

# *Diversificación en acuicultura: Una herramienta para la sostenibilidad*



*Diversificación en acuicultura:  
Una herramienta para la sostenibilidad*



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE,  
Y MEDIO RURAL Y MARINO



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE,  
Y MEDIO RURAL Y MARINO

#### MARM. Secretaría General del Mar.

Establecimiento de líneas directrices que fomenten el desarrollo sostenible de la acuicultura en el Mediterráneo, en relación a la acuicultura continental y la diversificación de la actividad acuícola (marina y continental).

#### Edita:

© Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino  
Secretaría General Técnica  
Centro de Publicaciones

#### Asistencia Técnica:

Tecnoma S.A. y Asoc. RIIA-CV  
Agosto 2011

#### Diseño y Maquetación:

Acero Estudio Valencia, S.L.

#### Impresión y Encuadernación:

textos&imágenes

#### Disponible en:

Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.  
Secretaría General del Mar.  
C/ Velázquez, 166.  
Madrid, España.  
Teléfono: 91 347 60 71  
<http://marm.es/es/pesca/publicaciones/>

NIPO: 770-11-236-6

ISBN: 978-84-491-1121-1

Depósito Legal 2010

Catálogo General de publicaciones oficiales:

<http://publicacionesoficiales.boe.es/> (servicios en línea/oficina virtual/Publicaciones)

En esta publicación se ha utilizado papel reciclado libre de cloro de acuerdo con los criterios medioambientales de la contratación pública.

Datos técnicos: Formato: 21,0 x 29,7 cm. Caja de texto: 7,2 x 21,9 cm. Composición: dos columnas. Tipografía: Gill Sans Light a cuerpo 12. Encuadernación: Rústica cosida con hilo vegetal. Papel: Interior; estucado semimate (couché) de 125 g. Cubierta, cartulina gráfica de 300 g. Impreso en cuatricromía más barniz de máquina. Tintas:

# Índice

<b>Autores.....</b>	<b>7</b>
<b>I. Introducción: Necesidad de la diversificación para realizar una acuicultura sostenible .....</b>	<b>9</b>
1.1. Acuicultura y diversificación.....	10
1.2. Justificación de la guía.....	12
1.3. Objetivo de la guía .....	13
1.4. Organización del documento .....	13
<b>2. Diversificación de emplazamientos.....</b>	<b>15</b>
2.1. Introducción .....	15
2.2. Justificación de la elección del emplazamiento .....	15
2.3. Elección de emplazamientos. Sistemas de Información Geográfica .....	16
2.4. Caso práctico: Selección del emplazamiento de una instalación en medio marino para la producción de Sparus aurata (Dorada), Dicentrarchus labrax (Lubina) y Argyrosomus regius (Corvina).....	19
2.5. Recomendaciones.....	22
<b>3. Diversificación de las especies producidas.....</b>	<b>25</b>
3.1. Antecedentes y justificación.....	25
3.2. Diversificación de las especies producidas .....	25
3.3. Proceso de diversificación.....	26
3.4. Nuevas especies.....	27
3.5. Cultivo integral del lenguado (Solea senegalensis).....	29
3.5.1. Introducción.....	29
3.5.2. Reproducción .....	30
3.5.3. Cultivo larvario .....	31
3.5.4. Engorde .....	31
3.6. Cultivo del pulpo (Octopus vulgaris).....	31
3.7. Recomendaciones.....	33
<b>4. Diversificación de la densidad de cultivo.....</b>	<b>35</b>
4.1. Antecedentes .....	35
4.2. Justificación .....	36
4.3. Desarrollo .....	37
4.4. Conclusión .....	39
4.5. Caso práctico. Densidades de producción en la fase de engorde de dorada y lubina ecológicas en instalaciones del Mediterráneo.....	39
4.6. Recomendaciones.....	43
<b>5. Diversificación de los sistemas de producción .....</b>	<b>45</b>
5.1. Antecedentes .....	45
5.2. Tipos de sistemas productivos según la tolerancia salina de la especie .....	45
5.3. Tipos de sistemas productivos según el organismo cultivado .....	45
5.4. Tipos de sistemas productivos según las fases de desarrollo de la especie .....	46
5.5. Tipos de sistemas productivos según la densidad de cultivo .....	46

5.6. Tipos de sistemas productivos según la ubicación del cultivo.....	47
5.7. Tipos de instalaciones en función de la utilización del agua: circuitos abiertos y cerrados.....	48
5.7.1. Circuito abierto.....	48
5.7.2. Circuito cerrado.....	50
5.7.3. Relación sistema productivo-tipo de circuito.....	51
5.8. Caso práctico: Circuito cerrado.....	51
5.8.1. Funcionamiento de la instalación.....	52
5.8.2. Equipos e instalaciones.....	53
5.9. Recomendaciones.....	53
<b>6. Diversificación del tamaño de las instalaciones.....</b>	<b>55</b>
6.1. Introducción.....	55
6.2. Justificación.....	55
6.3. Instalaciones continentales.....	56
6.4. Instalaciones intermareales.....	56
6.5. Instalaciones marinas.....	57
6.6. Caso práctico: Instalación acuícola en Burriana (Castellón).....	59
6.7. Recomendaciones.....	60
<b>7. Diversificación del ciclo productivo.....</b>	<b>63</b>
7.1. Introducción.....	63
7.2. Instalaciones de cría y preengorde.....	64
7.2.1. Desarrollo técnico.....	65
7.3. Instalaciones de engorde.....	67
7.3.1. Instalaciones en tierra.....	67
7.3.2. Producción en zonas intermareales.....	68
7.3.3. Instalaciones marinas.....	68
7.4. Acuicultura multitrófica integrada (IMTA).....	70
7.4.1. Sistemas IMTA.....	70
7.5. Recomendaciones.....	71
<b>8. Diversificación y sostenibilidad en la nutrición acuícola.....</b>	<b>73</b>
8.1. Introducción.....	73
8.2. Problemática actual de las materias primas.....	74
8.3. Requerimientos nutricionales de los peces de acuicultura.....	75
8.3.1. Proteína.....	76
8.3.2. Lípidos.....	76
8.3.3. Carbohidratos.....	77
8.3.4. Energía.....	77
8.3.5. Vitaminas y minerales.....	77
8.4. Caso práctico: Evaluación nutricional y medio ambiental de un descenso de los niveles de proteína en el alimento de engorde para dorada ( <i>Sparus aurata</i> ) en una instalación marina situada en Mar Mediterráneo.....	78

8.5. Recomendaciones.....	79
<b>9. Diversificación de productos.....</b>	<b>81</b>
9.1. Antecedentes: la diversificación en la planificación previa.....	81
9.2. Alargamiento de la vida del producto.....	81
9.3. Productos procesados y elaborados.....	84
9.4. Las marcas (marcas colectivas, marcas de garantía).....	86
9.5. Caso práctico: la marca colectiva “Crianza del Mar”.....	88
9.6. Recomendaciones.....	88
<b>10. Diversificación de mercados.....</b>	<b>91</b>
10.1. Introducción y antecedentes.....	91
10.2. La orientación a la producción frente a la orientación al mercado.....	91
10.3. Diferenciación de los productos.....	92
10.4. Segmentación de los mercados.....	92
10.5. Diversificación de mercados geográficos.....	93
10.6. Diversificación en tipos de mercados.....	94
10.7. Identificación de las dianas.....	94
10.8. La confianza en los productos para abordar nuevos mercados.....	95
10.9. Caso práctico: Noruega en acción en los mercados.....	96
10.10. Recomendaciones.....	96
<b>11. Anexos.....</b>	<b>99</b>
11.1. Abreviaturas.....	99
11.2. Bibliografía.....	100
11.3. Información de los autores.....	107

## Autores

La Guía ha sido elaborada por la Secretaría General del Mar del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino a través de una asistencia técnica por parte de una UTE formada por Tecnología y Medio Ambiente, S.A. (Tecnoma, S.A.) y la Asociación Red de Innovación en Industrias Acuícolas (RIIA - CV).

Esta Guía es una obra colectiva, coordinada por Guido Schmitd y Francisco J. Espinós Gutiérrez, en la que han participado los siguientes expertos, tal y como se relaciona a continuación.

Capítulo	Experto(s)	Institución
Introducción:	Francisco J. Espinós	Universidad Politécnica de Valencia –Asociación RIIA - CV
Diversificación de emplazamientos	Francisco Ruiz Manuel Segarra	Universidad de Valencia/Valencia International University Universidad Politécnica de Valencia
Diversificación de las especies producidas	Evaristo Mañanos José Luis Muñoz Eduardo Soler Jerónimo Chirivella	CSIC – Torre la Sal IFAPA – El Toruño (Junta de Andalucía) Andromeda Group Universidad Católica de Valencia
Diversificación de la densidad de cultivo	Clive Dove	Fundación INNOVAMAR
Diversificación de los sistemas de producción	Rodolfo Barrera Manuel Segarra	AVEMPI–Valenciana de Acuicultura s.a Universidad Politécnica de Valencia
Diversificación del tamaño de las instalaciones	Tahiche Lacomba Sebastian Balasch	Andromeda Group Universidad Politécnica de Valencia
Diversificación del ciclo productivo	Evaristo Mañanos Jerónimo Chirivella Francisco J. Espinós	CSIC – Torre la Sal Universidad Católica de Valencia Universidad Politécnica de Valencia –Asociación RIIA - CV
Diversificación y sostenibilidad en la nutrición acuícola	José Luis Tejedor	DIBAQ – DIPROTEG
Diversificación de productos	Jordi López José María Santiago Luis Ambrosio	ADS ACUIVAL Consultor PROBITEC S.L
Diversificación de mercados	Javier Ojeda	APROMAR

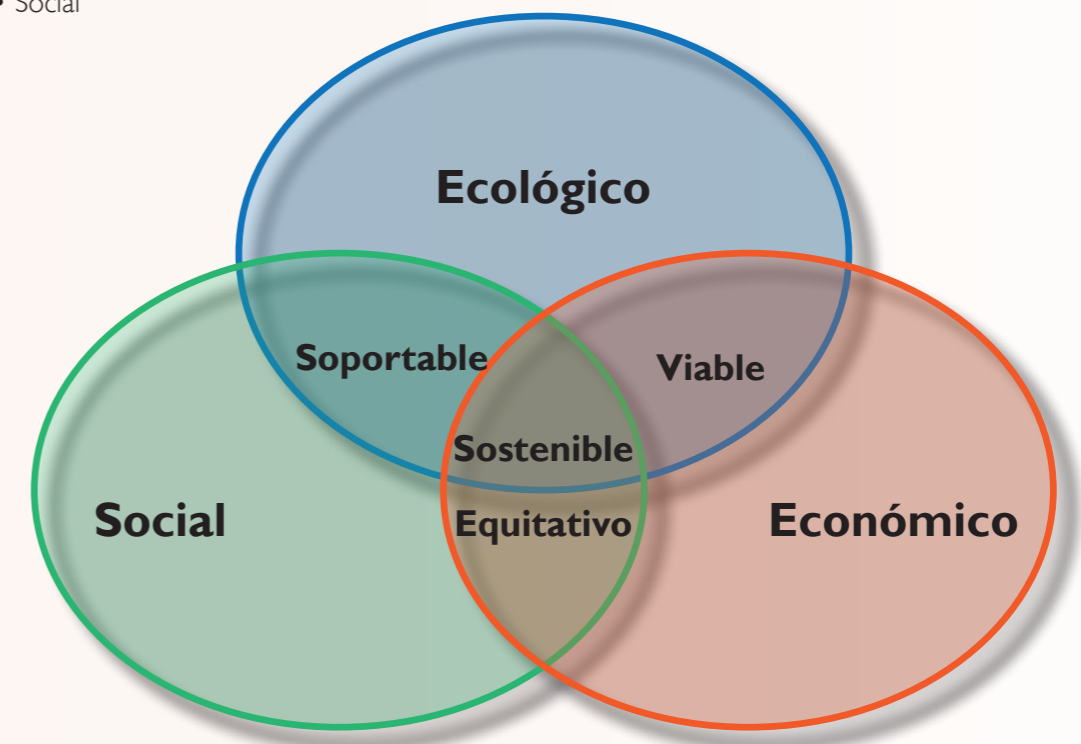
También se quiere agradecer la colaboración de la Fundación Observatorio Español de Acuicultura (Fundación OESA), que ha colaborado en las distintas reuniones de expertos mediante la figura de su Director Gerente Javier Remiro Perlado.

En el anexo 3 encontramos una breve información sobre los autores.

## **I. Introducción: Necesidad de la diversificación para realizar una acuicultura sostenible**

La sostenibilidad, desarrollo sostenible, sustentabilidad se aplica al desarrollo socio – económico y se divide en tres pilares fundamentales:

- Ecológico
- Económico
- Social



**Ilustración 1:** Esquema de los tres pilares básicos del desarrollo sostenible. (Fte Elaboración propia)

Como se observa en la ilustración 1, el punto medio de los tres pilares básicos es la sostenibilidad, aunque no siempre sea un promedio, ya que para no comprometer las generaciones futuras, lo viable puede que no sea igual de amplio que lo equitativo o soportable. El objetivo final de un desarrollo sostenible, no es más que definir proyectos viables económicamente y que sean a su vez soportables por el medio ambiente y tenga una componente social equitativa (puestos de trabajo, proveedores, nivel salarial aceptable, ...). En definitiva, un desarrollo sostenible es tal y como se recoge en el 3º Principio de la Declaración de Río de 1992<sup>1</sup>:

*“Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades”*

<sup>1</sup>: Cumbre de Río de Janeiro de 1992 organizada por la Comisión Mundial de Medio Ambiente y desarrollo de las Naciones Unidas.

La diversificación se presenta como una opción para alcanzar ese desarrollo sostenible. El hecho de diversificar conduce a una economía viable, pues no solo se dependería de unos pocos sectores (o en el caso de la acuicultura de unos pocos productos o sistemas de producción), ya que se crean distintos puestos de trabajo en distintos sectores, demandando por tanto distintas tipologías profesionales, y un sistema ecológico viable, evitando la sobreexplotación de recursos naturales. Por todo ello, para conseguir una acuicultura con un desarrollo sostenible, es necesario que la diversificación sea una pieza clave en la misma.

#### 1.1. Acuicultura y diversificación

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 Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) define la sostenibilidad en relación con la agricultura y las pesquerías de la siguiente manera: *“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).

La zona Mediterránea cuenta con una gran cantidad de recursos que facilitarán la diversificación de su acuicultura, y no sólo de las especies que se cultivan, sino también facilitará una diversificación de los procesos de cultivo, de tipos de empresa, de los mercados,...

Emprender procesos de diversificación es imprescindible para mantener a la zona Mediterránea con altas tasas de crecimiento de la producción acuícola y consolidar dicha zona primera línea mundial.

Un proceso de diversificación de la producción necesita ser técnicamente ordenado y planificado para que logre contribuir a la sostenibilidad de los sistemas de producción.

Entre los aspectos técnicos más importantes está la adecuada selección de los cultivos, de acuerdo a las características ambientales locales, el mercado y los principales factores de riesgo. Producir de acuerdo a las demandas del mercado puede asegurar buenos precios de comercialización, así como minimizar los riesgos en este eslabón de la cadena productiva.

Desde el punto de vista social, la adecuación de los cultivos al ambiente y al mercado facilita el proceso productivo y de comercialización, requiere menos inversión y esfuerzos para la venta de los productos y reduce los riesgos para los productores.

En cuanto al comportamiento ambiental, la adecuación entre los cultivos y las características del propio ambiente, tiende a aumentar la eficiencia de uso los recursos disponibles y a reducir los riesgos de deterioro derivados de la sobreexplotación y contaminación generada por la aplicación de insumos.

La diversificación de la producción de la acuicultura, se ha de desarrollar mediante el cultivo de recursos hidrobiológicos de fácil implementación y manejo técnico, creando nuevas alternativas de inversión tanto al sector pesquero industrial como artesanal.

Los recursos destinados a la I+D+i, se han de focalizar eficientemente sobre la diversificación acuícola, para conseguir maximizar los resultados de estos esfuerzos.

Si se pretende optimizar los recursos destinados a la acuicultura, es imprescindible desarrollar y fortalecer las capacidades científico-tecnológicas, de gestión, logísticas y otras relacionadas con la acuicultura.

Se hace indispensable mejorar el abastecimiento de materias primas para la industria procesadora, permitiendo además, una consolidación de los mercados externos actuales y apertura de nuevos mercados, basados en una oferta continua en cuanto a volúmenes y calidad de productos de gran demanda internacional.

La actividad acuícola en España se ha desarrollado concentrando el cultivo en muy pocas especies. Es por ello que se hace necesario desarrollar líneas de trabajo que contribuyan a la diversificación de las especies. Con el fin de que el esfuerzo focalizado en este objetivo tenga la mayor eficacia, hay que buscar especies que reúnan una serie de requisitos productivos, pero sobre todo, que tengan una clara demanda en el mercado. Es precisamente este aspecto el que en mayor medida anima al esfuerzo de investigación y desarrollo aplicado por parte de las empresas.

