiles, tales como las praderas de fanerógamas. Por otra parte, las operaciones llevadas a cabo en las granjas acuícolas pueden atraer fauna local e incluso tener efectos positivos en las poblaciones de peces y en su productividad.

### Principio

Se deben evitar los impactos perjudiciales causados por la interacción entre la actividad acuícola y la fauna y flora locales, mientras que los efectos beneficiosos se han de aprovechar.

## Directrices

### Respecto a los efectos de la acuicultura sobre las comunidades bentónicas

- **Se deben llevar a cabo Estudios de Impacto Ambiental para detectar cualquier posible efecto sobre el ecosistema.** Es preferible la utilización de especies bioindicadoras a la recolección de otros parámetros.
- **Se deben gestionar caso por caso las decisiones de desarrollar o detener la ampliación de instalaciones acuícolas.** Es necesario tener en cuenta el ecosistema, así como las consideraciones técnicas y económicas como la presencia de especies sensibles, el número de granjas acuícolas, el tipo, sus dimensiones y las densidades dentro de los sistemas acuícolas.
- **Se deben realizar estudios hidrodinámicos y ecológicos como parte del proceso de selección del sitio para la ubicación de instalaciones acuícolas.**
- **Las áreas en las que existan comunidades significativas de fanerógamas marinas deben considerarse incompatibles con el establecimiento de instalaciones acuícolas.**
- **Se debe fomentar la instalación de viveros marinos de cultivo en áreas expuestas alejadas de la zona costera.** Ello minimizará los efectos sobre el lecho marino y ecosistemas costeros.

### Respecto a la atracción de fauna

- **Se debe tener en cuenta en la gestión de las granjas acuícolas la atracción causada por las instalaciones de acuicultura sobre la fauna local.** Se pueden observar efectos positivos aumentando la productividad local, y por lo tanto, de los stocks pesqueros.
- **Se debe gestionar la atracción de depredadores y carroñeros.** La depredación de la fauna silvestre sobre los peces cultivados, o



sobre cualquier otro tipo de alimento, no es deseable y puede ser problemática. Se deben tomar medidas para evitar la aparición de este fenómeno. Esto incluye técnicas para ahuyentar, y evitar que el alimento u organismos muertos estén fuera de contenedores cerrados.

## ¿Qué tipo de acuicultura para cada área marina protegida?

Uno de los principales factores respecto a las áreas marinas protegidas es el papel que pueden desempeñar en el mantenimiento de los medios de sustento locales y en aliviar la pobreza local. Las industrias pesqueras de pequeña escala, el ecoturismo y las actividades subacuáticas se presentan a menudo como actividades sostenibles que se pueden desarrollar dentro o en



© Guzel Yucel-Gier

las proximidades de las zonas marinas protegidas. En este caso, la acuicultura puede desempeñar un papel importante. La acuicultura requiere aguas de buena calidad y un ecosistema sano, por lo que a menudo se le otorga el papel de "centinela": si los parámetros medioambientales son alterados de forma negativa, la acuicultura sufrirá como consecuencia inmediata. Es decir, la acuicultura sostenible sólo se puede dar en un medio ambiente sano. Aunque la sobrecarga de materia orgánica derivada de las operaciones acuícolas no sería generalmente compatible con las áreas marinas protegidas, una acuicultura a baja densidad podría ser una buena solución para mantener los medios de vida de la población local alrededor de las zonas marinas protegidas.

Algunos tipos de acuicultura, tales como el cultivo del mejillón o de la ostra, poseen una larga historia, son prácticas tradicionales y están fuertemente ligadas a los ecosistemas locales. En este caso, algunas áreas acuícolas deberían ser protegidas de la misma forma

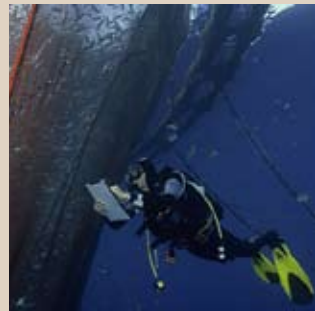
que hoy en día se protegen áreas rurales de viñedos o campos de olivos. Las áreas de acuicultura tradicional poseen valores culturales. Por ejemplo, las granjas acuícolas que utilizan esteros situadas en la costa Suroeste de España, que son consecuencia de la evolución económica de viejas salinas, son una pieza clave en la conservación de un área local protegida (“*Parque Natural Bahía de Cádiz*”). Otro ejemplo es el cultivo del mejillón en las rías gallegas, siendo una parte importante del paisaje local. El reconocimiento de que la acuicultura tradicional favorece la biodiversidad local, así como el paisaje terrestre y marino, es importante y puede ayudar a la conservación de la biodiversidad marina. Las zonas donde se desarrolle la acuicultura tradicional se pueden designar como zonas marinas protegidas. En este caso se considerarían bajo la categoría V de la UICN (Paisaje Terrestre/Marino Protegido: Área protegida gestionada principalmente para la conservación del paisaje terrestre/marino y recreo).

## Ecoturismo en granjas acuícolas

Así como las granjas en áreas rurales, las instalaciones acuícolas se pueden transformar en atracciones turísticas.

Aparte de visitar las instalaciones y observar los sistemas de producción, los turistas pueden aprender acerca de la integración de la producción acuícola en el medio ambiente. El hecho de que un gran número de peces y otros animales pueden ser atraídos por los viveros marinos puede

utilizarse como reclamo turístico, ofreciendo por ejemplo inmersiones subacuáticas alrededor de los viveros. Por lo tanto, los turistas tendrían una mejor imagen de la acuicultura, y los productores se verían incentivados a mantener las granjas acuícolas y sus alrededores limpios para transmitir una imagen positiva de su actividad. Además, el producto se podría vender directamente a los turistas.



© Arturo Boyra/oceanografica.com

## Densidad de cultivo y densidad del problema

La densidad de cultivo es un factor importante en lo referente a los efectos sobre las comunidades bentónicas y fauna y flora locales. La densidad de cultivo se define como el número de peces por volumen de agua en un vivero marino (o la cantidad de moluscos en una estructura), o la cantidad de viveros por zona. Es una cuestión de escala. En ambos casos, la intensidad de los efectos está relacionada con la densidad del cultivo. Por lo tanto, se debe considerar la densidad y el tipo adecuado de actividades acuícolas desarrolladas junto con la sensibilidad del ecosistema local. La optimización de las densidades utilizadas en viveros, tanto como en otros tipos de instalaciones, puede evitar problemas ligados a la sensibilidad del ecosistema. La acuicultura extensiva puede, en muchos casos, ser una solución para evitar los problemas relacionados con la fauna y flora locales. El concepto de capacidad de carga es clave en este tema.



© Arturo Boyra/oceanografica.com

# Anexos

## Glosario

### Acuicultura

Según la FAO, en las Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable (1997), *“La Acuicultura es la cría y cultivo de los organismos acuáticos, ya sean peces, moluscos, crustáceos o plantas acuáticas. El cultivo implica algún tipo de intervención en el proceso para incrementar la producción, por ejemplo el almacenamiento regular, la alimentación, la protección contra depredadores, etc. El cultivo implica también la propiedad individual o colectiva del stock explotado. Con fines estadísticos, los organismos acuáticos que son recolectados por un individuo o un colectivo que los ha tenido durante el periodo de cultivo contribuyen a la acuicultura”*

### Acuicultura en zonas expuestas (oceánica)

La acuicultura generalmente se define como acuicultura expuesta u oceánica cuando *“la acuicultura en jaulas se realiza en zonas marinas no protegidas de las condiciones marinas adversas por la línea de costa”*.

### Acuicultura en zonas resguardadas

La acuicultura generalmente se define como acuicultura en zonas resguardadas cuando *“la acuicultura en jaulas se realiza en zonas marinas protegidas de las condiciones marinas adversas por la línea de costa”*. Se puede asimilar con acuicultura costera.

### Acuicultura integrada

Según la FAO, *“La acuicultura integrada es el sistema de acuicultura que comparte recursos como agua, alimentos, administración, etc., con otras actividades generalmente agrícolas o agroindustriales, o bien su infraestructura (aguas residuales, centrales de energía, etc.)”* No obstante en acuicultura también se acepta como: *“el cultivo de varios organismos en la misma instalación acuícola donde el volumen de residuos de una especie se utiliza como fuente de alimento para otras especies”*. Este

sistema reduce el volumen total de residuos de la instalación aumentando la producción total de biomasa.