La diversificación de la acuicultura servirá para potenciar y fortalecer el crecimiento de la industria mediterránea mediante la incorporación de tecnologías que permitirán el cultivo de recursos de gran importancia en el mercado internacional. Específicamente para el sector acuícola, los resultados que se obtengan permitirán generar posibilidades concretas de crecimiento ya sea a través de la formación de nuevas empresas como en el crecimiento de las existentes.

La elaboración de esta guía sobre la diversificación en acuicultura, tiene como objetivo establecer los vínculos existentes entre el nivel de diversificación de la acuicultura y su sostenibilidad,

## 1 Introducción: Necesidad de la diversificación para realizar una acuicultura sostenible

así como facilitar los procesos de diversificación emprendidos por los diferentes actores del sector de la acuicultura, tratando los siguientes aspectos:

- Diversificación de emplazamientos
- Diversificación de las especies producidas
- Diversificación de densidad de cultivo
- Diversificación de los sistemas de producción
- Diversificación del tamaño de las instalaciones
- Diversificación de ciclo productivo
- Diversificación y sostenibilidad en la nutrición acuícola
- Diversificación de productos
- Diversificación de mercados

### 1.2. Justificación de la guía

La elaboración de esta guía, referida a la diversificación en acuicultura, pone de manifiesto que la sostenibilidad de la acuicultura está ligada a su nivel de diversificación.

La zona Mediterránea cuenta con una gran cantidad de recursos que facilitarán la diversificación de su acuicultura, y no sólo de las especies que se cultivan, sino también facilitará una diversificación de densidades de cultivo, de tipos de empresa, de mercados,...

La diversificación busca:

- Distribuir riesgos
- Acceder a nuevas oportunidades de mercado
- Ocupar espacios geográficos más amplios o sus recursos hídricos
- Complementar la oferta actual
- Contribuir al crecimiento de la acuicultura a través del cultivo de nuevas especies con potencial de transformarse en actividades económicas sustentables
- Diversificar la producción de la acuicultura, mediante el cultivo de recursos hidrobiológicos de fácil implementación y manejo técnico, creando nuevas alternativas de inversión tanto al sector pesquero industrial como artesanal
- Focalizar eficientemente los recursos destinados a I+D para la diversificación acuícola
- Desarrollar y fortalecer las capacidades científico-tecnológicas, de gestión, logísticas y otras relacionadas para la acuicultura

Gracias a una diversificación de la acuicultura, se podrá mejorar el abastecimiento de materias primas para la industria procesadora, permitiendo además, una consolidación de los mercados externos actuales y apertura de nuevos mercados, basados en una oferta continua en cuanto a volúmenes y calidad de productos de gran demanda internacional.

## Diversificación en acuicultura: Una herramienta para la sostenibilidad

### 1.3. Objetivo de la guía

Se plantea esta guía como una herramienta para proporcionar a los responsables de la toma de decisiones y a los productores acuícolas recomendaciones prácticas para los procesos de desarrollo acuícolas sostenibles adaptados a la realidad mediterránea y basadas en el conocimiento técnico y científico actual.

### 1.4. Organización del documento

La Guía consta de diez capítulos que tratan sobre la diversificación de distintos aspectos de la actividad acuícola, así como su interacción con el medio ambiente tanto en la acuicultura continental como en la acuicultura marina Mediterránea. Su contenido se basa sobre las aportaciones realizadas por los diferentes co-autores de la Guía, reflexiones colectivas y del equipo de coordinación complementarias, con el objetivo de homogeneizar los diferentes textos y eliminar duplicidades.

Cada uno de los capítulos reflexiona acerca de un aspecto de la diversificación (ciclo, especies, tamaño de instalaciones, etc.), aporta experiencias, retos y recomendaciones clave para la sostenibilidad de la acuicultura mediterránea desde la diversificación de la misma. Asimismo, la Guía incluye imágenes, casos prácticos, y bibliografía para permitir una profundización en los diferentes temas de los que trata la Guía.



## **2. Diversificación de emplazamientos**

### **2.1. Introducción**

La acuicultura se practica en toda clase de medios acuáticos existentes, desde albuferas o estuarios a ríos, lagos y sobre todo en el mar. La acuicultura tiene la capacidad de revalorizar zonas de baja capacidad agronómica mediante la construcción de estanques, y crear riqueza en zonas deprimidas, ya sea de forma secundaria (complemento de otras actividades) o como actividad principal.

Una de las características principales de la acuicultura es que la riqueza de los medios en los que se desarrolla es muy variada. En el medio continental, las aguas se ven enriquecidas por el aporte de nutrientes a través de escorrentía u otros medios y, es de suma importancia la naturaleza propia de la zona. Los aportes continentales se concentran especialmente en la zona litoral, en la frontera entre el continente y el océano, y originan una elevada producción primaria.

A causa de todos estos aportes, las aguas de las regiones costeras son comparativamente las más ricas de los océanos. La cercanía a las tierras emergidas, provoca, entre otros hechos:

- Diversidad de ambientes y biotopos, diferentes sectores de la zona litoral, funcionan como áreas de reproducción, cría y refugio de muchos moluscos, crustáceos y peces de gran valor comercial
- Gran influencia de las zonas continentales anexas, ya que aportan mediante escorrentía o a través de los ríos una gran cantidad de nutrientes y sustancias en suspensión
- Capacidad de mezcla turbulenta y difusión, este hecho resta transparencia al agua
- Riqueza en nutrientes que es responsable de una elevada producción primaria, de fito y zooplancton. La producción primaria es en muchas de las zonas litorales, muy superior a las zonas oceánicas. Las aguas costeras contribuyen en una cuarta parte a la producción primaria total de los océanos

A causa de estas peculiaridades, y debido a la intensa presión humana a la que se encuentran sometidas, las costas deben ser objeto de conservación y planificación para la explotación racional de sus recursos, basada en unos conocimientos muy profundos del complejo entramado de la estructura y de las funciones del ecosistema costero.

### **2.2. Justificación de la elección del emplazamiento**

El aumento de las producciones de acuicultura obliga a buscar nuevos emplazamientos. La explotación acuícola en los diferentes ecosistemas en los que se desarrolla se constituye como una tarea tecnológica y biológica de gran calibre. La clave para desarrollar una acuicultura sostenible radica en la elección de un emplazamiento adecuado.

La calidad del agua es un parámetro esencial para determinar la idoneidad de un emplazamiento, y está determinada por aquellos factores que tienen una mayor influencia en el desarrollo de las especies acuícolas, y que fundamentalmente son los siguientes:

- Temperatura del agua: posiblemente es el factor más limitante, afectando a varias propiedades

del agua como la densidad, la viscosidad, la solubilidad de los gases (muy especialmente del oxígeno), etc.

- Sólidos en suspensión: los peces tienen una cierta tolerancia a concentraciones temporales (crecidas), pero su comportamiento varía si las materias en suspensión son sustancias activas
- Parámetros de pH y alcalinidad: las aguas más adecuadas son las neutras o ligeramente alcalinas (pH entre 7 y 8). Sus variaciones deben ser controladas. En general, la calidad del agua en lagos y ríos está directamente influenciada por su pH y éste, a su vez, por las características del suelo y de las rocas del área
- Amoníaco: sólo la parte no ionizada es la que produce efectos negativos y ésta se incrementa cuando se elevan los valores temperatura y pH
- Oxígeno disuelto: la fuente de aportación de oxígeno al agua varía en función de que esté en movimiento o estancada, en medios marinos con una renovación constante su contenido será más elevado que en los tramos bajos de los ríos en los cuales la renovación es casi nula

Además de las características del medio acuático, la ubicación de las instalaciones de producción está también determinada por las características biológicas de la especie a cultivar; los factores climatológicos y geográficos y los aspectos sociológicos y económicos de la actividad.

El conocimiento del ecosistema marino se ha limitado básicamente a aquellas porciones de mar a las que, por su cercanía al medio antrópico, se ha tenido mejor acceso. La acuicultura marina comenzó en zonas litorales con protecciones físicas que disipaban la energía de los océanos, en estos primeros pasos se puso de relieve el gran desconocimiento de las reacciones del medio marino ante los diferentes cultivos y las nuevas actividades de esta acuicultura incipiente. Con el paso del tiempo se ha comprobado que estos ecosistemas tienen unas condiciones naturales tan particulares que las experiencias iniciales desarrolladas en ellos no son fácilmente transferibles a otro tipo de instalaciones acuícolas. Por este motivo, se debe considerar el hecho de que la acuicultura se desarrolla en multitud de ecosistemas diferentes, con condiciones diferentes.

Al igual que ocurre en el medio marino, es necesario conocer en detalle los ecosistemas de medios continentales o de transición sobre los que se va a desarrollar el proceso productivo de la acuicultura. Es importante conocer las características sociales, económicas y ambientales del entorno para realizar una actividad responsable.

Los principales emplazamientos según el medio en el que se desarrollan son los siguientes:

- Cultivo en tierra: son instalaciones (de cría y/o engorde) de estanques excavados en el terreno, o tanques elevados. Estas estructuras suelen ir acompañadas de sistemas de bombeo, sistemas de tratamiento de aguas residuales y sistemas de vertido
- Cultivo en el mar: se trata de instalaciones en zonas intermareales, esteros, jaulas flotantes, jaulas de fondo, long-lines, etc.

### 2.3. Elección de emplazamientos. Sistemas de Información Geográfica

La base para el desarrollo sostenible de la actividad acuícola se basa en el sistema de elección del emplazamiento más óptimo. Dicha elección del emplazamiento debe realizarse en el seno de

la Gestión Integrada de Zonas Costeras (en adelante GIZC). Las diferencias biofísicas y socioeconómicas entre las diferentes zonas de un territorio hacen que la planificación de la acuicultura esté inseparablemente unida al territorio. (Nath *et al.*, 2000).

La acuicultura debe partir de la base de que no todas las áreas de un territorio son susceptibles de soportar la actividad de cultivo que se plantea. Las capacidades del territorio para albergar cualquier tipo de actividad humana están condicionadas por las características físicas, químicas y biológicas del medio, que deben ser evaluadas y consideradas en el proceso de elección del emplazamiento de la actividad. Esto es, en el territorio se definen capacidades de uso, dependientes de la actividad a desarrollar y de las características del medio. En base a estas capacidades, las administraciones competentes reservan un uso determinado para cada una de las partes que componen el territorio. El planeamiento de las administraciones competentes determina qué tipo de actividades pueden desarrollarse en las diferentes zonas. El planeamiento y la normativa bajo la que están sujetas, deben ser consideradas a la hora del establecimiento de la actividad acuícola.

Las administraciones regionales, estatales y europeas competentes en la materia tienen como prioridad el establecimiento de zonas idóneas para el desarrollo de la acuicultura, como medida de ordenación de dicha actividad en el seno de la GIZC. La gran cantidad de factores del medio que deben ser analizados para asegurar la concurrencia de los parámetros regulatorios y biofísicos, implica necesariamente contar con potentes herramientas de gestión territorial que permitan optimizar la localización de los emplazamientos de producción. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG-GIS) ofrecen una magnífica oportunidad para abordar esta ingente tarea.

La utilidad que proporcionan los Sistemas de Información Geográfica es su capacidad para modelizar el medio, es decir elaborar modelos del mundo real a partir de bases de datos digitales preestablecidas por las administraciones, cualquier otro organismo nacional o internacional, o elaboradas por el propio observador; y utilizar dichos modelos para simular los efectos de un proceso específico para un tiempo y un lugar determinado. Los modelos permiten analizar las condiciones del medio y los factores que le pueden influir; así como para explicar las posibles consecuencias de las decisiones o proyectos de planificación que repercuten en la utilización y ordenación de los recursos

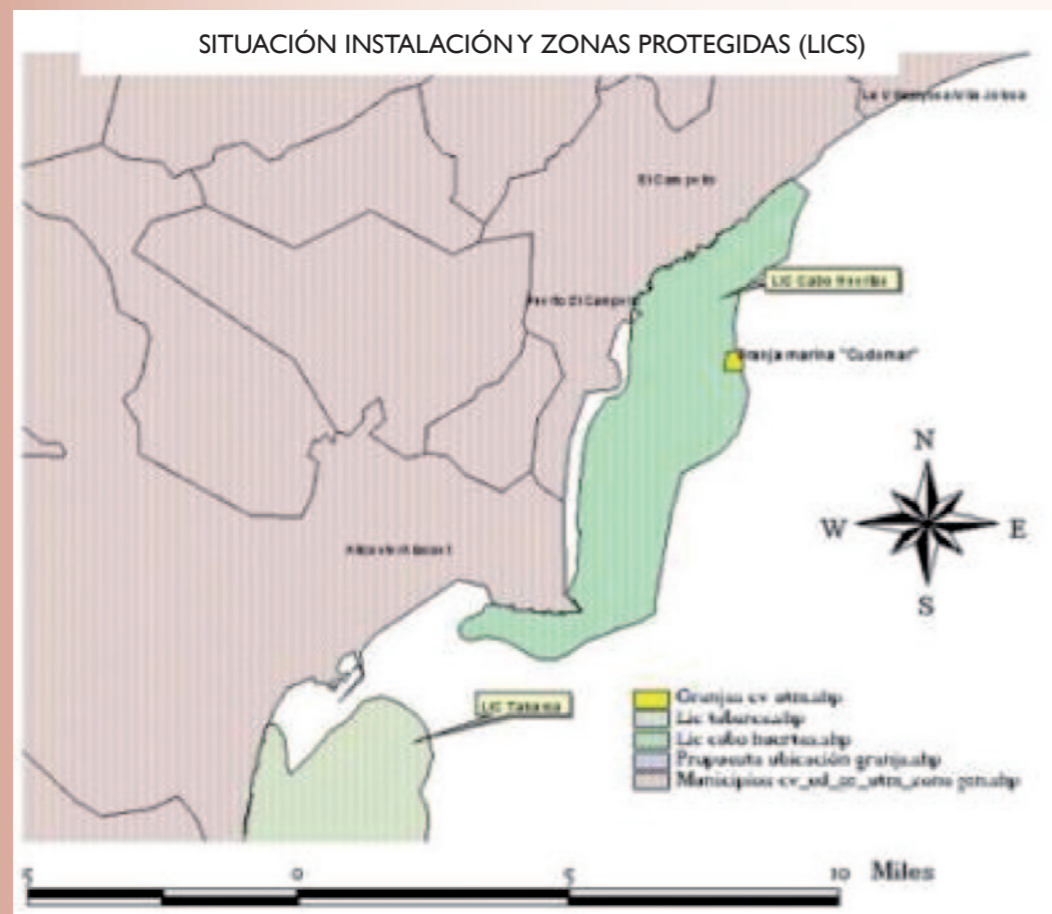
En el litoral Mediterráneo concurren toda una serie de actividades humanas (urbanismo desaforado, expansión de la industria, etc.) que obligan a las administraciones competentes en materia de acuicultura a buscar las zonas más adecuadas para el desarrollo de esta actividad (plan de zonificación). Partiendo de la base que debe existir un equilibrio entre medio ambiente y actividad productiva, las zonas susceptibles de contener este tipo de instalaciones deben caracterizarse por ser:

- Zonas donde el crecimiento de la especie objeto de cultivo se maximice
- Zonas donde el coste de la operación sea el menor
- Zonas donde los impactos sean mínimos
- Zonas donde los conflictos entre los distintos usos de la costa se eviten o se minimicen

Para la adecuada aplicación de la metodología GIS es necesario disponer de una gran cantidad de información de los principios físico-químicos y biológicos subyacentes a los sistemas vivos, además de los que caracterizan el medio social y económico del lugar o región bajo estudio.

Un estudio GIS consta de siete fases (Nath *et al.*, 2000):

- Identificar los requerimientos del proyecto
- Formulación de las especificaciones
- Desarrollo de una estructura de análisis
- Ubicación de las fuentes de datos
- Organización y manipulación de los datos
- Análisis de los datos y verificación de los productos
- Evaluación de los productos



**Ilustración 2:** Situación de las zonas protegidas y de una instalación marina en el litoral Mediterráneo. (Fte: Elaboración propia a partir de la Cartografía del Institut Cartogràfic Valencià (ICV) y de la Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Vivenda (Generalitat Valenciana))

Hay una gran cantidad de software que se pueden utilizar para la aplicación de los GIS, entre los principales productos destacan ArcGis, Autodesk Map, ArcView, Carta Linx, Geoserver, GRASS y GvSig.

Dichos programas muestran la información en dos grupos básicos. Por un lado la cartografía básica de la zona, y por otro muestran la información temática (residuos, biodiversidad, parajes naturales, usos del suelo etc.).

Los parámetros más importantes que hay que tener en cuenta cuando se analiza un territorio determinado con un GIS son:

- Planes de ordenación territorial, Titularidad del dominio ocupado, zonas de interés militar, zonas de fondeo de buques, instalaciones de acuicultura ya existentes, arrecifes artificiales.
- Zonas de interés turístico
- Zonas de interés arqueológico
- Zonas de salida de cables/emisarios submarinos
- Puntos de vertido al litoral
- Batimetría
- Infraestructuras portuarias e industriales
- Zonas de extracción de áridos
- Espacios y hábitats protegidos
- Zonas de dominio y usos portuarios

Existen una serie de parámetros físicos, químicos y biológicos que determinan si un medio es apto o no para acoger en su seno una instalación dedicada a la actividad acuícola. Para llegar a determinar estas zonas es necesario abordar:

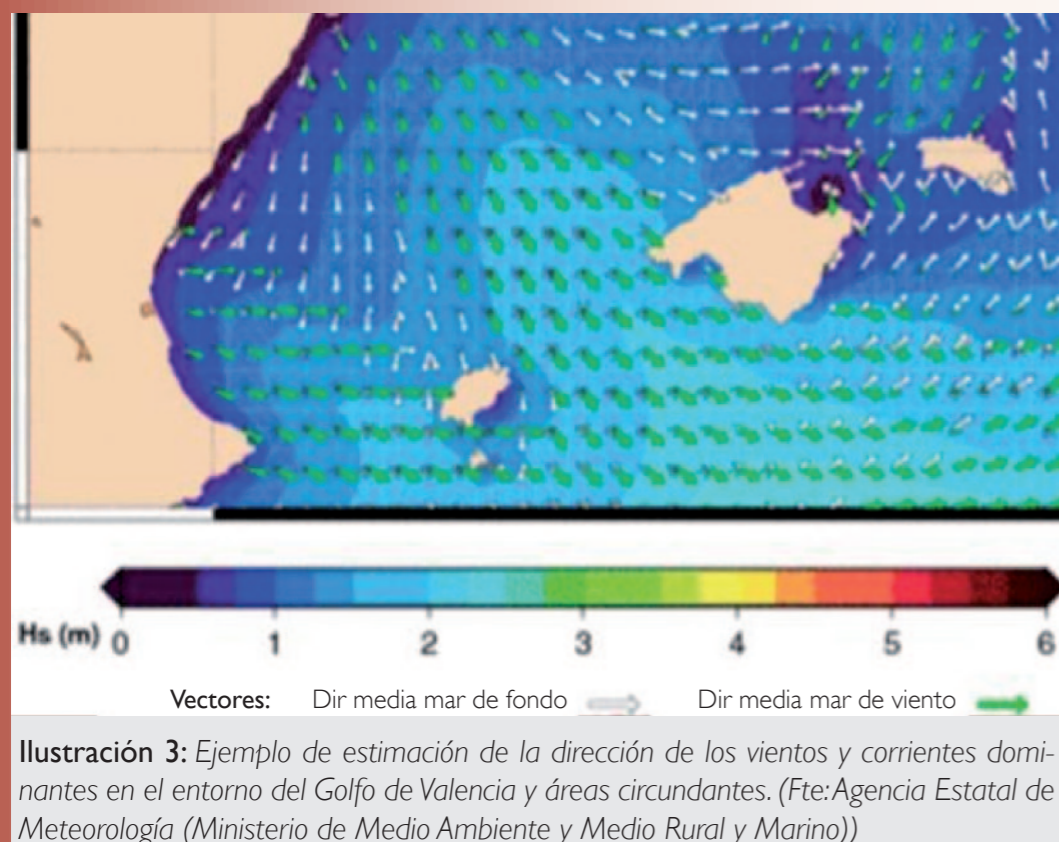
- Análisis de datos externos climatológicos: temperaturas medias, vientos dominantes, etc.
- Estudio de fondos marinos: batimetría, caracterización biológica y geológica, etc.
- Estudio de la calidad del agua: parámetros físicos, químicos y biológicos del medio de cultivo
- Estudio de las condiciones oceanográficas: corrientes, oleaje y dinámica litoral

En base a todos los estudios realizados y el análisis de la información obtenida se plasma la zonificación del lugar objeto de estudio, de esta forma pueden obtenerse zonas idóneas, zonas con limitaciones y zonas excluidas. Esta clasificación se realiza en función del grado de compatibilidad e idoneidad de las zonas para albergar los cultivos.

#### 2.4. Caso práctico: Selección del emplazamiento de una instalación en medio marino para la producción de *Sparus aurata* (Dorada), *Dicentrarchus labrax* (Lubina) y *Argyrosomus regius* (Corvina)

El ejemplo elegido para describir el proceso de selección del emplazamiento de una instalación marina corresponde a la instalación, situada en el término municipal de Burriana (Castellón, España). La instalación de engorde de dorada, lubina y corvina, consta de 48 jaulas, 60 long-lines,

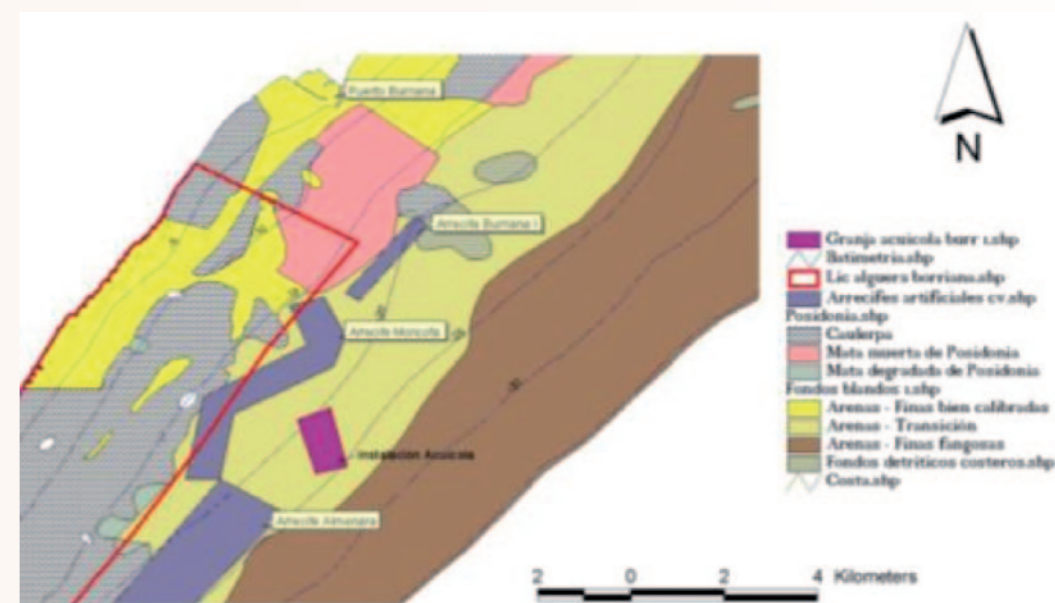
8 jaulas de pulpo en fondo, 1 jaula de rodaballo en fondo y 1 jaula de lenguado en fondo, situadas en un polígono ubicado a una distancia de 4 millas de la costa de Burriana. La producción estimada de la instalación es de 2400 Tm anuales.



**Ilustración 3:** Ejemplo de estimación de la dirección de los vientos y corrientes dominantes en el entorno del Golfo de Valencia y áreas circundantes. (Fte: Agencia Estatal de Meteorología (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino))

El medio litoral frente al término municipal de Burriana alberga toda una serie de elementos (arrecifes artificiales, espacios naturales protegidos, comunidades algales de especial interés, como el caso de las praderas de *Posidonia oceanica*, sustratos de diversa tipología sedimentaria, etc.) que permiten comprobar cómo enfocar la selección de un emplazamiento de producción acuícola. De la mayoría de elementos considerados existe información oficial cartográfica (Batimetría, Bionomía de fondos, Arrecifes artificiales, etc.). La información cartográfica se obtuvo de las siguientes fuentes: Cartografía bionómica de fondos, sedimentología, arrecifes artificiales y ubicación de otras instalaciones acuícolas (Consellería de Agricultura y Pesca, Generalitat Valenciana), Batimetría y elementos del fondo marino (Instituto Hidrográfico de la Marina), Cartografía de Espacios Naturales (Consellería de Medio Ambiente, Generalitat Valenciana), Litoral-Límites municipales (Instituto Cartográfico Valenciano).

Para la selección del emplazamiento de la instalación acuícola se construyó un GIS en el que sobre la base cartográfica digitalizada del Instituto Hidrográfico de la Marina se implementaron las diferentes capas de información. La cartografía bionómica de los fondos circundantes al litoral de Burriana junto con el tipo de sedimento y la batimetría fueron las capas base sobre las que se comenzó a construir el GIS. A esta información inicial se añadió, entre otras, la cartografía sobre espacios naturales marinos protegidos (LICs, Lugares de Interés Comunitario) y la de arrecifes artificiales. En el área en cuestión se localizan hasta tres arrecifes artificiales (Almenara, Moncofa y Burriana I) y un importante LIC (Alguers de Borriana).



**Ilustración 4:** Cartografía bionómica, sedimentología y elementos del fondo marino frente a la costa de Burriana (Castellón), con la ubicación más óptima de la instalación acuícola proyectada (Fte: Elaboración propia a partir de la Cartografía Bionómica de la Consellería de Agricultura, Pesca i Alimentació (Generalitat Valenciana))

La cartografía temática generada permitió establecer varias áreas susceptibles de contener la instalación proyectada. Estas posibles ubicaciones fueron evaluadas teniendo en cuenta varios factores: distancia al puerto de Burriana, distancia a zonas arrecifales o a áreas protegidas (LIC), distancia a comunidades bionómicas de interés o protegidas, tipo de sustrato, profundidad, etc. Además de esta información se analizaron los mapas de flujo de corrientes que suministran los sistemas de medida y predicción del organismo Puertos del Estado. Con esta información se pudo predecir la pluma de dilución de los productos de desecho generados por la instalación. Esta información es muy importante para poder comprobar cómo puede afectar la actividad acuícola a los elementos naturales del entorno más próximo a la instalación.

La evaluación espacial de todo este conjunto de parámetros permitió establecer la ubicación óptima de la instalación, en la que sin obviar el rendimiento económico de la actividad, quedaran preservados los recursos naturales de la zona.

### 2.5. Recomendaciones

- Las costas y tierras continentales deben ser objeto de conservación y planificación para la explotación racional de sus recursos
- La base para el desarrollo sostenible de la actividad acuícola en el medio marino, se basa en el sistema elección del emplazamiento más óptimo, en el seno de la Gestión Integrada de Zonas Costeras (GIZC). En el medio continental es esencial conocer las características sociales, económicas y ambientales de la zona en el que se va a desarrollar la actividad, de forma que compatibilice al máximo el desarrollo de la actividad con el entorno
- La utilización de los Sistemas de Información Geográfica permite modelizar el medio y establecer una zonificación del mismo, de forma que se prevean los efectos a corto, medio y alargo plazo de la actividad sobre el medio continental o marino



### **3. Diversificación de las especies producidas**

#### **3.1. Antecedentes y justificación**

En las dos últimas décadas, la acuicultura mundial y particularmente la mediterránea se ha desarrollado extraordinariamente como alternativa a la pesca extractiva.

El medio marino cuenta con una gran variedad de especies, la diversidad de las capturas es muy amplia, pero no todos los recursos marinos se desarrollan en la misma medida y por tanto su explotación pesquera es dispar. El medio continental es mucho más limitado en cuanto a variedad de especies, lo que se refleja también en una predisposición socio-cultural hacia el consumo de especies marinas en detrimento de las dulceacuícolas.

La diversificación del cultivo de especies de la acuicultura tiene como objetivo complementar la oferta de productos pesqueros, produciendo aquellas especies conocidas y apreciadas que son escasas en capturas, estacionales o impredecibles.

Con estas premisas la acuicultura mediterránea ha sido capaz de desarrollar científica, técnica, productiva y comercialmente varias especies de peces, moluscos y crustáceos, con mayor o menor éxito en función de los requerimientos técnico-productivos y la dinámica de los mercados.

#### **3.2. Diversificación de las especies producidas**

Entre las especies de peces marinos, se han desarrollado y consolidado como especies comerciales de cultivo la dorada (*Sparus aurata*), la lubina (*Dicentrarchus labrax*), y en los últimos años la corvina (*Argirosomus regius*).

En España, se han puesto en marcha estudios de otras especies de peces marinos gracias, entre otros, al apoyo de la Junta Nacional Asesora de Cultivos Marinos (JACUMAR) a través de los Planes Nacionales de Cultivos Marinos. Algunas de las especies estudiadas son la urta (*Sparus auriga*), el pargo (*Pagrus pagrus*), el besugo (*Pagellus bogaraveo*), el sargo picudo (*Diplodus puntazzo*), el dentón (*Dentex dentex*), la seriola (*Seriola dumerili*) y el mero (*Epinephelus marginatus*). Razones técnicas y comerciales han hecho que los productores no hayan optado todavía por producir comercialmente estas especies.

Las especies de moluscos que se producen de forma habitual son el mejillón (*Mytilus galloprovincialis*), las ostras (*Ostrea edulis*, *Crassostrea gigas*) y las almejas (*Ruditapes decussatus*, *Ruditapes philipinarum*, *Venerupis pullastra*). En el caso de los cefalópodos, el cultivo comercial del pulpo (*Octopus vulgaris*) está siendo investigado exhaustivamente por diversos equipos de investigación desde hace varios años a través, por ejemplo, de los Planes Nacionales de Cultivos Marinos, con objeto de cerrar el ciclo de producción, y no tener que disponer de juveniles capturados en el medio para su engorde comercial.

Actualmente, la producción de crustáceos marinos en España es testimonial, si bien, hace unos años se desarrolló de forma importante el cultivo integral de langostino (*Penaeus japonicus*) en la vertiente atlántica andaluza. Las importaciones de terceros países unidas a los altos costes de producción desembocaron en una falta de rentabilidad para las empresas productoras. El camarón (*Palaemon sp.* y *Palaemonetes sp.*) es comercializado en el Sur de Andalucía, producidos mediante captación natural y posterior engorde en cuerpos de agua en zonas de influencia mareal.

En relación a las especies de agua dulce, la escasez relativa de cursos y masas de agua, hace que sea un recurso limitado para el desarrollo de la acuicultura. La trucha (*Oncorhynchus mykiss* y *Salmo trutta*), la anguila (*Anguilla anguilla*), y el esturión (*Acipenser naccarii*) son las principales especies producidas actualmente. Las producciones dulceacuícolas trabajan desde la perspectiva de la sostenibilidad de los recursos hídricos existentes utilizando tecnologías de mínimo requerimiento de agua. La producción de carpas (*Cyprinus carpio*) y de tencas (*Tinca tinca*) en sistemas integrados de riego, o tilapias (*Oreochromis spp.*) en circuitos cerrados, se presentan como una opción de incrementar la producción dulceacuícola para cubrir segmentos de consumo específicos.

GRUPO	ESPECIE	PRODUCCIÓN <sup>TM</sup>
MOLUSCOS	Mejillón común ( <i>Mytilus edulis</i> )	368.631
	Ostra japonesa ( <i>Crassostrea gigas</i> )	115.649
	Mejillón mediterráneo ( <i>Mytilus galloprovincialis</i> )	115.505
	Almeja japonesa ( <i>Ruditapes philippinarum</i> )	34.002
PECES CONTINENTALES	Trucha arco iris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	195.545
	Salmón atlántico ( <i>Salmo salar</i> )	146.424
	Carpa común ( <i>Cyprinus carpio</i> )	70.049
PECES MARINOS	Dorada ( <i>Sparus aurata</i> )	96.419
	Lubina ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	57.004
	Anguila ( <i>Anguilla anguilla</i> )	6.370
	Rodaballo ( <i>Psetta maxima</i> )	9.246
	Corvina ( <i>Argyrosomus regius</i> )	3.855

Tabla 1. Producción (año 2009) de las principales especies acuícolas en Europa (Fte. FAO)

### 3.3. Proceso de diversificación

La competencia entre empresas debe propiciar una mejora en las técnicas productivas y una mejora en la calidad y diversidad de los productos que se ofrecen al consumidor; en definitiva, una inversión en I+D+i constante.

Pero hay que tener en cuenta los hábitos de consumo de los consumidores; la primera decisión que toma el consumidor es si desea comer pescado o no, frente a otros alimentos como la carne. La diversidad de oferta de productos pesqueros hace que consumir pescado admita múltiples preparaciones, pero hay que ver cuál es la diversidad de productos acuícolas que se le ofrecen al consumidor para que elija pescado y además de acuicultura.

Por tanto, el primer paso es ampliar la variedad de especies ofertadas por la acuicultura, eso permitiría a las instalaciones reducir los riesgos propios de un monocultivo. Pero la solución no puede pasar por producir especies sustitutivas de las actuales, por ejemplo, en el caso de la dorada, espáridos como los sargos, serían especies sustitutivas y por tanto competitivas, dado que su aspecto, tamaño, presentación y forma de consumo son similares.

En este sentido, los productos de la acuicultura marina mediterránea, principalmente lubina y dorada, son producibles en grandes cantidades, y se sitúan en un segmento de oferta de pescado entero de ración. Existen otros segmentos de oferta, como pescado al corte o en filete, que precisan tamaños de pescado mayores o nuevas especies que cubran estos segmentos de oferta.