### **Área Marina Protegida**

La definición de un Área Marina protegida (AMP) adoptada por la UICN es : *“Cualquier área del terreno intermareal o submareal junto con el agua y la flora y fauna asociadas, así como las características históricas y culturales, las cuales han sido reservadas por ley o por otros medios eficaces para proteger una parte o la totalidad del ecosistema que abarca”*

### **Área Protegida**

La Convención sobre la Diversidad Biológica define un área protegida como *“un área geográficamente definida la cual está definida o regulada y gestionada para alcanzar unos objetivos conservacionistas concretos”*. La UICN, (1994) define un área protegida como *“áreas terrestres o marinas especialmente dedicadas a la protección y conservación de la diversidad biológica, y de los recursos culturales y naturales asociados, y gestionada mediante medios legales y efectivos.”*

### **Biodiversidad**

La biodiversidad (abreviación de *“diversidad biológica”*) es una noción - una representación de la complejidad o árbol de la vida en todas sus formas. La Convención sobre la Diversidad Biológica define la biodiversidad como *“La variabilidad entre organismos vivos de todos los ambientes incluyendo terrestre, marino y otros ecosistemas acuáticos, y los complejos ecológicos de los que forman parte: ésta incluye la diversidad dentro de las especies, entre especies y ecosistemas”*.

Firmada en la Cumbre de la Tierra (Cumbre de Río) en 1992 por 150 líderes gubernamentales, la Convención sobre la Diversidad Biológica se dedica a promover el desarrollo sostenible. Concebida como herramienta práctica para transformar los principios de la Agenda 21 en realidad, la Convención reconoce que la diversidad biológica es más que las plantas, animales y microorganismos y sus ecosistemas – es sobre la gente y su necesidad de seguridad alimentaria, medicinas, aire fresco y agua dulce, abrigo, y un ambiente limpio y sano en el cual vivir.

## **Biofouling**

El fouling biológico marino, generalmente denominado biofouling, es la acumulación no deseada de microorganismos, plantas y animales en superficies sumergidas en el agua marina.

## **Capacidad de carga**

Según la FAO, *“La capacidad de carga es el conjunto de actividades que puede llegar a absorber un área con una capacidad ambiental determinada”*. En acuicultura: *“normalmente es la máxima cantidad de peces que un cuerpo de agua puede soportar en un largo período de tiempo, sin efectos negativos para los peces y para el ambiente.”*

## **Cultivo intensivo**

Según la FAO, *“El cultivo intensivo es un sistema de cultivo caracterizado por una producción de hasta 200t/ha/año; un alto grado de control; unos altos costos iniciales, alto nivel tecnológico y alta eficiencia productiva; una tendencia a independizarse del clima y de la calidad del agua del sitio; y un uso de sistemas de cultivo artificiales”*.

## **Domesticación**

Según la FAO, *“La domesticación en sentido amplio: proceso por el cual plantas, animales o microbios que han sido seleccionados del medio natural, se adaptan a hábitats especiales creados para ellos por el hombre lo cual pone a las especies salvaje bajo su control”*. En genética: *“proceso mediante el cual, se producen cambios en la frecuencia genética y en el comportamiento de la misma cuando se dan una serie de cambios en la presión selectiva sobre una población”*.

## **Estanques**

Según la FAO, *“Los estanques son cuerpos de aguas someras estancadas y normalmente de pequeño tamaño, frecuentemente artificiales, pero también puede tratarse de un estanque natural, laguna, embalse o lago pequeño”*.

## **Fallowing (barbecho o rotación)**

Según la FAO, *“Fallowing es el proceso mediante el cual las zonas normalmente usadas para la producción se dejan reposar durante una parte o la totalidad de la temporada”*

## **Gestión de zonas costeras**

La gestión de Zonas Costeras se puede definir como *“la gestión de áreas marinas y costeras y recursos con objeto de obtener un uso, desarrollo y protección sostenible”*.

**Inmunoestimulantes**

Son moléculas que tienen efectos estimulantes sobre el sistema inmune no específico de humanos y animales. Son compuestos que tienen un interés especial para su uso en el cultivo intensivo de animales y peces: para mejorar la salud de los organismos y prevenir brotes patológicos, por lo que el uso de antibióticos y medicamentos veterinarios se vería reducido.

**Policultivo**

Según la FAO, *“El policultivo es la cría de dos o más especies no competitivas en la misma unidad de cultivo”*. No existe competencia por la comida o el hábitat, pero tampoco existe ningún beneficio trófico derivado de la interacción.

**Tanques**

Según la FAO, *“Los tanques son estructuras que contienen agua o peces, comúnmente construidas sobre el suelo, en general con una alta tasa de renovación de agua; ambiente altamente controlado.”*

**Viveros**

Según la FAO, *“Los viveros son estructuras utilizadas para la cría, cerrada en el fondo y a los costados por un entramado de madera, malla o red. Permite el intercambio natural de agua a través de las paredes laterales y en la mayoría de los casos por el fondo de los viveros”*.

## Bibliografía General

Esta bibliografía puede no estar citada en el texto directamente pero incluye documentos básicos sobre acuicultura:

- Asociación Empresarial de Productores de Cultivos Marinos (APROMAR), 2005.** *La Acuicultura Marina de Peces en España*. 39 pp.
- Asociación Empresarial de Productores de Cultivos Marinos (APROMAR), 2006.** *La Acuicultura Marina de Peces en España*. 52 pp.
- Black, K.D. (Ed.), 2001.** *Environmental Impacts of Aquaculture*. Academic Press, Sheffield, UK, 214 pp.
- Beaz, D., Beaz, V., Dürr, V., Icely, J., Lane, A., Thomason, J., Watson, D. and Willemsen, P.R., 2005.** Sustainable Solutions for Mariculture Biofouling in Europe. ASLO Meeting, Santiago de Compostela, Spain, 19th June 2005.
- Bostick, C., Clay, J.W., McNevin, A.A., 2005.** Aquaculture and the Environment. A WWF Handbook on Production Practices, Impacts, and Markets.
- Dunham, R.A., Majumdar, K., Hallerman, E., Bartley, D., Mair, G., Hulata, G., Liu, Z., Pongthana, N., Bakos, J., Penman, D., Gupta, M., Rothlisberg, P. & Hoerstgen-Schwark, G., 2001.** Review of the status of aquaculture genetics. In R.P. Subasinghe, P. Bueno, M.J. Phillips, C. Hough, S.E. McGladdery & J.R. Arthur, eds. *Aquaculture in the Third Millennium*. Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium, Bangkok, Thailand, 20-25 February 2000. pp. 137-166. NACA, Bangkok and FAO, Rome.
- Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP), 1997.** Towards safe and effective use of chemicals in coastal aquaculture. IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. *Reports and Studies GESAMP*. No. 65. London, IMO. 40 pp. <<http://www.fao.org/docrep/meeting/003/w6435e.htm>>.
- Hargrave, B., 2005.** Environmental Effects of Marine Finfish Aquaculture. *The Handbook of Environmental Chemistry*, vol. 5, Part M. Springer, Berlin.
- Hasan, M.R., 2001.** Nutrition and feeding for sustainable aquaculture development in the third millennium. In R.P. Subasinghe, P.



- Bueno, M.J. Phillips, C. Hough, S.E. McGladdery & J.R. Arthur, eds. *Aquaculture in the Third Millennium*. Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium, Bangkok, Thailand, 20-25 February 2000. pp. 193-219. NACA, Bangkok and FAO, Rome.
- Moyle, P.B. & T. Light, 1999.** Biological invasions of fresh water: empirical rules and assembly theory. *Biological Conservation*, 78: 149-161.
- Naylor, R.L., Goldberg, R.J., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H., Troell, M., 2000.** Effects of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405: 1017– 1024.
- Naylor, R., Hindar, K., Flaming, I.A., Goldberg, R., Williams, S., Volpe, J., Whoriskey, F., Eagle, J., Kelso, D. & Mangel, M., 2005.** Fugitive salmon: assessing the risks of escaped fish from net-pen aquaculture. *BioScience*, 55: 427-473.
- Railkin, A.I., 2004.** Marine biofouling: colonization process and defenses. ISBN 0-8493-1419-4. CRC Press.
- Rodríguez, C., Carrasco, J.F., Arronte, J.C., Rodríguez, M., 2006.** Common octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797) juvenile ongrowing in floating cages. *Aquaculture*, 256: 293-300.
- Rottmann, R.W., R. Francis-Floyd, and R. Durborow, 1992.** The role of stress in fish disease. Feb. 1992. *Southern Regional Aquaculture Center* Publication 474. 21May2001. <[http://ag.ansc.purdue.edu/aquanic/publicat/usda\\_rac/efs/srac/474fs.pdf](http://ag.ansc.purdue.edu/aquanic/publicat/usda_rac/efs/srac/474fs.pdf)>.
- Tacon, A.G.J., 2004.** Use of fish meal and fish oil in aquaculture: a global perspective. *Aquat. Resour. Cult. Dev.*, 1: 3–14.
- Treasurer, J.W., 2002.** A review of potential pathogens of sea lice and the application of cleaner fish in biological control. *Pest Management Science*, 58 (6): 546-558.
- United Nations Environment Programme /Mediterranean Action Plan, 2004.** *Marine pollution indicators Fact*. Document UNEP(DEC)MEDWG.264/Inf.14. <http://dataservice.eea.europa.eu/atlas/viewdata/viewpub.asp?id=2213>
- United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan, 2005.** *Action Plan concerning species introductions and invasive species in the Mediterranean Sea*. Ed. RAC/SPA, Tunis. 30 pp.