El abanico de estrategias en la diversificación de especies cultivadas es amplio, a continuación se proponen dos estrategias diferenciadas:

- Desarrollo de especies zootécnicamente óptimas para la producción de una gran biomasa de pescado en cortos espacios de tiempo. Deberán ser especies de rápido crecimiento que alcancen tamaños individuales grandes (4 - 6 kg) o muy grandes (20 - 50 kg), con una anatomía que permita su industrialización y procesado. Ejemplos: corvina, dentón, seriola
- Desarrollo de especies conocidas y apreciadas por los consumidores y a la vez escasas por su sobreexplotación pesquera y zootécnicamente exigentes en cuanto a su sistema de producción, de modo que no permitan una producción a gran escala en jaulas en el mar. Las candidatas son especies demersales de hábitos sedentarios o muy dependientes del fondo, como peces planos, salmonetes y gallinetas

### 3.4. Nuevas especies

En el cultivo de una nueva especie acuícola se tienen que dar una serie de requisitos o premisas que aseguren la viabilidad del proceso productivo, a saber:

- Buena adaptabilidad a la cautividad
- Crecimiento rápido en cultivo intensivo
- Conocer los requisitos biológicos y zootécnicos para desarrollar su cultivo
- Presentar un alto precio en el mercado y una gran demanda comercial

En las siguientes tablas se muestran las nuevas especies que se están estudiando para incorporar a la producción, así como su estado actual de conocimiento.

GRUPO	ESPECIE	NIVEL DE CONOCIMIENTO
Macroalgas	<i>Ulva fascinata</i> <i>Ulva lactuca</i> <i>Ulva rigida</i> <i>Gracilaria correa</i> <i>Hypnea correa</i> <i>Saccharina latissima</i>	Inicial
Moluscos	Almeja blanca ( <i>Spisula solida</i> ) Almeja babosa ( <i>Venerupis pullastra</i> ) Almeja fina ( <i>Ruditapes decussatus</i> )	Inicial. Biología y producción
	Longueiron ( <i>Ensis siliqua</i> ) Longueiron vello ( <i>Solen marginatus</i> ) Navaja ( <i>Ensis arcuatus</i> )	Medio <sup>2</sup>
	Oreja de mar ( <i>Haliotis tuberculata</i> )	Inicial <sup>3</sup>
	Pulpo ( <i>Octopus vulgaris</i> ) Sepia ( <i>Sepia officinalis</i> )	Medio. Biología y producción en cautividad <sup>4</sup>
Crustáceos	Centolla mediterránea ( <i>Maja squinado</i> ) Centolla atlántica ( <i>Maja brachydactyla</i> )	Inicial. Biología y producción en cautividad
Otros	Equinodermos Erizo de mar ( <i>Paracentrotus lividus</i> )	Inicial. Estudio de la biología y producción en cautividad

Tabla 2. Nuevas especies en estudio I: macroalgas, moluscos, crustáceos y otros. (Fte. Elaboración propia)



Fotografía I: Detalle del cultivo de pulpo (*Octopus vulgaris*) en tanques

© Francisco J. Espinós

FAMILIA	ESPECIE	NIVEL DE CONOCIMIENTO
Espáridos	Besugo ( <i>Pagellus bogaraveo</i> )	Avanzado
	Herrera ( <i>Lithognathus mormyrus</i> )	Inicial. Cautiverio
	Sargo ( <i>Diplodus sargus</i> y <i>Diplodus vulgaris</i> )	Medio. Biología y Cautiverio
	Sargo Picudo ( <i>Puntazzo puntazzo</i> )	Medio. Biología y Cautiverio
	Dentón ( <i>Dentex dentex</i> )	Medio. Biología y Cautiverio
	Pargo ( <i>Pagrus pagrus</i> )	Medio. Biología y Cautiverio
Soleidos	Hurta ( <i>Pagrus aurita</i> )	Medio. Biología y Cautiverio
	Lenguados ( <i>Solea senegalensis</i> )	Avanzado. Biología y cautiverio.
	Acedía ( <i>Dicologlossa cuneata</i> )	Inicial. Biología y cautiverio
Pleronectidos	Rémol ( <i>Scophthalmus rhombus</i> )	Inicial. Biología y cautiverio
Esciánidos	Varrugato ( <i>Umbrina cirrosa</i> )	Medio. Biología y cautiverio
Túnidos	Atún Rojo ( <i>Thunnus thynnus</i> )	Avanzado. Biología y cautiverio
Serránidos	Mero ( <i>Epinephelus marginatus</i> )	Inicial. Biología y cautiverio
Carangidos	Seriola ( <i>Seriola dumerilli</i> )	Inicial. Biología y cautiverio
	Medregal ( <i>Seriola rivoliana</i> )	Inicial. Biología y cautiverio
Gadidos	Merluza ( <i>Merluccius merluccius</i> )	Inicial. Biología y cautiverio
Acipenseridae	Esturión ( <i>Acipenser naccarii</i> )	Avanzado
Cichlidae	Tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	Avanzado
Cyprinidae	Tenca ( <i>Tinca tinca</i> )	Avanzado

Tabla 3. Nuevas especies en estudio II: peces. (Fte. Elaboración propia)

### 3.5. Cultivo integral del lenguado (*Solea senegalensis*)

#### 3.5.1. Introducción

La especie más cultivada en la región atlántica y norte de Europa es el lenguado común (*Solea solea*), mientras que en el sur de Europa, especialmente España y Portugal, la especie con mayor potencial en acuicultura es el lenguado senegalés (*Solea senegalensis*) (Dinis *et al.*, 1999). Los primeros estudios realizados sobre reproducción de esta especie tuvieron lugar en la región sur-atlántica de Portugal (Dinis, 1986; 1992) y España (Rodríguez, 1984), donde se ha cultivado tradicionalmente según el método extensivo (Drake *et al.*, 1984). En la actualidad, esta especie se considera idónea para diversificar la acuicultura de países mediterráneos, como lo demuestran los múltiples proyectos financiados por entidades públicas (EU, JACUMAR, CICYT, Comunidades Autónomas) y empresas privadas.

<sup>2</sup> Proyecto JACUMAR: Cultivo y gestión de Solénidos. Reproducción y patología en cautividad. Recursos naturales y criterios de depuración.

<sup>3</sup> Proyecto JACUMAR: Cultivo y gestión de la oreja de mar *Haliotis tuberculata*.

<sup>4</sup> En la actualidad el pulpo y la sepia son las especies con más proyectos en marcha.



A pesar del esfuerzo realizado en I+D y los ensayos a escala industrial, todavía no se han solucionado problemas críticos de cultivo, principalmente patología y reproducción y que están limitando el desarrollo de una acuicultura sostenible y económicamente rentable para esta especie.

Avances recientes en I+D están ofreciendo soluciones en la prevención y tratamiento de patologías, así como en el control de la reproducción en cautividad, por lo que ya se vislumbra como una posibilidad real el desarrollo inminente de la acuicultura de esta especie.

### 3.5.2. Reproducción

El cultivo de lenguado se basa en la estabulación de peces "salvajes" (obtenidos del medio marino) para la formación de lotes de reproductores, que se reproducen generando puestas espontáneas fecundadas y así larvas de generación F1. Sin embargo, estos peces cultivados (generación F1) presentan problemas reproductivos al llegar a adultos, lo que conlleva ausencia de puesta de huevos fecundados. El origen de estos problemas hay que buscarlos en la todavía incipiente domesticación de la especie y particularmente, en la falta de conocimientos básicos sobre su fisiología reproductiva. Esta problemática está repercutiendo negativamente en la viabilidad y rentabilidad económica de su cultivo a escala industrial, ya que impide la producción controlada de huevos y larvas y el considerar realmente cerrado el ciclo vital de la especie en cautividad.

En investigaciones recientes se ha descrito la fisiología reproductiva en cautividad y se han desarrollado protocolos de manipulación ambiental (fotoperiodo y temperatura) y tratamientos hormonales, con resultados prometedores en la estimulación de la ovulación en hembras, espermiación en machos e incremento de la producción de huevos, pero en todos los casos son puestas inviables y no se han obtenido hasta la fecha larvas F2, es decir, procedentes de reproductores de cultivo (Agulleiro *et al.*, 2006; Garcia-López *et al.*, 2006, 2007; Guzmán *et al.*, 2008, 2009, 2010, 2011).



**Fotografía 2:** Lenguados (*Solea senegalensis*) adultos en tanques de reproducción (izquierda) y hembra en estado de maduración gonadal (derecha), visualizado externamente por el abultamiento abdominal

© Evaristo Mañanós

Otras investigaciones sobre el comportamiento reproductor han demostrado una gran influencia de las pautas de cortejo sexual y la acción de feromonas sobre el proceso de fecundación en el tanque. También se ha detectado una influencia de la alimentación, obteniéndose mejores resultados de puesta en reproductores alimentados con comida natural (peces, mejillón, poliquetos) que en aquellos alimentados con pienso comercial.

Hay disponible información sobre las características de puesta de huevos de reproductores salvajes. En condiciones normales de luz y temperatura, manteniendo una relación de sexos 1:1 ó 2:1 (macho:hembra), se han descrito dos periodos de puesta, uno principal en primavera (febrero - junio), con temperaturas comprendidas entre los 13 - 23 °C y uno menor en otoño (octubre - noviembre). La fecundidad media está en torno a 28.000 huevos por puesta y kg de hembra, con una producción anual total de 1.500.000 huevos por kg de hembra (Anguis y Cañavate, 2005). Mediante una adecuada manipulación del fotoperiodo y la temperatura se puede conseguir una producción prolongada y abundante de puestas naturales (Anguis y Cañavate, 2005; Cañavate *et al.*, 2006).

### 3.5.3. Cultivo larvario

Las técnicas para el cultivo larvario de esta especie son bien conocidas, gracias al resultado de diversos trabajos de investigación (Cañavate y Fernández-Díaz, 1999; Cañavate *et al.*, 2006; Dinis *et al.*, 1999). Los tanques utilizados son de capacidad variable (0,2 - 0,5 - 1 - 2 m<sup>3</sup>) y las densidades larvarias están comprendidas entre 30 - 100 larvas/litro. Para alimentación larvaria se emplean rotíferos y microalgas (días 3 - 9 después de la eclosión), continuado con *Artemia* hasta 40 - 60 días de edad. La supervivencia en esta fase es muy elevada, alrededor del 70 - 80 %.

En el destete de esta especie, la aparición de piensos hidrolizados de harina de pescado supuso un gran avance. En condiciones óptimas de manejo, la población de alevines de lenguado senegalés puede alcanzar un peso medio de 1,5 g en 90 días de cultivo, con supervivencias del 80 %.

### 3.5.4. Engorde

El engorde de los alevines de lenguado senegalés se ha realizado tanto en tanques de capacidades medias y grandes (10 - 50 m<sup>3</sup>) como en estanques (1000 m<sup>2</sup>) y en esteros litorales. La densidad de población inicial ha estado comprendida entre 2.000 - 5000 ejemplares/m<sup>3</sup>. En la alimentación de los mismos se han utilizado piensos comerciales y se han obtenido crecimientos situados alrededor de 45 g durante el primer año y hasta 450 g en el segundo año de cultivo.

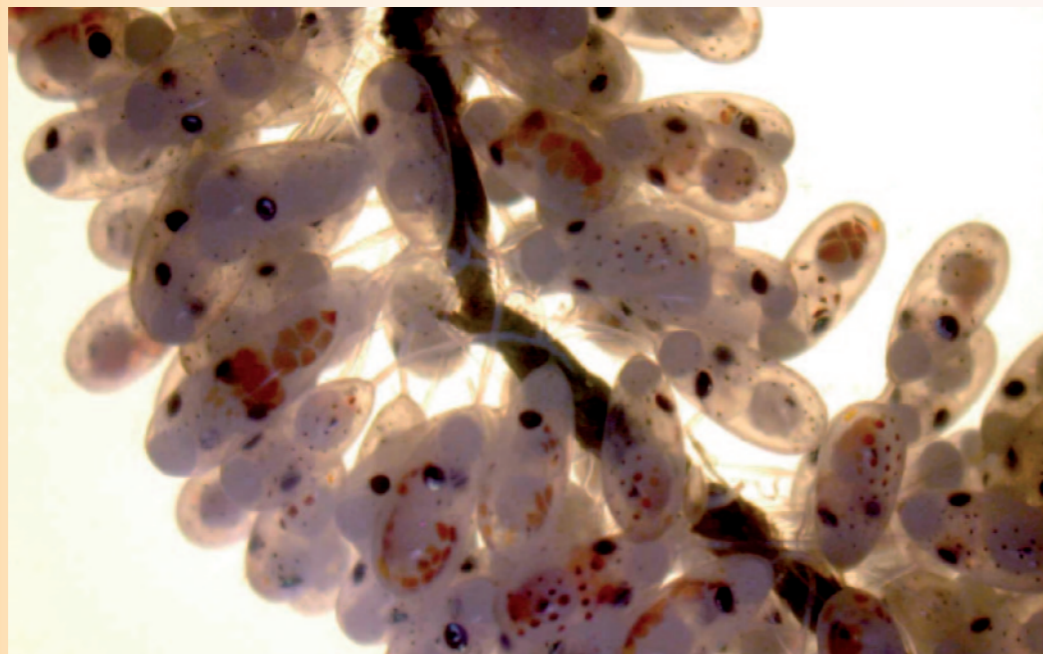
### 3.6. Cultivo del pulpo (*Octopus vulgaris*)

El pulpo de roca (*Octopus vulgaris*) es un cefalópodo de gran potencial en acuicultura marina, caracterizada por tener una gran demanda comercial y altos precios en el mercado.

A lo largo de los últimos 10 años, distintos centros de investigación españoles han abordado la investigación acuícola de la especie a través de distintas líneas de financiación pública regionales y nacionales. Destacan sobre todos los Planes Nacionales de Cultivos Marinos en los que han participado de forma coordinada equipos de investigación de diferentes Comunidades Autónomas.

Si bien esta especie presenta una buena adaptabilidad a la cautividad y un rápido crecimiento en ciertas condiciones, todavía su desarrollo industrial se ve limitado por la falta de producción masiva y comercial en criaderos de juveniles, y por la ausencia de un pienso específico comercial que cubra las necesidades nutritivas de la especie.

Otros aspectos como la reproducción no presenta problemas, ya que se consiguen puestas viables y de calidad a partir de reproductores salvajes mantenidos en cautividad.



**Fotografía 3:** Huevos de pulpo (*Octopus vulgaris*) a punto de eclosionar donde se observan las paralarvas

© José Luis Muñoz

Pero a pesar de todos los esfuerzos aplicados, la producción de juveniles se ve impedida por la nula supervivencia de las paralarvas a los 40-60 días de cultivo, momento en el que tienden a ser bentónicas, alimentadas con presas naturales (artemia enriquecida, zoeas de crustáceos, etc.). Estudios bioquímicos y fisiológicos tanto de las paralarvas como de las potenciales presas se están abordando para solventar este problema.

La obtención de un pienso comercial para el engorde es otro impedimento para el desarrollo comercial de la especie. La estabilidad, textura, aceptabilidad y formulación a partir de estudios de la composición de nutrientes en los tejidos y en la fisiología digestiva de los pulpos son aspectos que se están investigando en dietas experimentales.

Se han realizado ensayos de engorde en distintas condiciones, tanto en tanques como en jaulas, considerando los aspectos biológicos, económicos y medioambientales. Lotes de individuos de tamaños homogéneos a cargas iniciales de 10 k/m<sup>3</sup>, engordados en condiciones ambientales óptimas (de 15 a 24 °C y de 30 a 35 ppm de salinidad) y alimentados con presas frescas (bogas y cangrejos) pueden alcanzar cargas de hasta 60 k/m<sup>3</sup> en un tiempo que depende sobre todo del tamaño inicial de los ejemplares y de la temperatura.

El número de ciclos de producción al año, la inversión en equipamiento, el coste inicial de los juveniles, el tipo y cantidad de alimentación, la dispersión de tamaños iniciales, la maduración gonadal, el diseño de las estructuras de engorde, la temperatura y salinidad condicionan el crecimiento, la supervivencia, y la rentabilidad económica.

#### 3.7. Recomendaciones

- La selección de nuevas especies candidatas a producirse en grandes cantidades por la acuicultura, con las que completar la variada oferta del mostrador de pescados, debe centrarse en buscar aquellas especies que respondan a las exigencias del consumidor en cuanto a lo que éste espera del alimento "pescado": sano, seguro, de suministro estable, precio adecuado y constante, y que además zootécnicamente sea fácil y barata de producir
- El sector público y privado deben colaborar en el desarrollo de la acuicultura de una nueva especie mediante la financiación y ejecución de proyectos I+D de investigación básica y aplicada, en el que participen activamente las empresas privadas del sector acuícola
- La cría de lenguado en instalaciones en tierra es una buena alternativa para la acuicultura mediterránea en aquellas zonas costeras poco apropiadas para la instalación de jaulas en mar abierto (lubina y dorada principalmente), siempre que la disponibilidad de terrenos lo permita
- La cría del pulpo y lenguado debe realizarse en lugares que permitan disponer de agua de mar con temperaturas en el rango óptimo de temperaturas. Si la calidad del agua es apropiada, suelen ser idóneas aquellas zonas que disponen de pozos costeros alimentados con agua de mar ya que están previamente "filtradas" naturalmente y atemperadas con respecto al mar costero, que en el caso del mediterráneo puede alcanzar temperaturas demasiado altas durante la época estival

## **4. Diversificación de la densidad de cultivo**

### **4.1. Antecedentes**

La densidad de producción se define como la cantidad de biomasa (expresada en peso o número de peces/huevos) por unidad de superficie o volumen de producción. Es frecuente que las unidades en que se expresa varíen en función de la fase de producción y la especie en cuestión. Algunas de las más utilizadas son las siguientes:

- Huevos/l
- Peces/l
- g/l
- Peces/m<sup>3</sup>
- Kg/m<sup>3</sup>
- Kg/m<sup>2</sup>

La densidad es por definición un parámetro muy dinámico, debido a que la biomasa varía con el crecimiento de los peces, la mortalidad, las clasificaciones, etc. En el volumen también pueden producirse fluctuaciones por la deformación de los copos de las propias jaulas etc. Además, los peces no ocupan todo el espacio disponible en la unidad de producción (tanque, jaula, estero, etc.) (Juell y Fosseidengen, 2004; Turnbull *et al.*, 2004). Por este motivo, en instalaciones comerciales, la densidad suele expresarse como densidad inicial o final, es decir, la densidad de partida al estabular los peces en la unidad de producción o la que se obtiene una vez han alcanzado la talla que les permite pasar a la siguiente fase de producción. La densidad instantánea se estima con la ayuda de modelos matemáticos que calculan el crecimiento diario de los peces y tienen en cuenta la mortalidad. Para corregir las posibles desviaciones, en determinados momentos del ciclo de producción se toman muestras de peces y se calcula su talla media. A continuación, mediante extrapolación, se calcula la biomasa total y la densidad.

La densidad suele utilizarse como indicador de la intensidad de la producción y es un parámetro importante, tanto para la operativa de la propia explotación (aspecto interno) como en lo que puede contribuir a que se registren problemas en el medio que la rodea, tales como los excesos de carga sobre el medio receptor, la eutrofización resultante, o la eventual propagación de episodios patológicos.

De ahí que la densidad deba ser tenida muy en cuenta como factor clave tanto a la hora de plantear la producción de una especie, dado su profundo efecto sobre el crecimiento, la supervivencia y el comportamiento de los peces (Van de Nieuwegiessen *et al.*, 2006), como en su condición de factor potencialmente desencadenante de efectos medioambientales y/o sanitarios lesivos, generalmente graves y difíciles de controlar una vez iniciados.

Es por ello que en el estado actual del conocimiento, y especialmente tras recientes episodios víricos en sistemas de cultivo agrupado fuertemente saturados, el factor densidad ha dejado de ser sólo un factor organizativo interno para pasar a ser una preocupación de las Administraciones como indicador de riesgo epizoótico y medioambiental, más allá del simple interés público por el bienestar animal.

##### 4.2. Justificación

Los peces se desenvuelven en un medio tridimensional, por lo que determinar cuál es el espacio mínimo que necesitan para crecer y expresar todo su espectro de comportamientos se convierte en una tarea mucho más compleja que con animales terrestres. Si bien es cierto que existen grandes diferencias entre especies en cuanto a la necesidad de espacio y la tolerancia a altas densidades de producción, en general, la industria tiende a producir a la densidad máxima que le permiten sus circunstancias (sistemas de producción, capacidad para mantener la calidad del agua, condiciones ambientales, fase del ciclo de producción, restricciones impuestas por normativas, pólizas de seguro, certificaciones, etc.) con el objetivo de maximizar la productividad. Para ello se debe tener en cuenta que la tolerancia a un aumento de la densidad depende tanto de la especie en cuestión como de la fase de producción y las condiciones ambientales.

Los efectos asociados a altas densidades de producción (reducción del crecimiento, estado alimentario deficiente, aumento del índice de conversión, erosión de las aletas, mortalidad, alteraciones de la conducta natatoria, etc.) tienen su origen en la alteración del comportamiento de los peces (aumento de la competencia, agresiones, canibalismo, etc.) y un deterioro de la calidad del agua (Ellis *et al.*, 2001).

Riesgos epizooticos y ambientales aparte, en términos generales, una alta densidad puede considerarse una fuente potencial de estrés, con un efecto negativo sobre la tasa de crecimiento y las tasas de supervivencia y alimentación (Sammouth *et al.*, 2009). No obstante, en ocasiones, es posible reducir estos efectos compensando el aumento de la densidad con un ajuste del resto de variables de producción (concentración de oxígeno disuelto, nivel de sólidos en suspensión, concentración de amonio y otras sustancias disueltas, alimentación, bioincrustaciones en redes, depredadores, etc.). Esta estrategia se basa en el efecto acumulativo del estrés, es decir, el aumento del nivel de estrés que genera una densidad elevada se contrarresta con una reducción del estrés que tiene su origen en otras variables de producción. De este modo se consiguen aumentar las densidades de producción para lograr rendimientos de producción que de otro modo no serían posibles.

Debido a que generalmente las especies mediterráneas producidas presentan comportamientos gregarios, es importante considerar que la densidad de producción también puede tener límites mínimos. De hecho, el estado sanitario, el bienestar y la productividad se ven afectados por debajo de determinados niveles de densidad (Turnbull, 2010).

En este capítulo se abordan los principales factores que han de considerar los productores a la hora de fijar las densidades de producción con las que trabajan, con el objetivo de proponer recomendaciones que permitan el futuro desarrollo y diversificación de la industria.

##### 4.3. Desarrollo

La industria de la acuicultura marina mediterránea produce una amplia variedad de especies en instalaciones diseñadas para trabajar con densidades muy distintas, según la fase del ciclo de producción y la intensidad del cultivo.

Como norma general, la densidad de cultivo debe fijarse en función de las necesidades biológicas y conductuales de los peces, teniendo en cuenta las condiciones ambientales dominantes, así como las posibles implicaciones que una densidad determinada podría suponer para la sanidad y el bienestar animal. Para ello debe tenerse muy en cuenta el sistema de producción utilizado, ya que de él depende la capacidad del productor de alimentar adecuadamente a los peces y mantener una óptima calidad del agua.

Aunque no existe un marco normativo europeo que regule las densidades máximas en las producciones convencionales, la UE ha publicado recientemente su normativa de acuicultura ecológica (reglamentos del Consejo Europeo EC 834/2007, EC 889/2008 y EC 710/2009), en la que quedan recogidos los criterios de la UE para la certificación de producciones ecológicas a través del sello EU. Además, fija los límites para otras variables y procesos inherentes a la producción acuícola, tales como la descarga de nutrientes al medio, el origen de las materias primas de las dietas, el manejo de los peces (calidad del agua, etc.), el origen de los reproductores, la elección de emplazamientos, la implantación de sistemas de gestión biosanitaria, la restricción de tratamientos farmacéuticos, etc. (IFOAM EU Group, 2010). Esta nueva normativa viene a sumarse a las desarrolladas por las Administraciones nacionales y regionales de algunos países miembros (Dinamarca, Francia, España, etc.).

Las normativas internas de los principales estados productores, no obstante, tienden cada vez más a incluir el adecuado control de la densidad entre los parámetros a evaluar, tanto en los estudios de zonificación como entre las condiciones específicas de las concretas autorizaciones de actividad. Así, la Ley de Seguridad Alimentaria noruega de 2003 establece que "Antes de conceder una autorización debe realizarse una evaluación del riesgo de propagación de enfermedades en la instalación de acuicultura y su entorno natural. Para llevar a cabo esta evaluación deberán considerarse los siguientes aspectos relevantes: distancia a cursos de agua y otras instalaciones de acuicultura, especie producida, sistema de producción y volumen de producción". Consecuentemente, la normativa noruega de concesión de licencias de 2004 fija un máximo de biomasa por licencia o autorización de actividad (ej.: "Acuicultura marina de especies para consumo humano: máximo 780 t., excepto en las comarcas septentrionales de Troms y Finnmark, donde el límite máximo es de 900 t.

Por otro lado, existen también normas de producción ecológica o sostenible desarrolladas por la Unión Europea, ONG's y otro tipo de organizaciones como asociaciones de productores ecológicos, etc. a las que pueden acogerse las empresas del sector mediante procesos de certificación.

En los últimos años, el estudio y la salvaguarda del bienestar de los peces producidos en instalaciones de acuicultura se ha convertido en una cuestión de importancia significativa para la industria acuícola, no sólo por cuanto tiene que ver con la percepción de los consumidores, la estrategia de comercialización y la aceptación de sus productos, sino también por su efecto sobre la eficiencia, la calidad y el tamaño de las producciones (Broom, 1998; Southgate y Wall, 2001; FSBI, 2002; Ashley, 2007). Entre todos los factores que afectan al bienestar de los peces, la densidad es uno de los de mayor relevancia, especialmente en instalaciones de producción intensiva en las que se trabaja con densidades altas para maximizar la productividad. Organizaciones como el Farm Animal Welfare Council (Consejo del Bienestar de los Animales de Granja) del Reino Unido han desarrollado recomendaciones para garantizar el bienestar de los peces. FAWC define cinco necesidades o "libertades" básicas para los animales (FAWC <http://www.fawc.org.uk/freedoms.htm>), entre las que se encuentra la libertad para expresar un comportamiento normal, para lo cual es necesario que los peces cuenten con espacio suficiente en las instalaciones de producción. Además, en su informe de recomendaciones para el bienestar de los peces de 1996, FAWC afirma que los peces necesitan espacio suficiente para expresar la mayoría de sus conductas normales con el menor nivel posible de dolor, estrés y miedo (FAWC, 1996).

La dorada (*Sparus aurata*) y la lubina (*Dicentrarchus labrax*), especies producidas mayoritariamente por la industria de la acuicultura marina mediterránea, muestran síntomas de deterioro de su bienestar a densidades altas (Montero *et al.*, 1999; Vazzana *et al.*, 2002; Turnbull *et al.*, 2004). Sin embargo, existen más variables que tienen un efecto significativo sobre el bienestar de los peces, por lo que los estudios de la relación entre la densidad y el bienestar se complican al considerar otros factores como la disponibilidad de alimento (Robel y Fisher, 1999; Turnbull *et al.*, 2004), la calidad del agua (Ellis *et al.*, 2002; Turnbull *et al.*, 2004) y las condiciones ambientales que definen la capacidad de carga de la zona geográfica donde se desarrolla la actividad acuícola (climatología, hidrodinámica, batimetría, etc.). Por lo tanto, la densidad de producción por sí misma no puede utilizarse como indicador para medir o controlar el bienestar animal (Turnbull *et al.*, 2004).

Las pólizas de seguro son otro de los elementos que imponen restricciones a la densidad de producción. Algunas de las variables que utilizan las compañías aseguradoras para calcular las densidades máximas admisibles con las que puede trabajar una instalación asegurada son las siguientes:

- Especie
- Talla de los peces (depende de la fase de producción)
- Tipo de instalación

La FAO argumenta en su publicación técnica *Aquaculture Insurance Industry Risk Analysis Processes* (Secretan 2008) que la densidad es un factor vital para las aseguradoras sobre el que debe mantenerse un estricto control, dado que cualquier aumento de la densidad de producción implica un aumento del riesgo al que está sometida una instalación. Según la FAO, al incrementar la densidad se produce un aumento del riesgo de:

- Desarrollo de patologías y aumento de su alcance y velocidad de transmisión
- Incapacidad de los peces para soportar situaciones de estrés. El origen del estrés puede encontrarse en una amplia variedad de factores, desde temperaturas extremas hasta la exposición a contaminantes, blooms fitoplanctónicos o los efectos de una tormenta

Las magnitudes de las pérdidas derivadas de este tipo de episodios se pueden relacionar directamente con la densidad a la que se encontraban las producciones en el momento del siniestro, por lo que la densidad máxima admitida es un concepto de vital importancia para la aseguradoras, y pueden reservarse el derecho a modificar las condiciones particulares de las pólizas en caso de que se produzcan aumentos significativos de la densidad de producción en una instalación.

#### 4.4. Conclusión

La densidad de producción puede tener efectos sobre la salud y el crecimiento de los peces por las consecuencias sobre sus interacciones sociales y la calidad del agua. Sin embargo, el número de parámetros que afectan al estado sanitario y el crecimiento de los peces es mucho más amplio y varía según la especie: factores bióticos y abióticos, interacciones conductuales, dietas y estrategias de alimentación, manejo, selección genética, impacto de las patologías y medidas para el control de patologías etc. (Panel on Animal Health and Welfare 2008). Todos estos elementos se combinan de manera distinta dependiendo de la localización de las instalaciones de producción y además varían con el tiempo, de modo que las densidades máximas recomendables para un emplazamiento concreto pueden no ser válidas para otras zonas de producción.

Por otra parte, los efectos de la actividad acuícola sobre el medio natural en la que se desarrolla dependen en gran medida del grado de intensidad de las producciones, siendo la capacidad del entorno para absorber estos efectos muy diferentes según la zona geográfica en cuestión. Por lo tanto, parece lógico que las densidades de producción óptimas para cada emplazamiento se definan a partir de estudios locales de la capacidad de carga mediante la aplicación del enfoque ecosistémico definido por la FAO (FAO, 2006-2011). La salvaguarda del bienestar de los peces exige además que las densidades de producción permitan el desarrollo normal de sus necesidades fisiológicas y conductuales. La densidad de producción ilustra, por tanto, la trascendencia de las diferencias entre especies y la existencia de un complejo entramado de factores interrelacionados que afectan al bienestar de los peces (Ashley, 2007).

#### 4.5. Caso práctico. Densidades de producción en la fase de engorde de dorada y lubina ecológicas en instalaciones del Mediterráneo

En el transcurso de la última década, la industria acuícola europea ha dedicado importantes esfuerzos al desarrollo de una filosofía en la que pueden resaltarse aspectos como:

- El respeto hacia el medio ambiente
- El bienestar de los peces
- El aumento de la calidad y el valor añadido de los productos de la acuicultura

- La diferenciación de los productos y la apertura de nuevos mercados
- La mejora de la percepción y la aceptación de los productos de la acuicultura por parte del consumidor

Por su parte, los consumidores europeos demandan alimentos de gran calidad y han desarrollado una importante conciencia medioambiental.

Todo ello ha facilitado el desarrollo de la acuicultura ecológica europea, cuyo crecimiento ha sido posible gracias a la creación de un marco normativo en el que, entre otros aspectos, quedan recogidas las densidades de producción máximas con las que pueden trabajar las instalaciones certificadas. Fundamentalmente, la producción ecológica está regulada por:

- La normativa comunitaria (reglamentos del Consejo Europeo (EC) 834/2007, (EC) 889/2008 y (EC) 710/2009 y sus enmiendas)
- La normativa de los estados miembros
- Las normas creadas por organizaciones de carácter privado

La industria piscícola mediterránea también se ha sumado al desarrollo de este segmento del mercado, de manera que los consumidores ya tienen a su disposición doradas y lubinas ecológicas que se comercializan como productos de alto valor añadido.

En esta sección se recogen las experiencias de tres empresas mediterráneas productoras de dorada y lubina ecológica:

##### Grupo Culmarex (España)

El grupo empresarial Culmarex desarrolla su actividad de cría y engorde de dorada y lubina en siete instalaciones distribuidas por la región mediterránea española. Una de las empresas del grupo, Piscifactoría de Aguadulce (PIAGUA), está certificada para la producción de dorada y lubina ecológicas (según la norma europea) por la Dirección General de Industrias y Calidad Agroalimentaria de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Según datos de 2011, PIAGUA produce 205t/año de dorada y lubina ecológica y 1.500t/año de dorada y lubina convencional.

En línea con la limitación que establece la norma europea, la producción ecológica de PIAGUA se realiza a una densidad de 15Kg/m<sup>3</sup>.

Por su parte, Culmarex, la empresa del grupo responsable del envasado y la comercialización de la dorada y la lubina ecológica, está certificada (según la norma europea) por el Consejo de Agricultura Ecológica de la Región de Murcia.



**Fotografía 4:** Instalación de producción ecológica de Piscifactoría de Aguadulce Grupo Culmarex (izquierda) y doradas ecológicas (derecha) con densidad de producción de 15Kg/m<sup>3</sup> © Grupo Culmarex

##### Kefalonia Fisheries (Grecia)

Kefalonia Fisheries es una empresa con centros de producción en la Isla de Cefalonia. Su actividad es la cría y engorde de dorada y lubina convencional (1.260 t/año) y ecológica (300 t/año) – datos de 2011. Está certificada por Naturland e.V (según la norma Naturland e.V.) y por BIO Hellas Institute (según la norma europea) para la producción, manipulación y comercialización de dorada y lubina ecológica.

Aunque la norma europea permite densidades de 15 Kg/m<sup>3</sup>, Kefalonia Fisheries trabaja a 10 Kg/m<sup>3</sup> que es el límite que establece la norma Naturland e.V.



**Fotografía 5:** Vista aérea de la instalación de producción ecológica de Kefalonia Fisheries Fte. Google Earth ®

##### Galaxidi Marine Farm (Grecia)

Galaxidi Marine Farm es una empresa con centros de producción en la costa norte del Golfo de Corinto. Su actividad principal es la cría y engorde de dorada y lubina convencional (4.000 t/año) y ecológica (380 t/año) (datos de 2011). Está certificada por BIO Hellas Institute (según la norma europea) para la producción, manipulación y comercialización de dorada y lubina ecológicas.