## Bibliografía

- Agnese, J.-F., Oteme, Z.J. and Gilles, S., 1995.** Effects of domestication on genetic variability, fertility, survival and growth rate in a tropical siluriform: *Heterobranchus longifilis* Valenciennes 1840. *Aquaculture*, 131: 197-204.
- Agulleiro, M.J., Anguis, V., Cañabate, J.P., Martínez-Rodríguez, G., Mylonas, C.C. and Cerdà, J., 2006.** Induction of spawning of captive-reared Senegal sole (*Solea senegalensis*) using different administration methods for gonadotropin-releasing hormone agonist. *Aquaculture*, 257: 511-524.
- Allendorf, F.W., 1991.** Ecological and genetic effects of fish introductions: Synthesis and recommendation. *Can. J. Fisheries Aquat. Sci.*, 48: 178-181.
- Alongi, D.M., Johnston, D.J. and Xuan, T.T., 2000.** Carbon and nitrogen budgets in shrimp ponds of extensive mixed shrimp– mangrove forestry farms in the Mekong Delta, Vietnam. *Aquac. Res.*, 31: 387– 399.
- Angel, D.L. 2004.** Integrated aquaculture - variations on the theme of biofiltration. *Bull. Aquaculture Ass.Canada* 104: 20-25.
- Angel, D.L. and Spanier, E. 2002.** An application of artificial reefs to reduce organic enrichment caused by net-cage fish farming: preliminary results. *ICES J. Mar. Science*, 59: 324-329.
- Angel, D.L., Krost, P. and Gordin, H. 1995.** Benthic implications of net cage aquaculture in the oligotrophic Gulf of Aqaba. *European Aquaculture Society*, 25: 129-173.
- Anon, 2005.** *Risk on local fish populations and ecosystems posed by the use of imported feed fish by the tuna farming industry in the Mediterranean.* WWW Mediterranean Programme 12 pp.
- Avault, J.W., 1997.** Prevention of diseases: some fundamentals reviewed. *Aquaculture Magazine (March/ April)*: 78-83.
- Bachère, E., Mialhe, E., Noël, D., Boul, V., Morvan, A. and Rodrigues, J., 1995.** Knowledge and research prospects in marine mollusc and crustacean immunology. *Aquaculture*, 132: 17–32.
- Baum, C., Meyer, W., Fleischer, L.G. and Siebers, D., 2002.** Biozidfreie Anti-fouling Beschichtung, EU Patent EP1249476A2.
- Bax, N., K. Hayes, A. Marshall, D. Parry, and R. Thresher, 2001.** *Man-made marinas as sheltered islands for alien marine organisms: Establishment and eradication of an alien invasive species. Turning the tide: the eradication of invasive species.* IUCN SSC Invasive Species Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. pp 26-39.
- Bell, J., Doherty, P. and Hair, 1999.** Capture et élevage du poisson de récif coralline au stade post-larvaire: des débouchés pour les nouvelles entreprises artisanales. Ressources marines et commercialisation. *Bulletin de la CPS*, 6: 31-34.

- Bell, J.G., Henderson, R.J., Tocher, D.R., McGhee, F., Dick, J.R., Porter, A., Smullen, R.P. and Sargent, J.R., 2002.** Substituting fish oil with crude palm oil in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects muscle fatty acid composition and hepatic fatty acid metabolism. *American Society for Nutritional Sciences*: 222-230.
- Bell, J.G., McGhee, F., Campbell, P.J. and Sargent, J.R. (2003)** Rapeseed oil as an alternative to marine fish oil in diets of post-molt Atlantic salmon (*Salmo salar*): changes in flesh fatty acid composition and effectiveness of subsequent fish oil wash out. *Aquaculture*, 218: 515–528.
- Berejikian, B.A., 1995.** The effects of hatchery and wild ancestry and experience on the relative ability of steelhead trout fry (*Oncorhynchus mykiss*) to avoid a benthic predator. *Can. J. Fisheries Aquat. Sci.*, 52: 2476-2482.
- Beveridge, M.C.M. 1996.** *Cage Aquaculture*, 2nd ed. Edinburgh, Scotland: Fishing News Books: 346.
- Blazer, V.S. and LaPatra, S.E., 2002.** Pathogens of cultured fishes: potential risks to wild fish populations. Pages 197-224. In: J. Tomasso, ed. *Aquaculture and the Environment in the United States*. U.S. Aquaculture Society, A Chapter of the World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA.
- Boesch, D.F., R.H. Burroughs, J.E. Baker, R.P. Mason, C.L. Rowe, and R.L. Siefert, 2001.** *Marine Pollution in the United States: Significant Accomplishments, Future Challenges*. Pew Oceans Commission, Arlington, Virginia.
- Brake, J., Davidson, J. And Davis, J., 2004.** Field observations on growth, gametogenesis, and sex ratio of triploid *Mytilus edulis*. *Aquaculture*, 236: 179-191.
- Britton-Simmons K.H. 2004.** Direct and indirect effects of the introduced alga *Sargassum muticum* on benthic, subtidal communities of Washington State, USA. *Mar Ecol Prog Ser*, 277: 61-78.
- Burd, B., 1997.** B.C. *Salmon Aquaculture Review Interim Draft Report. Key Issue C: Waste Discharges*. British Columbia Environmental Assessment Office. 157 pp.
- Buschmann, A.H., Lopez, D.A. and Medina, A., 1996.** A review of environmental effects and alternative production strategies of marine aquaculture in Chile. *Aquacult. Eng.*, 15, 397– 421.
- Cal, R.M., Vidal, S., Gómez, C., Álvarez-Blázquez, A., Martínez, P. and Piferrer, F., 2006.** Growth and gonadal development in diploid and triploid turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture*, 251: 99-108.
- Cancemi, G., de Falco, G. and Pergent, G., 2003.** Effects of organic matter input from a fish farming facility on a *Posidonia oceanica* meadow. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56: 961-968.
- Carlton, J.T., 1992.** Introduced marine and estuarine mollusks of North America: an end-of-the-20th-century perspective. *J. Shellfish Res.*, 11: 489-505.
- Carroll, M.L., Cochrane, S., Fielor, R., Velvin, R. and White, P., 2003.** Organic enrichment of sediments from salmon farming: environmental factors, management practises, and monitoring techniques. *Aquaculture*, 226: 165– 180.

- Carver, C.E., Chisholm, A. and Mallet, A.L., 2003.** Strategies to mitigate the impact of *Ciona intestinalis* (L.) biofouling on shellfish production. *J. Shellf. Res.*, 22: 621-631.
- Cataudella, S., Massa, F., Crosetti, D., 2005 (eds).** Interaction Between Aquaculture and Capture Fisheries: a methodological perspective” Studies and Review General Fisheries Commission for the Mediterranean N. 78, FAO. Rome, 229 pp.
- Chamberlain, J., Fernandes, T.F., Read, P., Nickell, T.D. and Davies, I.M., 2001.** Impacts of biodeposits from suspended mussel (*Mytilus edulis* L.) culture on the surrounding superficial sediments. *ICES J. Mar. Sci.*, 58: 411– 416.
- Chelossi, E., Vezzulli, L., Milano, A., Branzoni, M., Fabiano, M., Riccardi, G. and Banat, I.M., 2003.** Antibiotic resistance of benthic bacteria in fish farm and control sediments of the western Mediterranean. *Aquaculture*, 219: 83-97.
- Chopin, T., Yarish, C., Wilkes, R. Belyea, E., Lu, S. and Mathieson., A., 1999.** Developing *Porphyra*/salmon integrated aquaculture for bioremediation and diversification of the aquaculture industry. *J. Applied Phycol.*, 11: 463–472.
- Chopin, T., Buschmann, A.H., Halling, C., Troell, M., Kautsky, N., Neori, A., Kraemer, G.E., Zertuche-González, J.A., Yarish, C. and Neefus, C. 2001.** Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: a key towards sustainability. *J. Phycol.*, 37: 975-986
- Christensen, P.B., Glud, R.N., Dalsgaard, T. and Gillespie, P., 2003.** Impacts of longline mussel farming on oxygen and nitrogen dynamics and biological communities of coastal sediments. *Aquaculture*, 218: 567– 588.
- Cohen A.N. and Carlton J.T. 1995.** *Nonindigenous aquatic species in a U.S. estuary: a case study of the biological invasions of the San Francisco Bay and delta.* Report US Fish & Wildlife Service, Washington D.C. and National Sea Grant College Program, Connecticut Sea Grant, (NOAA Grant Number NA36RG0467).
- Commision of the European Communities, 2002.** A strategy for the sustainable development of European aquaculture. *Communication from zhe Commission to the Council and the European Parliament.* 26 pp.
- Costa-Pierce, B.A., 1996.** Environmental Impacts of nutrients from aquaculture: Towards the evolution of sustainable aquaculture. In: *Aquaculture and Water Resource Management*, D.J. Baird, M.C.M. Beveridge, L.A. Kelly and J.F. Muir (eds). Blackwell Science, U.K. 81-113 pp.
- Costello, M.J., Grant, A., Davies, I.M., Cecchini, S., Papoutsoglou, S., Quigley D. and Saroglia, M., 2001.** The control of chemicals used in aquaculture in Europe. *J. Appl. Ichthyol.*, 17 (4): 173– 180.
- Crawford, C.M., Macleod, C.K.A. and Mitchell, I.M., 2003.** Effects of shellfish farming on the benthic environment. *Aquaculture*, 224: 117– 140.
- Da Costa, K.G. and Nalesso, R.C., 2006.** Effects of mussel farming on macrobenthic community structure in Southeastern Brazil. *Aquaculture*, 258: 655-663.
- Davenport, J., Black, G., Burnell, G., Cross, T., Culloty, S., Ekaratne, S., Furness, B., Mulcahy, M. and Thetmeyer, H., 2003.** *Aquaculture: the ecological issues.* British Ecological Society: Ecological Issues Series (Blackwell Science Ltd) 89 pages.

- Davis, D.A., Samocha, T.M., Bullis, R.A., Patnaik, S., Browdy, C.L., Stokes, A.D. and Atwood, H.L. 2004. Practical diets for *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931): working towards organic and/or all plant production diets. In L.E. Cruz-Suárez, D. Ricque-Marie, M.G. Nieto-Lopez, D.A. Villarreal-Cavazos, U. Scholz & M.L. Gonzalez-Felix, (eds.) *Proceedings of the VII International Symposium on Aquaculture Nutrition*. Universidad Autonoma de Nuevo Leon, Mexico. Hermosillo, Mexico,
- Delgado, O., Grau, A., Pou, S., Riera, F., Massuti, C., Zabala, M. and Ballesteros, E., 1997. Seagrass regression caused by fish cultures in Fornells Bay (Menorca, Western Mediterranean). *Oceanologia Acta*, 20: 557-563.
- Delgado, O., Ruiz, J., Pérez, M., Romero, J. and Ballesteros, E., 1999. Effects of fish farming on seagrass (*Posidonia oceanica*) in a Mediterranean bay: seagrass decline after organic loading cessation. *Oceanologia Acta*, 22: 109-117.
- De Silva, S., Nguyen, T.T., Wabery, N. and Amarasinghe, U.S., 2006. An evaluation of the role and impacts of alien finfish in Asian inland aquaculture. *Aquaculture Research*, 37: 1-17.
- Dimech, M., Borg, J.A. and Schembri, P.J., 2000. Structural changes in a *Posidonia oceanica* meadow exposed to a pollution gradient from a marine fish-farm in Malta (Central Mediterranean). *Biol. Mar. Mediterr.*, 7(2): 361-364.
- Doherty, P.J., Dufour, V., Galzin, R., Hixon, M.A. Meekan, M.G and Planes, S., 2004. High mortality during settlement is a population bottleneck for a tropical surgeonfish. *Ecology*, 85:2422-2428.
- Doelle, M. 2003. The Quiet Invasion: Legal and Policy responses to Aquatic Invasive Species in North America. *The International Journal of Marine and Coastal Law*, 18 (2): 261-294.
- Dugenci, S.K., (2003). Some Medical Plants as Immunostimulant for Fish. *Journal of Ethnopharmacology*, 88:99-106.
- Elfving, T. and Tedengren, M., 2002. Effects of copper on the metabolism of three species of tropical oysters, *Saccostrea cucullata*, *Crassostrea lugubris* and *C. belcheri*. *Aquaculture*, 204: 157-166.
- EEA, 2006. *Priority issues in the Mediterranean environment*. EEA Report 4, 88 pp
- Eno N.C., Clark R.A. and Sanderson W.G. 1997. *Non-native marine species in British waters: a review and directory*. Published by JNCC, Peterborough: 152pp.
- Environmental Assessment Office (EAO), 1998. **British Columbia**. The Salmon Aquaculture Review. <<http://www.eao.gov.bc.ca/project/aquacult/salmon/report/toc.htm>>.
- European Commission, 2004. European Code of Practice for Sustainable and Responsible Fisheries. Luxemburgo: Official Publications Office of European Communities. 15 pp.
- Falconer, D.S., 1989. *Introduction to Quantitative Genetics*, 3rd edn. Longman, New York.
- Federation of European Aquaculture Producers (FEAP), 2000. *Code of Conduct for European Aquaculture*. FEAP, Brussels. <http://www.feap.info/FileLibrary/6/FEAP%20Code%20of%20Conduct.pdf>.

- Flassch J.P. and Leborgne Y. 1992.** Introduction in Europe, from 1972 to 1980, of the Japanese Manila clam (*Ruditapes philippinarum*) and the effects on aquaculture production and natural settlement. *ICES mar. Sci. Symp.*, 194: 92-96.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1997.** *Aquaculture development*. FAO Tech. Guidel. Responsible Fisheries, (5):40 pp.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) 2003.** Fishery Records Collections. FIGIS Data Collection. FAO - Rome. Updated Jan 31 2007. <http://www.fao.org/figis/servlet/static?dom=collection&xmldias.xml>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2004a.** The State of World Fisheries and Aquaculture. SOFIA 2004. <http://www.fao.org/DOCREP/007/y5600e/y5600e00.htm>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2004b.** Capture-based aquaculture. The fattening of eels, groupers, tunas and yellowtails.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2005a.** FAO Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit. Fishstat Plus: Universal software for fishery statistical time series. Aquaculture production: quantities 1950–2003; Aquaculture production: values 1984–2003; Capture production: 1950–2003; Commodities production and trade: 1950–2003; Total production: 1970–2003, Vers. 2.30. [www.fao.org/fi/statist/FISOFT/FISHPLUS.asp](http://www.fao.org/fi/statist/FISOFT/FISHPLUS.asp)
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2005b.** General fisheries commission for the Mediterranean international commission for the conservation of Atlantic tunas. Report meeting of the ad hoc GFCM/ICCAT working group on sustainable bluefin tuna farming/fattening practices in the Mediterranean. Rome, 2005.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2006a.** *State of world aquaculture: 2006*. FAO Fisheries technical paper No. 500, 145pp.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2006b.** *Use of fisheries resources as feed inputs to aquaculture development: trends and policy implications*. FAO Fisheries Circular No. 1018, 114 pp.
- Galil B., Frogliá, C. and Noël, P., 2002.** *CIESM Atlas of Exotic Species in the Mediterranean. Vol.2. Crustaceans. Decapods and stomapods*. CIESM Publishers, Monaco. 192 pp.
- García-Gómez, A., Díaz, M.V., de la Gándara, F., de la Serna, J.M., Belmonte, A., Ayora, E., Gordin, H., Fauvel, C., Medina, A., Bridges, C., Vassallo-Agius, R., Mylonas C. and De Metrio, G., 2005.** Posibilidades de reproducción del atún rojo, *Thunnus thynnus*, en cautividad. *Actas del X Congreso Nacional de Acuicultura, Gandía (Valencia)*. Universidad Politécnica de Valencia: 358-359.
- Gardner, J., Peterson, D., Wood, A. and Maloney, V., 2004.** *Making sense of the debate about hatchery impacts, interactions between enhanced and wild salmon on Canada's Pacific coast*. Pacific Fisheries Resource Conservation Council. Vancouver, British Columbia, 159 pp.
- Gagnaire, B., Soletchnik, P., Madec, P., Geairon, P., Le Moine, O. and Renault, T., 2006.** Diploid and triploid Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg), reared at two heights above sediment in Marennes-Oleron Basin, France: Difference in mortality, sexual maturation and hemocyte parameters. *Aquaculture*, 254: 606-616.

- General Authority For Fish Resources Development (GAFRD), 2004.** *Fish production statistics in Egypt for the year.* Egyptian Ministry for Agriculture and Reclamation land. 195 pp.
- Golani D., Rellini-Orsi, I., Massutri, E. and Quignard, J.-P., 2002.** *CIESM Atlas of Exotic Species in the Mediterranean. Vol.1. Fishes.* CIESM Publishers, Monaco. 256 pp.
- Gouletquer Ph., Bachelet G., Sauriau P.G. and Noel P. 2002.** Open Atlantic coast of Europe - a century of introduced species into French waters. In: Leppakoski E., Gollasch S. and Olenin S.(eds), *Invasive Aquatic species of Europe - distribution impacts and management.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London: 276-290.
- Goodwin A.E., Peterson, J.E., Meyers, T.R. and Money, D.J., 2004.** Transmission of Exotic Fish Viruses: The Relative Risks of Wild and Cultured Bait. *Fisheries*, 29(5): 19-23.
- Grant, J., Hatcher, A., Scott, D.B., Pocklington, P., Schafer, C.T., Winters, G.V., 1995.** A multidisciplinary approach to evaluating impacts of shellfish aquaculture on benthic communities. *Estuaries* 18(1A):124-144
- Grizel H. and Héral M. 1991.** Introduction into France of the Japanese oyster (*Crassostrea gigas*) J. *Cons. Int. Explor. Mer*, 47: 399-403.
- Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP), 1990.** The state of the marine environment. *Rep. Stud. GESAMP*, (39): 111 p.
- Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP), 1997.** Towards safe and effective use of chemicals in coastal aquaculture. IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. *Reports and Studies GESAMP*. No. 65. London, IMO. 40 pp. <<http://www.fao.org/docrep/meeting/003/w6435e.htm>>.
- Guichard, B. & Licek, E., 2006.** A comparative study of antibiotics registered for use in farmed fish in European countries. Poster. OIE Global Conference on Aquatic Animal Health, Bergen.
- Guillen, I., Berlanga, J., Valenzuela, C.M. Morales, A., Toledo, J., Estrada, M.P., Puentes, P., Hayes, O. and LaFuente, J, 1999.** Safety evaluation of transgenic tilapia with accelerated growth. *Mar. Biotech.*, 1: 2-14.
- Hair, C., Bell, J. and Doherty, P. 2002.** The use of wild-caught juveniles in coastal aquaculture and its application to coral reef fishes. In R.R. Stickney & J. McVey, eds. *Responsible Marine Aquaculture*, pp. 327-351. Wallingford, England, CAB International.
- Haroun, R.J. and Izquierdo, M.S. 1991.** Distribución de *Sargassum muticum* (Yendo) Fehnholt en Europa. Peligros de su penetración en la Península Ibérica” *Actas V Simp. Iber. Estud. Bentos Mar.*, Vol. I: 22 – 27.
- Hassin, S., De Monbrison, D., Hanin, Y., Elizur, A., Zohar, Y. and Popper,**