Aunque la norma europea permite densidades de 15 Kg/m<sup>3</sup>, Galaxidi Marine Farm trabaja a 12 Kg/m<sup>3</sup>.



**Fotografía 5:** Instalación de producción ecológica de Galaxidi Marine Farm (izquierda) y plataforma de alimentación (derecha)  
© Galaxidi Marine Farm

Según las empresas colaboradoras, la dorada y la lubina ecológicas han tenido una buena acogida en el mercado, e incluso en determinados países en los que se ha registrado un notable desarrollo de las políticas de sostenibilidad (Ej: Alemania) existe una importante demanda de pescado ecológico. Sin embargo, dado que se trata de un producto más caro que la dorada y la lubina producidas en sistemas convencionales (especialmente en productos procesados como los filetes, en los que el coste de producción es aún mayor), los volúmenes de producción son todavía pequeños.

Según Kefalonia Fisheries, no es de esperar que el mercado de la dorada y la lubina ecológicas registre un crecimiento importante debido a las consecuencias de la crisis financiera internacional. Por su parte, Galaxidi Marine Farm afirma que el crecimiento del mercado de los productos de la acuicultura ecológica será lento, dado que, hoy por hoy, la oferta supera a la demanda. Finalmente, los responsables de la línea de dorada y lubina ecológica del Grupo Culmarex declaran que la evolución del mercado hace prever que la cuota máxima que alcanzará la producción ecológica del grupo será del 10% de su producción convencional.

##### 4.6. Recomendaciones

En el terreno de las densidades de producción, el futuro desarrollo de la industria acuícola mediterránea pasa por su optimización tanto en la cría y engorde de especies tradicionales como en la especies emergentes, con el objetivo de lograr el equilibrio entre la rentabilidad y la sostenibilidad de la actividad. Para ello es necesario profundizar en los estudios del efecto de la densidad y su impacto sobre el bienestar animal en condiciones de producción industrial, dada su repercusión sobre la productividad y el limitado conocimiento existente acerca de esta compleja cuestión.

Las actuaciones de zonificación del litoral para la identificación de áreas adecuadas para el desarrollo de la actividad acuícola que llevan a cabo las Administraciones competentes de la región mediterránea deberían fomentar la realización de estudios locales de la capacidad de carga mediante la aplicación del enfoque ecosistémico, así como su actualización periódica. Esto facilitará el cálculo de las densidades máximas para cada especie en función del sistema de producción utilizado y las fases del ciclo de producción que abarca cada instalación.

## **5. Diversificación de los sistemas de producción**

### **5.1. Antecedentes**

Los sistemas de producción acuícola se pueden clasificar atendiendo a distintos criterios como la salinidad del agua, el organismo cultivado, las fases que abarcan el cultivo, el grado de intervención humana, la densidad de cultivo y la ubicación de las instalaciones.

Como en cualquier otro tipo de producción, existen sistemas básicos en función de la intensidad de producción y de su desarrollo tecnológico.

Según el criterio de clasificación que se elija, se distinguen los siguientes criterios de clasificación: (Ver Ilustración 6)

- Tipos de sistemas productivos según la tolerancia salina de la especie
- Tipos de sistemas productivos según el organismo cultivado
- Tipos de sistemas productivos según las fases de desarrollo de la especie
- Tipos de sistemas productivos según la densidad de cultivo
- Tipos de sistemas productivos según la ubicación de la granja
- Tipos de sistemas productivos en función de la utilización del agua

Por ello en función del desarrollo tecnológico con el que se cuente, unido a los objetivos productivos y el emplazamiento, se empleará el sistema de producción específico que determinará la instalación.

En el presente capítulo se desarrollan los sistemas de producción en función de la utilización del agua, es decir sistemas abiertos o cerrados. La descripción de otros sistemas de producción se incluye en el *Capítulo 7: diversificación del ciclo productivo*.

### **5.2. Tipos de sistemas productivos según la tolerancia salina de la especie**

Es el tipo de clasificación más sencillo, existiendo dos tipos de sistemas productivos en función de la salinidad del agua y de la especie que se produce:

- Acuicultura continental. Aquella en la que se producen especies de agua dulce como la trucha y la carpa
- Acuicultura Marina. Aquella en la que se producen especies marinas como la dorada o la lubina

### **5.3. Tipos de sistemas productivos según el organismo cultivado**

En función de la fase del desarrollo del cultivo, se pueden distinguir los siguientes tipos de sistemas productivos:

- *Algicultura*: producción de las algas
- *Conchicultura*: producción de moluscos. Dentro de este sistema cabe mencionar la *Mitilicultura*, que se dedica al cultivo del mejillón, y la *Ostricultura*, para el cultivo de la ostra



- *Carcinocultura*: producción de crustáceos. En el caso del cangrejo de río, recibe el nombre de astacicultura
- *Piscicultura*: producción de peces. Si los peces cultivados son salmónidos, recibe el nombre de salmonicultura, si son ciprínidos, ciprinocultura, y si se trata anguilas, anguicultura

#### 5.4. Tipos de sistemas productivos según las fases de desarrollo de la especie

Dependiendo de la fase del desarrollo a cultivar, cabe distinguir los siguientes tipos de sistemas productivos:

- *De producción integral*: abarca todas las fases de desarrollo de la especie en la misma instalación, es decir, reproducción, cría y engorde
- *De engorde*: producción de adultos a partir de juveniles
- *Criadero*: reproducción de individuos adultos, desde la fecundación e incubación hasta el desarrollo de larvas o alevines
- *Pre-engorde*: producción de juveniles a partir de larvas o alevines

#### 5.5. Tipos de sistemas productivos según la densidad de cultivo

La intensificación de los sistemas productivos está condicionada por la disponibilidad de terreno y de los medios de producción, como son el agua, el alimento y la mano de obra.

La intensificación depende de la densidad ( $\text{kg/m}^3$  o  $\text{Kg/m}^2$ ), de manera que según la densidad de cultivo, podemos clasificar los sistemas en:

- *Cultivos extensivos*: Presentan una densidad de  $0,01 - 0,1 \text{ kg/m}^3$ . Se caracterizan por una captura o introducción de juveniles en el cultivo y un despesque final de adultos una vez engordados. Estos tipos de cultivo requieren áreas favorables con productividad natural, como lagunas litorales, salinas o marjales. En ocasiones precisan preparación previa de la zona
- *Cultivos semiextensivos*: Cultivos que tienen una densidad comprendida entre  $0,5 - 1 \text{ kg/m}^3$
- *Cultivo semiintensivo*: Cuando la densidad oscila entre  $1 - 5 \text{ kg/m}^3$
- *Cultivo intensivo*: se caracterizan por tener una densidad de  $10 - 25 \text{ kg/m}^3$ , presentan una mayor demanda de alimento, un mayor consumo de oxígeno y un mayor acúmulo de desechos y metabolitos tóxicos. A diferencia de los cultivos extensivos, estos necesitan una mayor intervención humana, pues requieren instalaciones técnicamente adecuadas, personal cualificado y un control de todas las fases y aspectos del cultivo: alimentación, regulación de los parámetros del agua y prevención de posibles patologías
- *Cultivo superintensivo*: Si la densidad de cultivo es de  $100 \text{ kg/m}^3$  o mayor

Por norma general, a mayor intensificación de la densidad de cultivo, mayor demanda tecnológica, lo que se traduce en mayores inversiones.

#### 5.6. Tipos de sistemas productivos según la ubicación del cultivo

Se pueden diferenciar los siguientes tipos:

- Los cultivos en tierra son instalaciones de cría y/o engorde situadas en tierra firme. Tanto en el criadero como en los tanques, en las balsas o en estanques de engorde es necesario instalar sistemas de bombeo del agua, bien sea de río, subterránea, o de mar; así como emisarios para el retorno de las aguas utilizadas
- Los cultivos intermareales son instalaciones ubicadas en la zona litoral intermareal, o sumergidos a poca profundidad en zonas protegidas, siendo en ambos casos, zonas productivas y ricas en fitoplancton. Son los movimientos mareales y el oleaje los encargados de la renovación del agua y aporte de alimento. Este tipo de cultivo está casi exclusivamente limitado a la producción de macroalgas o moluscos bivalvos filtradores
- Los cultivos de mar, son aquellos cuyas instalaciones se encuentran en zonas litorales o en mar abierto, permitiendo así el uso de un volumen de agua mucho mayor del que ocupan, lo que conlleva una mayor producción por unidad de volumen. La mayor parte de este tipo de cultivos utilizan un sistema flotante. Así, podemos encontrarnos con distintos tipos de estructuras usadas para este tipo de cultivo, como en el caso de las bateas, los viveros, long-lines y jaulas
  - o Las bateas son estructuras flotantes empleadas para el cultivo de mejillones en cuerda y ostras en cestas o cementadas. Son colocadas en rías con suficiente profundidad. Muy utilizadas en Galicia, Andalucía y la Comunitat Valenciana
  - o Los viveros, típicos en el Delta del Ebro (Cataluña), están formados por estacas de madera fijas en el fondo, y en la superficie entrelazadas por traveseros de madera en los que se amarran las estructuras de cultivo
  - o Los long-lines, consisten en un soporte lineal longitudinal, sobre o en el seno del agua, al cual se amarran las estructuras de cultivo: cuerdas, cestas, captadores, etc. Presentan sistemas de flotadores y sistemas de anclaje. Se utilizan en Galicia, Andalucía, Cataluña y Comunitat Valenciana
  - o La jaula es un recinto total o parcialmente sumergido, alejado de la costa, a través del cual pasa agua, y en cuyo interior se estabulan los peces. Con forma de polígono rectangular, hexagonal y circular; presenta estructuras de flotación (boyas) y sistemas de anclaje (metros de cable). Para evitar problemas de depredación por aves, completan su estructura redes protección. Las características hidrodinámicas, batimétricas y de corrientes deben permitir una buena oxigenación del agua, el arrastre de productos de excreción y la no distorsión de las redes

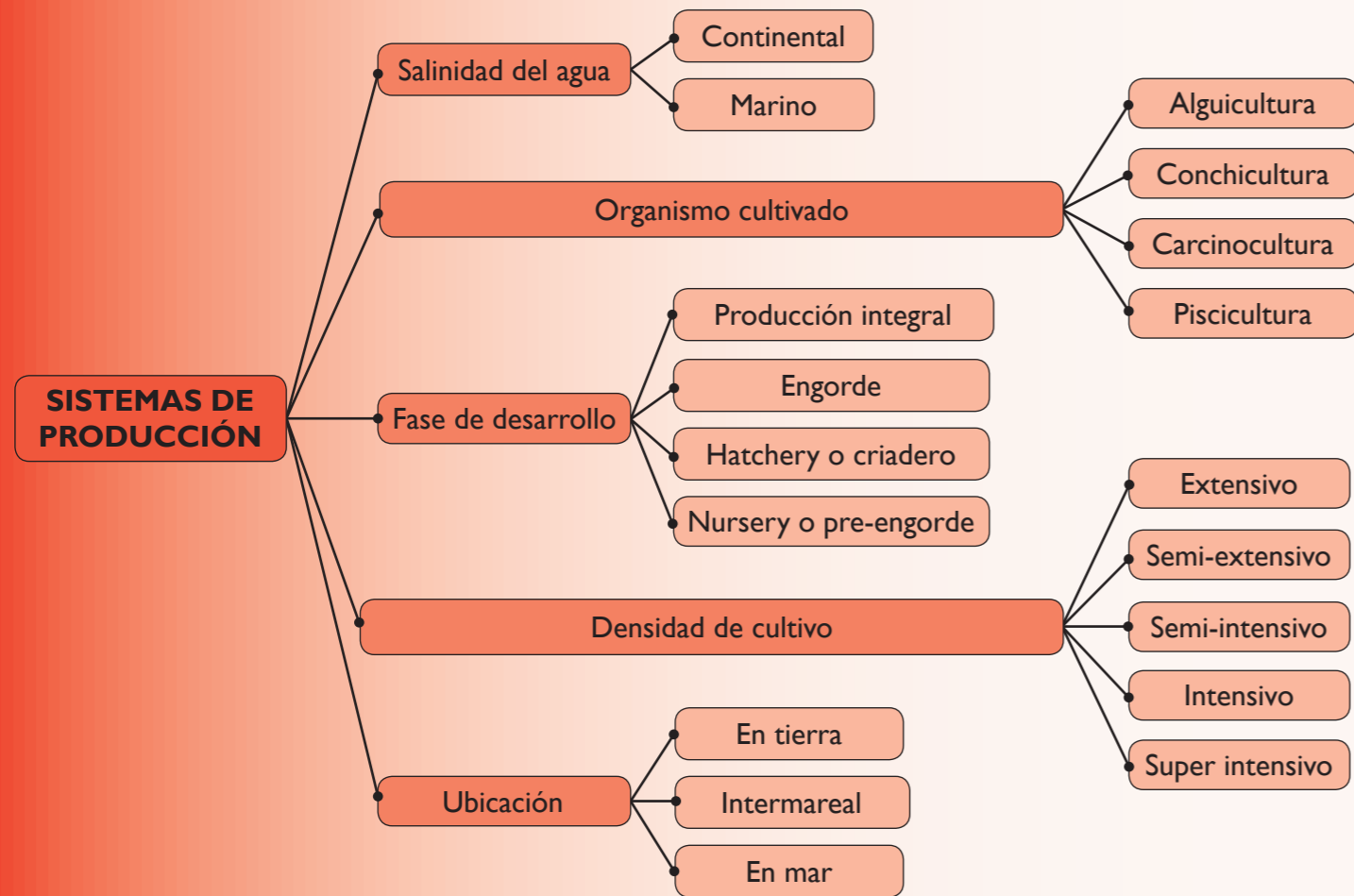


Ilustración 6. Esquema resumen de los distintos sistemas de producción acuícola. (Fte elaboración propia)

Como ejemplo de estas instalaciones se tiene los sistemas en extensivo que aprovechan el medio natural para obtener la producción. No se debe caer en el error de pensar que este tipo de instalaciones, al no tener excesiva complejidad tecnológica, no pueden producir elevadas cantidades, ya que si se considera una instalación en mar abierto de jaulas flotantes para el engorde de dorada, esta instalación desde el punto de vista del sistema de clasificación, es una instalación en circuito abierto.

Otros ejemplos de circuito abierto con grandes producciones son las bateas, long-lines y demás estructuras en mar abierto.

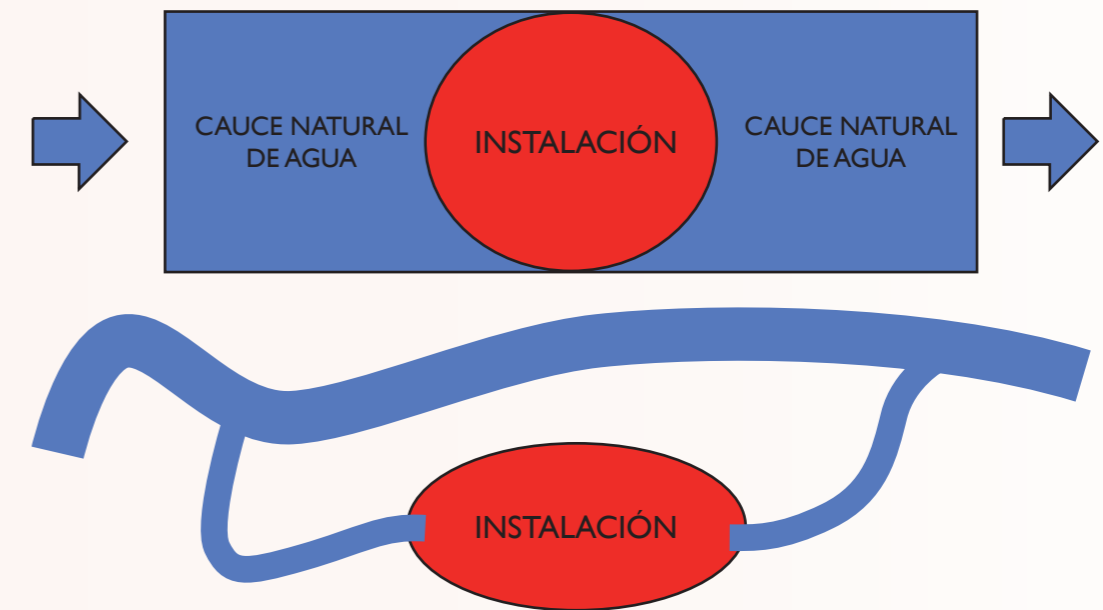


Ilustración 7. Esquema de posibles alternativas de un circuito abierto (Fte elaboración propia)

En definitiva, tal y como se aprecia en el esquema anterior, una instalación de circuito abierto puede ser una instalación ubicada dentro de un cauce de agua (mar, río, lago...) o bien una instalación que ubicada cerca de un cauce o pozo, que succione el agua desde este cauce o pozo, pase por la instalación y la devuelva al medio con una depuración previa.

- Ventajas:
  - o Se aprovecha el medio natural en el que se localice la instalación
  - o Las especies crecen en su hábitat natural
  - o Menor inversión
  - o Menor uso de la tecnología
  - o Menor consumo energético

### 5.7. Tipos de instalaciones en función de la utilización del agua: circuitos abiertos y cerrados

Existen multitud de sistemas de producción acuícola, según la clasificación a la que se haga referencia, se puede establecer una última clasificación en función de la utilización del agua.

El agua puede estar abasteciéndose continuamente o por el contrario ir recirculándose e incorporar volúmenes cada cierto tiempo, de esta forma se puede diferenciar circuitos cerrados que serán aquellos que recirculan agua incorporando nuevos volúmenes cuando sea necesario o circuitos abiertos que serán aquellos en los que el agua se utiliza en el engorde de especies y se devuelve al medio previa depuración.

#### 5.7.1. Circuito abierto

Este tipo de circuito se da cuando el agua no se reutiliza como medio en el que se desarrollan los peces, de forma que hay una aportación continua de agua a la instalación. En estas instalaciones, no se puede controlar el medio en el que se desarrolla la producción y no se pueden mantener las condiciones óptimas para la producción, ya que no se puede controlar el medio.

- Inconvenientes:
  - o No se puede controlar el medio acuático
  - o No se puede proporcionar las condiciones óptimas de temperatura, pH, conductividad, durante todo el año, ya que vienen impuestas por el clima
  - o Mayor utilización de agua
  - o Mayor peligro de contaminación/enfermedades ante posibles vertidos en el cauce

### 5.7.2. Circuito cerrado

Se trata de aquellas instalaciones en las que se recircula prácticamente toda el agua de la instalación, incorporando los procesos de depuración necesarios para mantener los niveles de calidad adecuados. De esta forma solo se incorpora agua cuando la calidad de la misma baja o se ha producido alguna fuga, y sólo se incorpora como máximo un 20% del volumen total de agua.

Los objetivos básicos son:

- Controlar el medio. Imprescindible en procesos como manejo de lotes de reproductores, durante el proceso reproductivo, eclosión, sistemas larvarios y por supuesto preengorde de alevines y engorde
- Proporcionar las condiciones óptimas para el crecimiento y desarrollo. Por ejemplo mantener durante todo el año el agua a la temperatura ideal de cada especie para obtener los máximos crecimientos

Un ejemplo típico de instalación que funciona con un circuito cerrado es un criadero, que tiene como objeto de producción alevines de peces. En este caso, se tendrá una instalación en tierra concebida para la producción de alevines de una especie marina o dulceacuícola, para ello se hace necesario un circuito cerrado en el que se controlen todos los parámetros para obtener dichos alevines.

- Ventajas:
  - o Se puede controlar el medio acuático en todo momento
  - o Proporcionar las condiciones óptimas de temperatura para la producción
  - o Altas producciones por m<sup>3</sup> de instalación
  - o Menor utilización de agua
  - o Concentración de residuos para su posterior valorización
  - o Control sobre los parámetros físicos, químicos y biológicos que influyen en la producción
  - o Curva de crecimiento continuada a lo largo del año
  - o Libre ubicación de la explotación no compite con espacios protegidos ni zonas turísticas
  - o Menor riesgo de escapes
- Inconvenientes:
  - o Necesita un desarrollo tecnológico elevado
  - o Mayor coste energético
  - o Mayor inversión inicial

### 5.7.3. Relación sistema productivo-tipo de circuito

En la siguiente tabla se muestra los diferentes sistemas productivos y los tipos de circuitos según si se produce o no recirculación del agua.

Sistema de clasificación	Sistema productivo	Tipo de circuito
Salinidad del agua	Continental	Abierto/cerrado
	Marino	
Organismo cultivado	Alguicultura	Abierto/cerrado
	Conchicultura	Abierto
	Carcinocultura	Abierto/cerrado
	Piscicultura	
Fase de desarrollo	Producción integral	Abierto/cerrado
	Engorde	
	Criadero o hatchery	
	Preengorde o nursery	
Densidad del cultivo	Extensivo	Abierto
	Semi-extensivo	Abierto/cerrado
	Semi-intensivo	
	Super-intensivo	Abierto
Ubicación	Tierra	Abierto/cerrado
	Intermareal	Abierto
	Mar	

Tabla 4. Relación sistema productivo y tipo de circuito (Fte elaboración propia a partir de datos extraídos de Acuicultura I y II, Espinós F.J. 2009)

### 5.8. Caso práctico: Circuito cerrado

La empresa Valenciana de Acuicultura, S.A. (VASA) fundada en 1.984, orientó todos sus esfuerzos iniciales hacia el desarrollo de un novedoso sistema de cultivo de especies piscícolas utilizando técnicas de recirculación de agua. La anguila centró el interés inicial de la compañía por tratarse de un producto de gran consumo en Valencia y de creciente demanda en Europa, aunque la tecnología que se pretendía desarrollar debería ofrecer la posibilidad de una posterior adaptación a otras especies de interés comercial.

En febrero de 1986 se introdujeron las primeras angulas en la instalación cuya capacidad de producción anual era de 100 t., en principio suficiente para abarcar el mercado interior; tras diversas ampliaciones, actualmente se producen 400 t. anuales y se tiene una E.D.A.R. para depurar el agua propia de la instalación.

### 5.8.1. Funcionamiento de la instalación

El circuito cerrado permite la reutilización del 99% del agua de proceso. Ésta, después de pasar por los tanques de engorde, se depura biológicamente para la eliminación de los metabolitos tóxicos existentes (nitritos, amonio, etc.) y, posteriormente, tras incorporarle oxígeno, se introduce nuevamente al circuito de producción. Durante todo el proceso, parámetros físico-químicos como la temperatura, oxígeno, pH, reserva alcalina, etc. son periódicamente monitorizados para asegurar el buen funcionamiento del sistema y la buena salud de los peces.

Las ventajas más destacables que ofrece esta tecnología son:

- Un mejor control de los parámetros que intervienen en el sistema productivo
- Un absoluto aislamiento de factores externos (enfermedades,...)
- Una total independencia de las condiciones medioambientales, posibilitando su ubicación en cualquier lugar

En cuanto a los inconvenientes, aunque son pocos, se puede citar el hecho de la avanzada tecnología necesaria para su funcionamiento así como la gran inversión inicial a realizar.

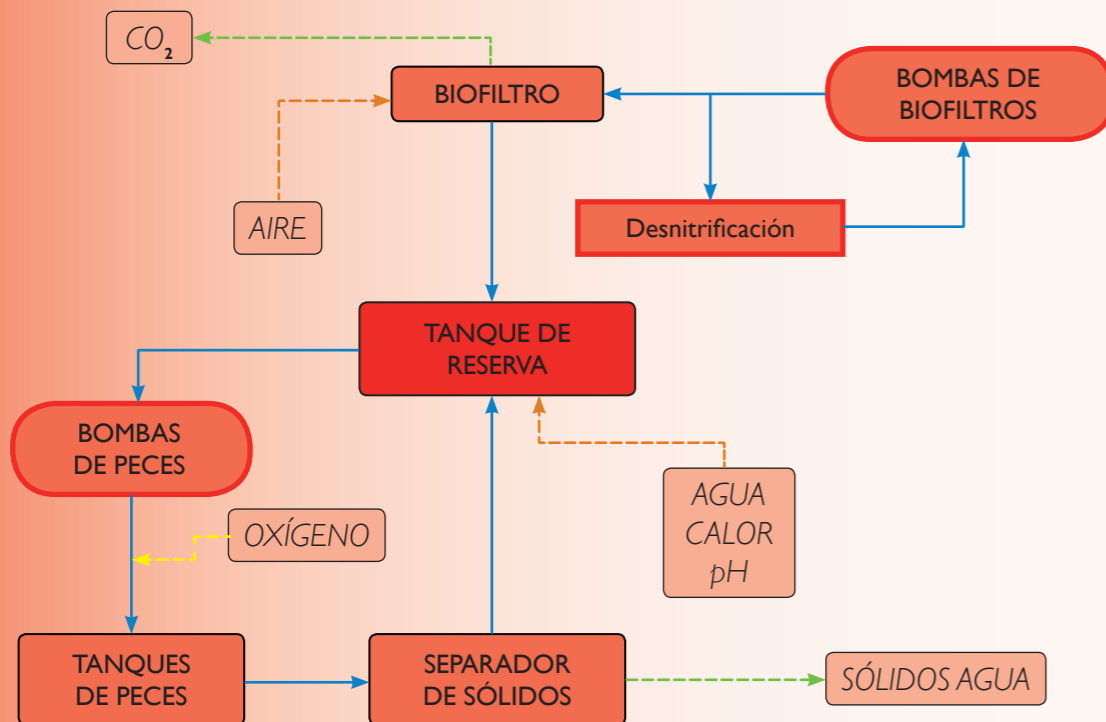


Ilustración 8. Esquema del circuito cerrado de VASA (Fte elaboración propia)

### 5.8.2. Equipos e instalaciones

Una instalación trabajando en circuito cerrado debe considerar una serie de componentes que a efectos prácticos se consideran elementos de un sistema de circuito cerrado propiamente dicho.

En las instalaciones de VASA se encuentran los siguientes elementos:

- Sistema de abastecimiento de agua
- Sistema de control de temperatura
- Tanque de reserva
- Bombas de recirculación
- Biofiltros
- Tanques de engorde
- Separador de sólidos
- Instalación de oxígeno
- Sistemas de alarma



Fotografía 6: Bombas verticales de impulsión (izquierda) y nave de producción en la que se observan línea de tanques y tuberías (derecha)

© Rodolfo Barrera

### 5.9. Recomendaciones

- El paso principal a la hora de determinar el sistema productivo que mejor se adapta es determinar los objetivos productivos, es decir, especie que se desea producir, producción estimada y estadio vital que se va a producir
- La sostenibilidad del proceso depende de la localización, disponibilidad de agua, vías de comunicación y demás factores ambientales, que determinan la elección de un tipo de sistema u otro
- La sostenibilidad del circuito cerrado radica en la mayor producción y reutilización del agua, en contraposición el gasto eléctrico es muy superior al circuito abierto
- La sostenibilidad del circuito abierto radica en los menores costes de mantenimiento, ya que se utilizan sistemas por gravedad o una gestión de las mareas. El gasto eléctrico en impulsiones de agua es mínimo pero, en contraposición, las producciones alcanzadas son menores

## **6. Diversificación del tamaño de las instalaciones**

### **6.1. Introducción**

El mar Mediterráneo tiene una cuenca casi completamente cerrada, cuya mayor fuente de agua es el flujo continuo de agua superficial desde el Océano Atlántico. Se estima que el total del volumen de agua del Mediterráneo tarda cerca de un siglo en renovarse completamente a través del Estrecho de Gibraltar, con 300 m de profundidad.

Este flujo limitado de agua y la elevada evaporación hacen que el Mediterráneo sea más salado que el océano Atlántico. La temperatura en su superficie varía de una media mínima de 10 °C en invierno en el mar Adriático a un máximo de 28–30 °C en sus márgenes sudorientales. Dentro de este margen de temperaturas no es posible cultivar algunas especies de peces de escamas ya consolidadas, como el salmón y el rodaballo.

Las clasificaciones que tradicionalmente se han realizado de las instalaciones acuícolas, están estrechamente relacionadas con el hábitat en el que se va a desarrollar la actividad productiva, la especie a producir o la densidad del cultivo (parámetro muy relacionado con la biomasa y el número de individuos por jaula/tanque), en función de estas variables, se podrá definir el tamaño de la instalación acuícola adecuado a las necesidades.

El tamaño de una instalación acuícola está estrechamente relacionado con los costes de producción, de forma que es de vital importancia el correcto dimensionado de la instalaciones en función de los objetivos deseados, de esta forma no se añadirán más costes de los necesarios a la producción.

En la zona Mediterránea la mayor parte de la acuicultura se da en regiones marinas, no obstante también hay instalaciones continentales e intermareales, muy heterogéneas pero de gran importancia.

### **6.2. Justificación**

Las instalaciones pueden ser de muy diversos tamaños, por un lado se pueden distinguir las grandes instalaciones marinas ocupando una gran extensión de dominio público marítimo, mientras que por otro se tiene pequeñas instalaciones familiares o simplemente instalaciones para repoblación.

Desde el punto de vista de la sostenibilidad, el tamaño de la instalación puede llegar a ser un factor clave. Es sabido que, a mayor tamaño de la instalación, mayor demanda de recursos humanos y energéticos, que deben ser compensados por una sostenibilidad productiva que haga que la instalación proporcione los suficientes recursos para soportar las demandas. En definitiva, en el mercado actual se encuentran diversos tamaños de instalaciones, cuya sostenibilidad final dependerá básicamente de que ese tamaño se adecue para lo que en un principio esa instalación se planteó.

### 6.3. Instalaciones continentales

Las instalaciones continentales suelen ser instalaciones de cría/engorde de especies de agua dulce, aunque también se pueden encontrar instalaciones de cría/engorde de especies de agua salada.

La acuicultura en jaulas en agua dulce en la zona Mediterránea se ha desarrollado principalmente en Egipto, en donde la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y la carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) se producen en jaulas situadas en los brazos del Delta del Nilo. La producción en jaulas de estas especies se incrementó fuertemente durante la última década, pasando de 1.977 toneladas en 1995 a 32.062 toneladas en 2003.

La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y la carpa común (*Cyprinus carpio*) también se crían en forma marginal en jaulas en agua dulce, en estanques o embalses en Italia, Turquía, Chipre y la República Árabe Siria.

Los métodos de cultivo más utilizados en acuicultura en tierra, son los tanques intensivos o extensivos, ya sean para cría o engorde de especies dulceacuícolas, como para la producción de alevines de especies marinas.

El tamaño aproximado de las instalaciones en tierra es muy variable, y depende del objetivo productivo de la empresa, no obstante, un ejemplo sería el tamaño de las instalaciones dedicadas a la producción de trucha, como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tamaño de la instalación	Producción (en t)
Pequeña	< 500
Medio	500 – 1.500
Grande	> 1500

Tabla 5. Tamaño de las instalaciones en tierra para el cultivo de trucha en función de la producción alcanzada

### 6.4. Instalaciones intermareales

La mayor parte de instalaciones intermareales mediterráneas están dedicadas al cultivo o recolección de moluscos como pueden ser la ostra rizada (*Crassostrea gigas*), la almeja japonesa (*Ruditapes philippinarum*) y la almeja fina (*Tapes decussatus*) e incluso equinodermos como el erizo de mar común (*Paracentrotus lividus*) o el erizo de mar negro (*Arbacia lixula*).

Las zonas mediterráneas dedicadas al cultivo de moluscos son grandes superficies alojadas mayoritariamente en bahías o estuarios donde las confluencias de agua dulce y salada tienen una gran importancia en la producción primaria.

En la siguiente tabla se puede apreciar el tamaño medio de las instalaciones acuícolas intermareales.

Tamaño de la instalación	Tamaño de la concesión
Pequeña	< 1.000m <sup>2</sup>
Medio	1.000 – 5.000m <sup>2</sup>
Grande	> 5.000m <sup>2</sup>

Tabla 6. Tamaño de las instalaciones intermareales en función de la concesiones administrativas (Fte elaboración propia)

Aunque las instalaciones son grandes existen dos tendencias, una al cooperativismo como en el Delta del Po (Italia) y otras a la explotación particular de pequeñas concesiones administrativas como en el Delta del Ebro.

### 6.5. Instalaciones marinas

Las instalaciones marinas de la zona Mediterránea son jaulas flotantes dedicadas al engorde de dorada (*Sparus aurata*), lubina (*Dicentrarchus labrax*) y corvina (*Argyrosomus regius*), aunque también se pueden encontrar instalaciones dedicadas al engorde de atún rojo (*Thunnus thynnus*) (Murcia, Malta). También hay instalaciones experimentales con jaulas de fondo que realizan ensayos con nuevas especies como el lenguado (*Solea senegalensis*) y el pulpo (*Octopus vulgaris*).

En función del número de jaulas que tienen las instalaciones acuícolas mediterráneas se puede establecer una clasificación para las mismas:

Tamaño de la instalación	Nº de jaulas	Producción (en t)
Pequeña	12 - 24	400 – 1.000
Medio	24 - 48	1.000 – 2.000
Grande	> 48	> 2000

Tabla 7. Tamaño de las instalaciones acuícolas marinas en función del número de jaulas (Fte elaboración propia)

Las costas del Mediterráneo ofrecen una amplia variedad de emplazamientos para el cultivo, tanto protegidos como abiertos. Por esta razón, se utilizan diversos modelos de jaulas, desde las muy simples con marco de madera y estructuras de barril (Egipto) a las instalaciones más modernas y con una tecnología sofisticada, como las plataformas de acero o las jaulas de acero sumergibles con sistemas de alimentación integrados (Murcia, Cataluña y Grecia). Sin embargo, las jaulas flotantes más utilizadas son las de polietileno de alta densidad (PEAD), debido a su capacidad de adaptación a diferentes condiciones marinas.

Las jaulas flotantes utilizadas en el Mediterráneo para producir dorada, lubina y corvina tienen un tamaño de 22 ó 25 m de diámetro y 13 m de profundidad, con un cono de aproximadamente 2 ó 3m de profundidad.