- D.M., 1997.** Domestication of the white grouper, *Epinephelus aeneus*. 1. Growth and reproduction. *Aquaculture*, 156: 305-316.
- Hemminga, M.A. and Duarte, C.M., 2000.** *Seagrass Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, 298 pp.
- Henderson, A.R. and Davies, I.M., 2000.** Review of aquaculture, its regulation and monitoring in Scotland. *J. Appl. Ichthyol.*, 16: 200-208.
- Héral M. 1986.** L'ostréiculture française traditionnelle. In: Barnabé G. (éd.), *Aquaculture. Vol. 1*. Lavoisier, Paris, pp. 345-390.
- Hewitt, C.L., Campbell, M.L. and Gollasch, S., 2006.** *Alien Species in Aquaculture. Considerations for responsible use*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. viii + 32 pp.
- Hindar, K., 2001.** Interactions of cultured and wild species. In: *Marine aquaculture and the environment: a meeting for stakeholders in the Northeast*. University of Massachusetts, Boston. 11–13 pp.
- Holmer, M., Pérez, M and Duarte, C.M., 2003.** Benthic primary producers—a neglected environmental problem in Mediterranean maricultures? *Mar. Pol. Bull.*, 46: 1372–1376.
- Hostin, L.M., 2003.** *Influência de cultivos de ostras (Crassostrea Sacco, 1897) nas comunidades macrobênticas de um canal de maré da Baía de Guaratuba, Paraná*. Dissertation. Biology Department, Universidade Federal do Paraná, 76 pp.
- Howard, R.D., DeWoody, J.A. and Muir, W.M., 2004.** Transgenic male mating advantage provides opportunity for Trojan gene effect in fish. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(9): 2934-2938.
- Hussenot, J.M.E., 2003.** Emerging effluent management strategies in marine fish-culture farms located in European coastal wetlands. *Aquaculture*, 226: 113-128.
- International Council for the Exploration of the Sea (ICES), 2004.** *Report of the Working Group on Introductions and Transfers of Marine Organisms (WGITMO)*. International Council for the Exploration of the Seas, Copenhagen, Denmark, 151 pp.
- International Council for the Exploration of the Sea (ICES), 2005.** *ICES Code of Practice on the Introductions and Transfers of Marine Organisms*. International Council for the Exploration of the Seas, Copenhagen, Denmark. 30p.
- Iglesias, J., Otero, J.J., Moxica, C., Fuentes, L. and Sánchez, F.J., 2004.** The completed life cycle of the octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier) under culture conditions: paralarval rearing using *Artemia* and zoeae, and first data of juvenile growth up to 8 months of age. *Aquaculture Internacional*, 12: 481-487.
- Ingrid, G., Andersen, T., and Vadstein, O., 1997.** Pelagic food webs and eutrophication of coastal waters: impact of grazers on algal communities. *Mar. Pol. Bull.*, 33(1-6): 22-35.
- International Fishmeal & Fish Oil Organisation (IFFO), 2002.** Resources and Markets – The world market overview of fishmeal and fish oil, S. M Barlow, Paper presented to the 2<sup>nd</sup> Seafood By-Products Conference, Alaska in November 2002. <http://www.iffco.org.uk/tech/alaska.htm>



- Izquierdo, M.S., Obach, A., Arantzamendi, L., Montero, D., Robaina, L. and Rosenlund, G., 2003. Dietary lipid sources for seabream and seabass: growth performance, tissue composition and flesh quality. *Aquacult. Nutr.*, 9: 397–407.
- Jerez, S., Samper, M., Santamaria, F.J., Villamandos, J., Cejas, J. and Felipe, B., 2006. Natural spawning of greater amberjack (*Seriola dumerili*) kept in captivity in the Canary Islands. *Aquaculture*, 252: 199-207.
- Jones, A.B., Dennison, W.C. and Preston, N.P., 2001. Integrated treatment of shrimp effluent by sedimentation, oyster filtration and macroalgal absorption: a laboratory scale study. *Aquaculture*, 193: 155–178.
- Karakassis, I., Tsapakis, M., Hatziyanni, E., Papadopoulou, K.N. and Plaiti, W., 2000. Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 1462-1471.
- Kovac, N., Cermelj, B., Vrišer, B. and Lojen, S., 2004. The Influence of Fish Farming on Coastal Marine Sediment in Slovenia (Piran Bay, northern Adriatic) – Summary. In: UNEP/MAP/MED POL: *Mariculture in the Mediterranean*. MAP Technical Reports Series No. 140, UNEP/MAP, Athens, 2004.
- Krom, M.D., Ellner, S., van-Rijn, J. and Neori, A., 1995. Nitrogen and phosphorus cycling and transformations in a prototype “non-polluting” integrated mariculture system, Eliat, Israel. *Mar.Ecol. Prog. Ser.*, 118:25-36.
- Lachance, S. and Magnan, P., 1990. Performance of domestic, hybrid, and wild strains of brook trout, *Salvelinus fontinalis*, after stocking: The impact of intra- and interspecific competition. *Can. J. Fisheries Aquat. Sci.*, 47: 2278-2284.
- Leonart, J. and Majkowski, J., 2005. Summary report on bluefin tuna capture fishing for farming/fattening in the Mediterranean. In: *GFCM/ICCA ICCAT Working Group on sustainable Tuna Farming/Fattening practices in the Mediterranean*. Rome,
- Lodeiros, C. and García, N., 2004. The use of sea urchins to control fouling during suspended culture of bivalves. *Aquaculture*, 231: 293-298.
- Lovatelli, A., 2005. Summary report on the status of bluefin tuna aquaculture in the Mediterranean. In: *GFCM/ICCA ICCAT Working Group on sustainable Tuna Farming/Fattening practices in the Mediterranean*. Rome, 16-18 pp.
- Machias, A., Karakassis, I., Giannoulaki, M., Papadopoulou, K.N., Smith, C.J. and Somarakis, S., 2005. Response of demersal fish communities to the presence of fish farms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 288: 241-250.
- Manley, A.R., 1983. The effects of copper on the behaviour, respiration, filtration and ventilation activity of *Mytilus edulis*. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 63: 205–222.
- Marbà, N., Santiago, R., Díaz-Almela, E., Álvarez, E. and Duarte, C.M., 2006. Seagrass (*Posidonia oceanica*) vertical growth as an early indicator of fish farm-derived stress. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67: 475-483.
- Marinho-Soriano, E., Morales, C. and Moreira, W.S.C., 2002. Cultivation of *Gracilaria* (Rhodophyta) in shrimp pond effluents in Brazil. *Aquac. Res.*, 33: 1081–1086.

- Marino, G., E. Panini, A. Longobardi, A. Mandich, M.G. Finoia, Y. Zohar and C. Mylonas, 2003.** Induction of ovulation in captive-reared dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), with a sustained-release GnRH $\alpha$  implant. *Aquaculture*, 219 (1-4): 841-858.
- Martínez, S., 2005.** *Contribución al estudio del crecimiento y aprovechamiento nutritivo de la dorada (Sparus aurata) alimentada con piensos con diferentes fuentes proteicas y lipídicas.* Tesis Doctoral. Universidad de Valencia: 204 pp.
- Mazzola, A., Mirto, S., La Rosa, T., Danovaro, R. and Fabiano, M., 2000.** Fish farming effects on benthic community structure in coastal sediments: analysis of the meiofaunal resilience. *ICES Journal of Mar. Sci.*, 57: 1454–1461.
- McClelland, J.W. and Valiela, I., 1998.** Changes in food web structure under the influence of increased anthropogenic nitrogen inputs to estuaries. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 168: 259-271.
- McGhie, T.K., Crawford, C.M., Mitchell, I.M. and O'Brian, D., 2000.** The degradation of fish-waste in sediments during fallowing. *Aquaculture*. 187( 3-4): 351-366.
- McGinnity, P. and Ferguson, A., 2003.** Accidental and Deliberate Introduction of Farmed Salmon and Result in reduced Survival and Fitness could Lead to Extinction of Vulnerable Wild Populations of Atlantic Salmon. <http://130.226.135.19/fiskepleje/PDFs/Nontechnical.pdf>
- McNeely, J.A. and Schutyser, F., 2003.** Invasive species: A global concern bubbling to the surface. *International Conference on the Impact of Global Environmental Problems on Continental and Coastal Marine Waters.* Geneva, Switzerland, 12 pp.
- McVicar, A.H. 1997.** Disease and parasite implications of the coexistence of wild and cultured Atlantic salmon populations. *ICES J. Mar. Sci.*, 54: 1093–1103.
- Miron, G., Landry, T., Archambault, P. and Frenette, B., 2005.** Effects of mussel culture husbandry practices on various benthic characteristics. *Aquaculture*, 250: 138-154.
- Mirto, S., La Rosa, T., Danovaro, R. and Mazzola, A., 2000.** Microbial and meiofaunal response to intensive mussel farm biodeposition in coastal sediments of the Western Mediterranean. *Mar. Pollut. Bull.*, 40: 244–252.
- Muir, W.M. and Howard, R.D., 1999.** Possible ecological risks of transgenic organism release when transgenes affect mating success: sexual selection and the Trojan gene hypothesis. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 96: 13853-13856.
- Muzinic, L.A., Thompson, K.R., Morris, A., Webster, C.D., Rouse, D.B. and Manomaitis, L., 2004.** Partial and total replacement of fish meal with soybean meal and brewer's grains with yeast in practical diets for Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture*, 230: 359–376.
- Mylonas, C., Papandroulakis, N. Smboukis, A., Papadaki, M. and Divanach, P., 2004.** Induction of spawning of cultured greater amberjack (*Seriola dumerili*) using GnRH $\alpha$  implants. *Aquaculture*, 237: 141-154.
- Myrick, C.A., 2002.** Ecological impacts of escaped organisms. In: *Aquaculture and the Environment in the United States.* U.S., J. Tomasso, (ed.). Aquaculture Society, A Chapter of the World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA. 225-245 pp.

- Nash, C.E., P.R. Burbridge, and J.K. Volkman (editors). 2005. *Guidelines for ecological risk assessment of marine fish aquaculture*. U.S. Dept. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS-NWFSC-71, 90 p.
- National Research Council (NRC), 1999. *The Use of Drugs in Food Animals: Benefits and Risks*. National Academy Press, Washington, D.C.
- National Research Council (NRC), 2000. *Clean Coastal Waters: Understanding and Reducing the Effects of Nutrient Pollution*. National Academy Press, Washington, D.C.
- Neori, A, Msuya, F.E., Shauli, L., Schuenhoff, A., Kopel, F. and Shpigel, M. 2003. A novel three-stage seaweed (*Ulva lactuca*) biofilter design for integrated mariculture. *J. Applied Phycol.*, 15: 543-553.
- Neori, A., Chopin, T., Troell, M., Buschmann, A.H., Kraemer, G.P., Halling, C., Shpigel, M. and Yarish, C., 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*, 231: 361-391.
- New, M.B., Tacon, A.G.J. and Csavas, I. (eds.), 1995. *Farm-made aquafeeds*. FAO Fisheries Technical Paper No. 343, 434 pp., Rome.
- New, M.B. and Wijkstrom, U.N., 2002. *Use of fish meal and fish oil in aquafeeds further thoughts on the fish meal trap*. FAO Fish. Circ. 975. Rome, 61 pp.
- National Marine Fisheries Service/ U.S. Fish and Wildlife Service (NMFS/FWS), 2000. November 2000. Guide to the listing of a distinct population segment of Atlantic salmon as endangered. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration. 21 May 2001. <[http://www.nmfs.gov/press\\_release/salmonguide00.01.pdf](http://www.nmfs.gov/press_release/salmonguide00.01.pdf)>.
- Nordstrom, H., and Vaughan, S., 1999. *Trade and Environment*. Special Studies 4. Geneva: World Trade Organization.
- Omoto, N., Maebayashi, M., Adachi, S., Arai, K. and Yamauchi, K., 2005. Sex ratios of triploids and gynogenetic diploids induced in the hybrid sturgeon, the bester (*Huso huso* female x *Acipenser ruthenus* male). *Aquaculture*, 245:39-47.
- Ottolenghi, F, Silvestri, C., Giordano, P., Lovatelli, A. and New, M.B., 2004. *Capture-based aquaculture. The fattening of eels, groupers, tunas and yellowtails*. FAO, Rome. 308 pp.
- Papandroulakis, N., Mylonas, C.C., Maingot, E. and Divanach, P., 2005. First results of greater amberjack (*Seriola dumerili*) larval rearing in mesocosm. *Aquaculture*, 250: 155-161.
- Pearson, T.H. and Black, K.D., 2001. The environmental impacts of marine fish cage culture. In: *Environmental Impacts of Aquaculture*, Black, K.D. (ed.). Sheffield Academic Press, 1- 27 pp..
- Pergent-Martini, C., Boudouresque, C.F., Pasqualini, V. and Pergent, G., 2006. Impact of fish farming facilities on *Posidonia oceanica* meadows: a review. *Marine Ecology*, 27: 310-319p.

- Pike, I.H.** 2005. Eco-efficiency in aquaculture: global catch of wild fish used in aquaculture. *Int. Aquafeed*, 8(1): 38–40.
- Planes, S. and Lecaillon, G.**, 2001. Caging experiment to examine mortality, during metamorphosis of coral reef fish larvae. *Coral Reefs*, 20(3): 211-218.
- Pohle, G., Frost, B. and Findlay, R.**, 2001. Assessment of regional benthic impact of salmon mariculture within the Letang Inlet, Bay of Fundy. *ICES J. Mar. Sci.*, 58: 417-426.
- Porrello, S., Tomassetti, T., Manzueto, L., Finoia, M.G., Persia, E., Mercatali, I. and Stipa, P.**, 2005. The influence of marine cages on the sediment chemistry in the Western Mediterranean Sea. *Aquaculture*, 249: 145– 158.
- Powell, K.**, 2003. Fish farming: eat your veg. *Nature*, 426: 378-379.
- Robinson, S.M.C., Auffrey, L.M. and Barbeau, M.A.**, 2005. Far-Field Impacts of Eutrophication on the Intertidal Zone in the Bay of Fundy, Canada with Emphasis of the Soft-Shell Clam, *Mya arenaria*. *Hdb. Env. Chem.*, vol. 5, Part M: 253-274.
- Rodríguez, A., Cuesta, A., Ortuno, J., Esteban M.A. and Meseguer, J.**, 2003. Immunostimulant properties of cell wall-modified whole *Saccharomyces cerevisiae* strain administered by diet to seabream (*Sparus aurata* L.). *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 96: 183-192.
- Ruckebusch, H.**, 1949. Le clam : note sur *Venus mercenaria* (L.), son introduction et son élevage dans le Bassin de la Seudre. *Rev. Trav. Off. Scient. Tech. Pêches. Mar.*, XV (1-4) (1949) 99-117.
- Ruesink, J., Groom, M., Parker, I. and Kareiva, P.**, 1995. Reducing the risks of nonindigenous species introductions. *BioScience*, 47: 465-477.
- Ruiz, G.M., Carlton, J.T., Grosholz, E.D. and Hines, A.H.**, 1997. Global invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: Mechanisms, extent, and consequences. *Am. Zool.*, 37: 621-632.
- Ruiz, J.M., Perez, M. and Romero, J.**, 2001. Effects of fish farm loadings on seagrass (*Posidonia oceanica*) distribution, growth and photosynthesis. *Marine Pol. Bull.*, 42, 749-760.
- Sadek, S. and Mires, M.**, 2000. Capture of wild finfish fry in Mediterranean coastal areas and possible impact on aquaculture development and marine genetic resources. *The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh*, 52(2), 77-88.
- Sabaut, J.-J.**, 2002. *Feeding Farmed Fish*. President of the Inter-professional Committee for Aquaculture Products (CIPA) France.
- Sanchez I., Fernandez, C., and Arrontes, J.**, 2005. Long-term changes in the structure of intertidal assemblages after invasion by *Sargassum muticum* (Phaeophyta). *J. Phycology*, 41: 942-949.
- Sarà, G., Scilipoti, D., Mazzola, A. and Modica, A.**, 2004. Effects of fish farming waste on sedimentary and particulate organic matter in a southern Mediterranean area (Gulf of Castellammare, Sicily): a multiple stable isotope study ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ ). *Aquaculture*, 234: 199–213.

- Sarà, G., Scilipoti, D., Milazzo, M. and Modica, A., 2006.** Use of stable isotopes to investigate dispersal of waste from fish farms as a function of hydrodynamics. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 313: 261-270.
- Sargent, J.R. and Tacon, A.G., 1999.** Development of farmed fish: a nutritionally necessary alternative to meat. *Proceeding of Nutritional Society*, 58: 377-383.
- Schmidt, A.S., Bruun, M.S., Dalsgaard, I. and Larsen, J.L., 2001.** Incidence, distribution, and spread of tetracycline determinants and integron-associated antibiotic resistance genes among motile aeromonads from a fish farming environment. *Appl. Environ. Microbiol.*, 67: 5675– 5682.
- Schulze, A.D., Alabi, A.O., Tattersall-Sheldrake, A.R. and Miller, K.M., 2006.** Bacterial diversity in a marine hatchery: Balance between pathogenic and potentially probiotic bacterial strains. *Aquaculture*, 256: 50-73.
- Smith, J. and Shackley, S.E., 2004.** Effects of a commercial mussel *Mytilus edulis* lay on a sublittoral, soft sediment benthic community. *Mar. Ecol., Prog. Ser.*, 282: 185– 191.
- Smith, J.E., 2002.** *Alien Marine Algae in the Hawaiian Islands.*  
www.botany.hawaii.edu/GradStud/smith/invasive/BROCHURE.htm
- Smith, P., Hiney, M.P. and Samuelsen, O.B., 1994.** Bacterial resistance to antimicrobial agents used in fish farming: a critical evaluation of method and meaning. *Annu. Rev. Fish Dis.*, 4: 273–313.
- Soto, D. and Mena, G., 1999.** Filter feeding by the freshwater mussel, *Diplodon chilensis*, as a biocontrol of salmon farming eutrophication. *Aquaculture*, 171: 65–81.
- Stahr, P.A., Pedersen, M.F., Thomsen, M.S., Wernberg, T. and Krause-Jensen, D., 2000.** Invasion of *Sargassum muticum* in Limfjorden (Denmark) and its possible impact on the indigenous macroalgal community. *Mar Ecol Pro Ser*, 207: 79-88.
- Tacon, A.G.J., 2004.** Use of fish meal and fish oil in aquaculture: a global perspective. *Aquat. Resour. Cult. Dev.*, 1: 3–14.
- Tan, C.K.F., Nowak, B.F. and Hodson, S.L., 2002.** Biofouling as a reservoir of *Neoparamoeba pemaquidensis* (Page 1970), the causative agent of AGD in Atlantic salmon. *Aquaculture*, 210: 49– 58.
- Thomsen, M.S., Wernberg, T., Stahr, P.A. and Pedersen, M.F., 2006.** Spatio-temporal distribution patterns of the invasive macroalga *Sargassum muticum* within a Danish *Sargassum*-bed. *Helgoland Marine Research*, 60(1): 50-58.
- Thorarinsson, R. and Powell, D.B., 2006.** Effects of disease risk, vaccine efficacy, and market price on the economics of fish vaccination. *Aquaculture*, 256: 42-49.
- Thorpe, J.E., 1991.** Acceleration and deceleration effects of hatchery rearing on salmonid development, and their consequences for wild stocks. *Aquaculture*, 98: 111-118.
- Torrecillas, S., Makol, A., Caballero, M.J., Montero, D., Robaina, L., Real, F., Sweetman, J., Tort, L. and Izquierdo, M.S., 2007.** Immune stimulation and improved infection resistance in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*)

- fed mannan oligosaccharides. *Fish & Shellfish Immunology*. (in press, doi: 10.1016/j.fsi.2007.03.007).
- Troell, M., Halling, C., Nilsson, A., Buschmann, A.H., Kautsky, N. and Kautsky, L., 1997.** Integrated marine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increased economic output. *Aquaculture*, 156: 45–61.
- Troell, M., Halling, C., Neori, A., Chopin, T., Buschmann, A.H., Kautsky N. and Yarish, C., 2003.** Integrated aquaculture: asking the right questions. *Aquaculture*, 226: 69-90.
- United Nations Environment Programme /Mediterranean Action Plan, 2004.** *Marine pollution indicators Fact*. Document UNEP(DEC)MEDWG.264/Inf.14. <http://dataservice.eea.europa.eu/atlas/viewdata/viewpub.asp?id=2213>
- United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan, 2005.** *Action Plan concerning species introductions and invasive species in the Mediterranean Sea*. Ed. RAC/SPA, Tunis. 30 pp.
- Uriarte, A. and Basurco, B. (eds.), 2001.** *Environmental impact assessment of Mediterranean aquaculture farms* Zaragoza : CIHEAM-IAMZ, 2001. 416 p. (Cahiers Options Méditerranéennes; v. 55). TECAM Seminar on Environmental Impact Assessment of Mediterranean Aquaculture Farms, 2000/01/17-21, Zaragoza (Spain).
- Van Ginneken, V.J.T. and Maes, G.E., 2005.** The European eel (*Anguilla anguilla*, Linnaeus), its Lifecycle, Evolution and Reproduction: A Literature Review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 15(4): 367-398.
- Verschuere, L., Rombaut, G., Sorgeloos, P. and Verstraete, W., 2000.** Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 64: 655.
- Vezzulli, L., Chelossi, E., Riccardi, G. and Fabiano, M., 2002.** Bacterial community structure and activity in fish farm sediment of the Ligurian Sea (Western Mediterranean). *Aquaculture International*, 10 (2): 123– 141.
- Viarengo, A., 1989.** Heavy metals in marine invertebrates: mechanisms of regulation and toxicity at the cellular level. *Rev. Aquat. Sci.*, 1: 295–317.
- Viera, M.P., Gómez Pinchetti, J.L., Courtois de Vicoze, G., Bilbao, A., Suárez, S. Haroun R.J. and Izquierdo, M.S., 2006.** Suitability of three red macroalgae as a feed for the abalone *Haliotis tuberculata coccinea* Reeve. *Aquaculture*, 248: 75-82.
- Wabnitz, C., Taylor, M., Green, E. and Razak, T., 2003.** *From Ocean to Aquarium*. UNEP-WCMC, Cambridge, UK.
- Waknitz, F.W., Tynan, T.J., Nash, C.E., Iwamoto, R.N. and Rutter, L.G., 2002.** *Review of potential impacts of Atlantic salmon culture on Puget Sound Chinook salmon and Hood Canal summer-run chum salmon evolutionarily significant units*. U.S. Dept. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS- NWFSC-53. 83 p.
- Weber, M., 2003.** *What price farmed fish: A review of the environmental & social costs of farming carnivorous fish*. SeaWeb Aquaculture Clearinghouse. Providence, Rhode Island. 52 pp.

- Webster, C.D., Tiu, L.G., Margan, A.M and Gannm, A.M., 1999.** Effect of partial replacement of fishmeal on growth and body composition of sunshine bass, *Morone chrysops* X *M. saxatilis*, fed practical diets. *Journal of World Aquaculture Society*, 30: 443-453.
- Winton, J.R., 2001.** Fish health management, In: *Fish Hatchery Management*, Wedemeyer, G. (ed.). 2nd ed. American Fisheries Society, Bethesda, MD, 559–639 pp.
- Wolff, W.J. and Reise, K., 2002.** Oyster imports as a vector for the introduction of alien species into Northern and Western European coastal waters. In: Leppakoski E., Gollasch S. and Olenin S. (eds), *Invasive Aquatic species of Europe - distribution impacts and management*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London: 193-205 pp.
- World Commission on Environment and Development (WCED), 1987.** *Our common future*. Oxford UK, Oxford University Press, 383 pp.
- World Health Organization (WHO), 2002.** *The world health report. Reducing risks, promoting healthy life*. 248 pp.
- World Wide Fund for Nature (WWF), 2006.** *The plunder of bluefin tuna in the Mediterranean and East Atlantic in 2004 and 2005. Uncovering the real story*. WWF Mediterranean Marine Programme, 101 pp.
- Worm, B., Lotze, H.K., Boström, C., Engkvist, R., Labanauskas, V. and Sommer, U., 1999.** Marine diversity shift linked to interactions among grazers, nutrients and dormant propagules. *Mar Ecol. Prog. Ser.*, 185: 309-314.
- Worm, B. and Lotze, H.K., 2000.** Nutrient pollution, low-trophic level harvesting and cumulative impacts on coastal ecosystems. In: *Proceedings of the symposium "Rockweed: management in the face of scientific uncertainty"*, (R.W. Rangeley (ed.). Huntsman Marine Science Centre, St. Andrews, New Brunswick, Canada.
- Worm, B., Lotze, H.K., and Sommer, U., 2000.** Coastal food web structure, carbon storage, and nitrogen retention regulated by consumer pressure and nutrient loading. *Limnol. and Oceanogr.*, 45(2): 339-349.
- Youngson, A.F., Dosdat, A., Saroglia, M. and Jordan, W.C., 2001.** Genetic interactions between marine finfish species in European aquaculture and wild conspecies. *J. Appl. Ichthyol.*, 17 (4): 153–162.
- Yu, Y., 2004.** Replacement of fishmeal with poultry byproduct meal and meat and bone meal in shrimp, tilapia and trout diets. In L.E. Cruz-Suárez, D. Ricque-Marie, M.G. Nieto- Lopez, D.A. Villarreal-Cavazos, U. Scholz & M.L. Gonzalez-Felix, (eds.) *Proceedings of the VII international symposium on aquaculture nutrition*. Universidad Autónoma de Nuevo Leon, Hermosillo, Mexico.



## Lista de Participantes

### Taller de Acuicultura y Medio Ambiente

26-28 Octubre 2006, Las Palmas de Gran Canaria, España



**Dror Angel**, Instituto Recanati de Ciencias Marinas, Universidad Haifa, Israel  
adror@research.haifa.ac.il

**Abdelhafid Chalabi**, Consultor del Departamento de Pesca y Océano, Canadá, Department of Fisheries and Ocean, Cánada  
achalabi@rogers.com

**Panos Christofiligannis**, Aquatic Resources Management Solutions (AQUARK), Grecia  
panosvet@otenet.gr

**Gercende Courtois de Vicose**, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España  
gtricor@hotmail.com



**Fernando de la Gándara**, Instituto Español de Oceanografía, Mazaron,  
Murcia, España  
fernando@mu.ieo.es

**Ricardo Haroun Tabraue**, Universidad de Las Palmas de Gran  
Canaria, BIOGES, España  
rharoun@dbio.ulpgc.es

**Mohamed Hichem Kara**, Universidad de Annaba,  
Argelia  
kara\_hichem@yahoo.com

**Marisol Izquierdo**, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria,  
España  
mizquierdo@dbio.ulpgc.es

**Alex Makol Arenas**, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria,  
BIOGES, España  
amakol@iccm.rcanaria.es

**Syndhia Mathé**, Universidad de Montpellier, Francia  
mathe.syndhia@wanadoo.fr

**Chadi H. Omaña**, Instituto de Oceanografía y Pesca,  
Líbano  
iopgov@cyberia.net.lb

**Daniel Montero Vítores**, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria,  
España  
dmontero@iccm.rcanaria.es

**Hassan Nhhala**, Institut National de Recherche Halieutique (INRH),  
Marruecos  
nhhalahassan@yahoo.fr

**Javier Ojeda González-Posada**, Asociación Empresarial de  
Productores de Cultivos Marinos (APROMAR), España  
ojeda@apromar.es

**Christine Pergent**, Plan de Acción para el Mediterráneo del PNUMA, Centro de Actividad Regional para Áreas Especialmente Protegidas (CAR-ASP), Túnez  
christine.pergent@rac-spa.org

**Ferit Rad**, Universidad de Mersin, Turquía  
frad@mersin.edu.tr

**Javier Remiro Perlado**, TRAGSATEC, S.L., Área de Acuicultura, Ministerio de Pesca, Alimentación y Agricultura, España  
javier\_remiro@servipes.net

**François René**, Instituto Francés de Investigación para la Explotación del Mar (IFREMER), Francia  
Francois.Rene@ifremer.fr

**Eugenio Reyes**, Ben.Magec (Federación Ecologista de Canarias), España

**Shérif Sadek**, Oficina de Consultoría en Acuicultura(ACO), Egipto  
aco\_egypt@yahoo.com

**François Simard**, Centro de Cooperación del Mediterráneo de la UICN, España, Programa Marino Global, Suiza  
francois.simard@iucn.org

**Despina Symons**, European Bureau for Conservation and Development, Bélgica  
despina.symons@ebcd.org

**Fernando Torrent**, Universidad Autónoma de Madrid, España  
fernando.torrent@upm.es

**Mapi Viera Toledo**, Universidad de Las Palmas de Gran Canarias, España  
mapi@iccm.rcanaria.es

**John Watters**, ADSA,  
España  
johnwaters.adsa@tinamenor.es

**Guzel Yucel-Gier**, Universidad Dokuz Eylul, Izmir,  
Turquía  
yucel.gier@deu.edu.tr

**Agradecemos también a los siguientes expertos por su ayuda y sus importantes comentarios:**

**Albert Tacon**, Universidad de Hawaii, Honolulu,  
EEUU

**Silvia Torrecillas Burriel**, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria,  
España  
storrecillas@iccm.rcanaria.es

**Bernardo Basurco**, CIHEAM,  
España  
basurco@iamz.ciheam.org

**Fabio Massa**, FAO-ADRIAMED

**Courtney Hough**, FEAP  
courtney@feap.info

## Lista de Acrónimos

EMA:	Agencia Europea de Medio Ambiente
AMP:	Área Marina Protegida
APROMAR:	Asociación Empresarial de Productores de Cultivos Marinos
BFT:	Atún rojo del Atlántico
BIOFAQ:	Biofiltración y Acuicultura: una evaluación del sustrato duro en las acciones de despliegue en el desarrollo de la maricultura. Unión Europea FP5 (Quinto Programa Marco)
BIOGES:	Centro de Investigación en Biodiversidad y Gestión Ambiental de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
CAR-ASP:	Centro de Actividad Regional para Áreas Especialmente Protegidas
CARE system:	Sistema de Trampas de Recolección desarrolladas por Ecocean Inc.
CDB:	Convención sobre la Diversidad Biológica
CGPM:	Comisión General de Pesca del Mediterráneo
CICAA:	Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico
CIESM:	Comisión Mediterránea de Ciencias
CRAB:	Collective Research on Aquaculture Biofouling
EAO:	Oficina de Evaluación Medioambiental
EBCD:	European Bureau for Conservation and Development
ECASA:	Proyecto “Enfoque Ecosistémico para la Acuicultura

	Sostenible”. Unión Europea FP6 (Sexto Programa Marco)
EEB:	Encefalopatía Espongiforme Bovina
ENGO:	Organizaciones Medioambientales No-gubernamentales
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FEAP:	Federación Europea de Productores de Acuicultura
GAFRD:	Dirección General de Desarrollo de Recursos Pesqueros
GESAMP:	Grupo de Expertos sobre Aspectos Científicos de Protección Marino Ambiental
GIA:	Grupo de Investigación en Acuicultura de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
ICES:	Consejo Internacional para la Exploración del Mar
IEO:	Instituto Español de Oceanografía
IFFO:	Organización Internacional de Harina y Aceite de Pescado
INRH:	Institut National de Recherche Halieutique de Marruecos
MAPA:	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España
MARAQUA:	Regulación y Gestión de la Acuicultura Marina. Proyecto de la UE
MEA:	Movimiento Ecológico de Argelia
MEDVEG:	Efectos de la propagación de los nutrientes de las granjas acuícolas mediterráneas sobre la vegetación béntica en los ecosistemas costeros. Proyecto de la UE
MERAMED:	Desarrollo de guías de gestión y herramientas modelo sobre los efectos medioambientales de la acuicultura mediterránea. Proyecto de la UE
NMFS / FWS:	Servicio Nacional de Pesquerías Marinas / Servicio de Pesca y de Vida Salvaje
OMGs:	Organismos Modificados Genéticamente

OMS:	Organización Mundial de la Salud
UICN:	Unión Mundial para la Naturaleza
UNEP-MAP:	Plan de Acción del Mediterráneo del Programa de las Naciones Unidas de Medio Ambiente (PAM/PNUMA)
WCED:	Comisión Mundial sobre el Medio ambiente y el Desarrollo
WWF:	Fondo Mundial para la Naturaleza









## **Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación**

El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación es el departamento de la Administración General del Estado encargado de la propuesta y ejecución de las directrices generales del Gobierno sobre la política agraria, pesquera y alimentaria, correspondiéndole a la Secretaría General de Pesca Marítima el ejercicio de la planificación y ejecución de la política en materia de pesca marítima, de ordenación básica del sector pesquero, de la acuicultura y de la comercialización de los productos pesqueros.

[www.mapa.es](http://www.mapa.es)

## **Federación de Productores Europeos de Acuicultura**

La Federación Europea de Productores de Acuicultura (FEAP), fundada en 1968, representa en la actualidad a 28 asociaciones nacionales de acuicultura de 23 países europeos, que suman una producción anual de más de 1,3 millones de toneladas de pescados de crianza. La FEAP es miembro del Comité Consultivo de Pesca y Acuicultura (CCPA) de la Comisión Europea y realiza numerosas actividades europeas e internacionales para el sector de la acuicultura.

[www.feap.info](http://www.feap.info)

## **UICN – Centro de Cooperación del Mediterráneo**

El Centro se abrió en octubre de 2001 y está situado en el edificio de la sede social del Parque Tecnológico de Andalucía en Málaga. La UICN cuenta con 157 miembros en la zona del Mediterráneo, incluyendo 15 estados. Su misión es influir, alentar y ayudar a las comunidades del Mediterráneo a conservar y a utilizar de manera sostenible los recursos naturales de la región, trabajar con los miembros de la UICN y cooperar con todas aquellas organizaciones que persiguen los mismos objetivos que la UICN.

[www.uicnmed.org](http://www.uicnmed.org)