Las redes utilizadas para la contención están constituidas de poliamida, resistentes a la acción de los rayos UV, de malla sin nudos.

Para este tamaño de jaula se recomienda que la profundidad a la que se encuentre el fondo oceánico duplique como mínimo la profundidad del copo de la red, de forma que los residuos generados en la actividad (heces y restos de pienso) se dispersen correctamente por la zona y no se acumulen en un punto determinado.

Otro parámetro para definir el tamaño de una instalación acuícola es mediante la superficie que ocupan la concesión administrativa sobre la que se desarrolla la actividad productiva. En función de dicha superficie se puede generar otra clasificación:

Tamaño de la instalación	Tamaño de la concesión	Producción (en t)
Pequeña	< 250.000 m <sup>2</sup>	400 – 1.000
Medio	250.000 – 500.000 m <sup>2</sup>	1.000 – 2.000
Grande	> 500.000 m <sup>2</sup>	> 2000

Tabla 8. Tamaño de las instalaciones acuícolas marinas en función del tamaño de la concesión (Fte elaboración propia)

Ambas clasificaciones serían correctas a la hora de determinar el tamaño de una instalación acuícola marina, ya que se relacionan entre sí con la producción aproximada que se puede obtener en cada una de ellas.

Las instalaciones acuícolas marinas mediterráneas se dedican en su mayor parte al engorde de dorada y lubina, se puede afirmar que ambas especies son autóctonas del mar Mediterráneo.

Existen varios parámetros que definen el tamaño de una instalación, pero no será uno solo el que lo determine, sino la conjunción de todos ellos los que dará el dimensionado final de la instalación.

En el siguiente esquema se representan los parámetros más básicos que van a determinar el tamaño de la instalación.

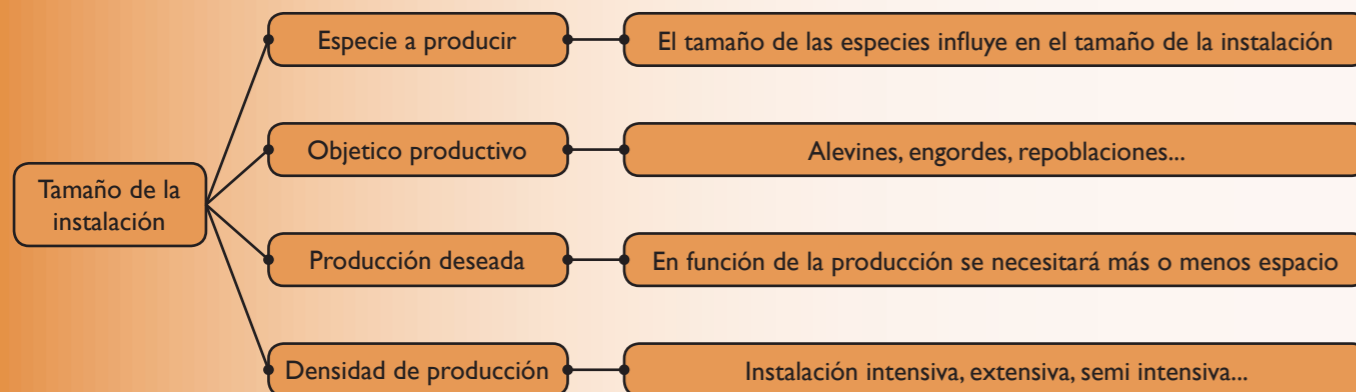


Ilustración 9. que influyen en el tamaño de una instalación (Fte. Elaboración propia)

### 6.6. Caso práctico: Instalación acuícola en Burriana (Castellón)

La instalación se sitúa a cuatro millas náuticas al sur (rumbo 175°) del puerto de Burriana (Castellón), en un polígono de 1.200 x 990 m, con una superficie cercana a las 119 ha. (1.188.000m<sup>2</sup>), en dicha instalación se alcanza una producción anual de 4800 t de dorada (*Sparus aurata*), 900 t de lubina (*Dicentrarchus labrax*) y 300 t de corvina (*Argyrosomus regius*), hasta alcanzar una producción total de 6.000 t.

La instalación inicialmente ocupaba una concesión administrativa de 255.000 m<sup>2</sup>, con los siguientes elementos:

- 2 grupos de 12 jaulas en superficie de 20 metros de diámetro para la producción de dorada y lubina
- 1 grupo de 6 jaulas en superficie de 20 metros de diámetro para la producción de dorada y lubina

En función de la demanda se decidió ampliar la producción, se añaden 8 jaulas de pulpo, 2 jaulas para lenguado, 1 para rodaballo y 4 nasas colgantes para pulpo. En definitiva la concesión se queda como se describe a continuación:

- 2 grupos de 12 jaulas en superficie de 20 metros de diámetro para la producción de dorada y lubina
- 1 grupo de 6 jaulas en superficie de 20 metros de diámetro para la producción de dorada y lubina
- 8 jaulas en fondo de 25 metros de diámetro para pulpo
- 2 jaulas en fondo de 25 metros de diámetro para lenguado
- 1 jaula en fondo de 25 metros de diámetro para rodaballo
- 4 nasas para pulpo colgantes en long-line

Tras esta primera ampliación, sólo de capacidad, se acometió una nueva ampliación, en la que se solicitó una ampliación de la superficie marítimo-terrestre ocupada. En concreto se solicitaron la ocupación de 933.000 m<sup>2</sup>. En esta nueva superficie ocupada se colocaron 60 long-lines para mejillón y ostra, 6 jaulas de dorada y lubina de 25 metros de diámetro, 12 jaulas de 25 metros para corvina, 3 jaulas de pulpo de 25 metros de diámetro, se recolocan las 8 jaulas de pulpo de 25 metros, se elimina una jaula para la producción de lenguado, y se recolocan la jaula de lenguado que no se elimina y la de rodaballo. En definitiva, ahora toda la instalación (1.118.800 m<sup>2</sup>) consta de los siguientes elementos:

- 1 jaula rodaballo de 25m de diámetro en fondo
- 1 jaula de lenguado de 25m de diámetro en fondo
- 8 Jaulas de pulpo de 25m de diámetro en fondo
- 72 Jaulas de dorada, lubina y corvina de 25m de diámetro en superficie
- 23 long-lines de mejillón y ostra
- 13 Jaulas de dorada y lubina de 16m de diámetro en superficie para labores auxiliares

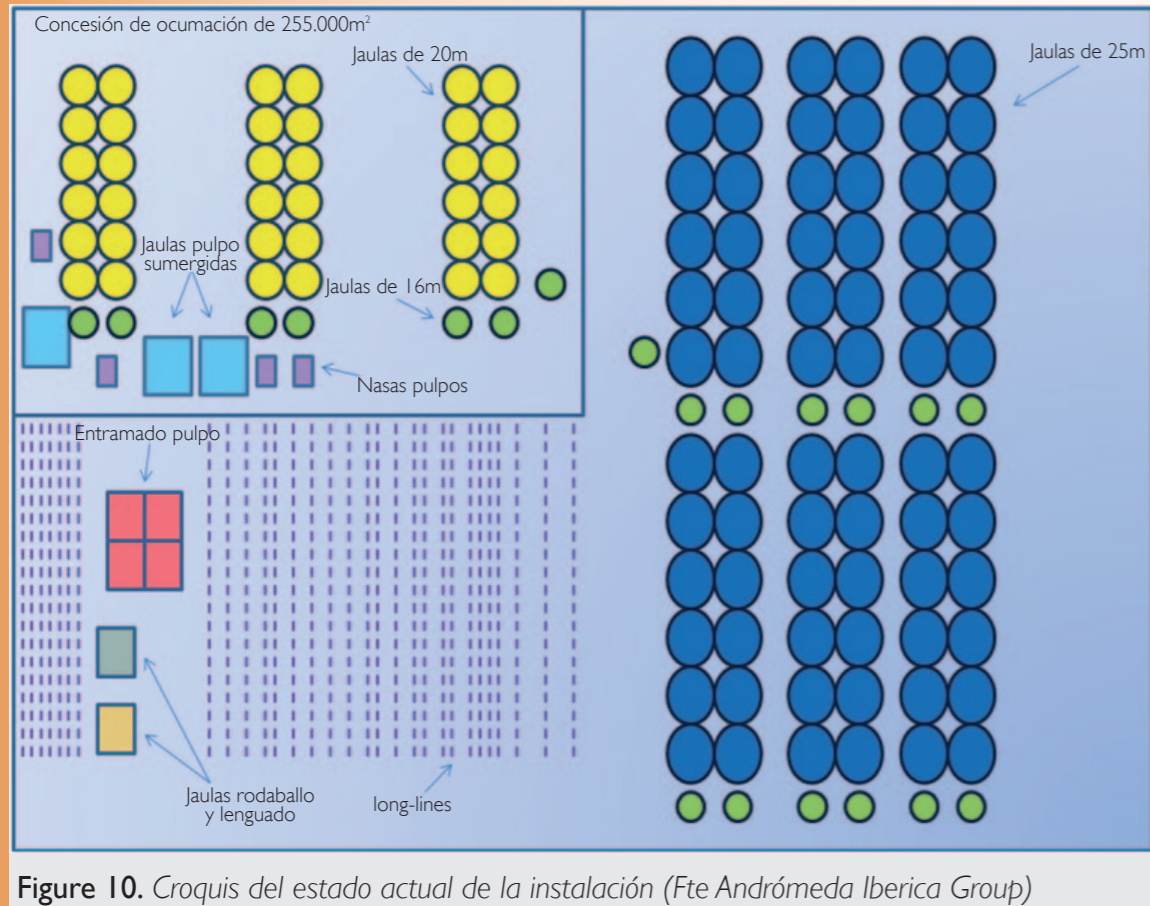


Figure 10. Croquis del estado actual de la instalación (Fte Andrómeda Iberica Group)

Estimando una supervivencia media del 85% para toda las especies y una talla comercial de venta de 450 g para la dorada y la lubina y de 1 a 2 kg para la corvina, la producción anual se estima en un total de 12.870.000 peces y 6.000 toneladas, cifras que pueden variar de un año a otro en función de las condiciones de cultivo y venta.

Se trata de una instalación de tamaño grande (> 48 jaulas), con una gran producción (6.000 t) de lubina, dorada y corvina, además de tener los long-lines para el cultivo de mejillón y ostra, y las jaulas de fondo para el engorde de pulpo, rodaballo y lenguado.

### 6.7. Recomendaciones

- Seleccionar una buena ubicación adecuada para la instalación, ya sea en tierra como en mar abierto. De tener que ubicarse en mar es muy importante la existencia de un puerto pesquero próximo, de ser en tierra debe situarse alejada de la población y debe estar bien comunicada
- Tener en cuenta posibles ampliaciones posteriores, ya sea para aumentar la producción, añadir especies a producir,...
- Estudiar los recursos humanos y económicos necesarios para llevar a cabo el proyecto de la instalación
- No sobredimensionar la instalación



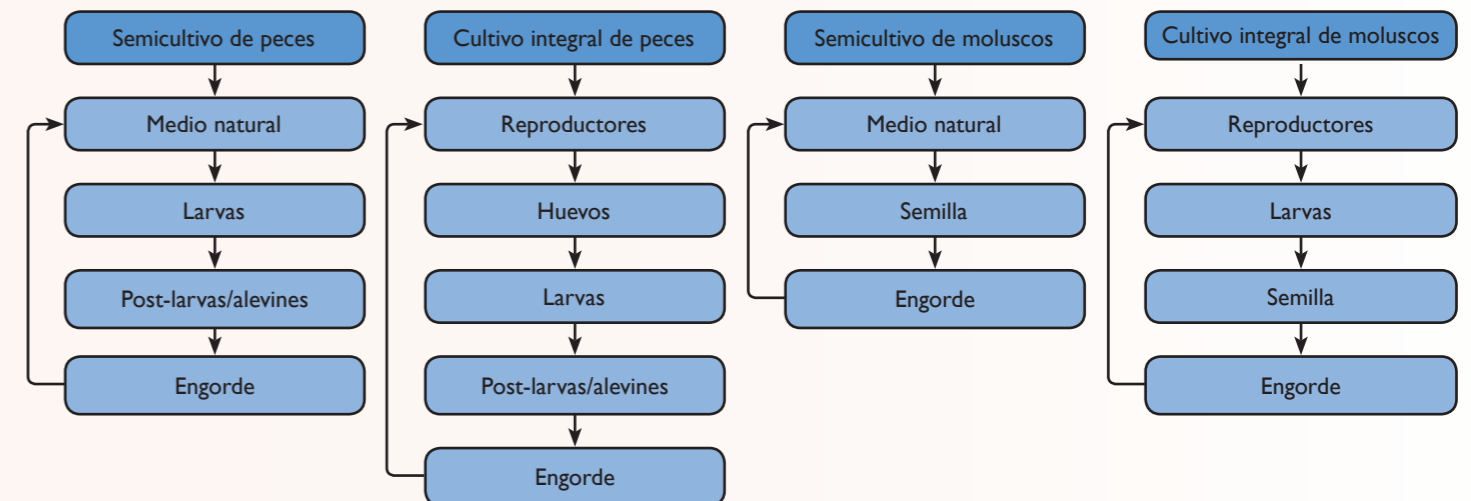


## 7. Diversificación del ciclo productivo

### 7.1. Introducción

En Acuicultura sostenible, la diversificación del ciclo de producción de especies marinas o continentales objeto de cultivo, ha sido muy bien utilizado por las empresas acuícolas para generar, aprovechar y desarrollar adecuadamente sus instalaciones.

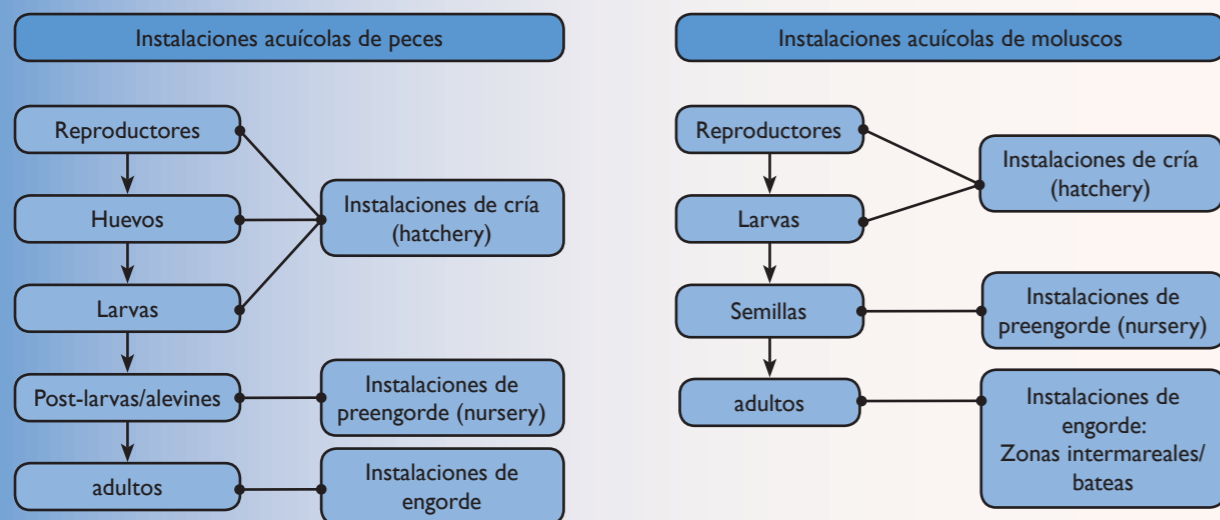
El desarrollo de los diversos tipos de ciclo en las instalaciones puede repercutir positivamente en la producción final, esto es debido a que no es lo mismo producir masivamente alevines que adultos de talla comercial. El asentamiento y la comercialización de los diferentes productos obtenidos no son iguales para cada una de las etapas de crecimiento de las especies producidas.



**Ilustración 11.** Clasificación en función de las fases del ciclo biológico que abarca la producción de peces y moluscos (Fte elaboración propia)

En general, el grado de diversificación del ciclo desarrollado en las empresas no tiene que ser total, es decir que no tienen que darse en sus instalaciones la producción de todas las fases de crecimiento del ciclo: instalaciones de cría, instalaciones de preengorde e instalaciones de engorde. En la actualidad existen empresas donde la diversificación del ciclo es completa, en especial en el caso de peces planos (rodaballo y lenguado) mientras otras pueden dedicarse a funcionar como instalaciones de cría o como instalaciones de preengorde o engorde.

Un hecho destacable es, que por lo general, los procesos que se llevan a cabo en una instalación de cría o una instalación de preengorde (hatchery - nursery) pueden realizarse en instalaciones situadas en tierra, mientras que la fase de engorde (instalación de engorde) pueden estar situadas en tierra (algunos moluscos, crustáceos y peces planos) o en el mar, en bateas, viveros los moluscos y peces pelágicos, jaulas flotantes, jaulas sumergidas etc.



**Ilustración 12.:** Clasificación en función del tipo de instalación acuícola (peces y moluscos) y lo que se produce en cada una de ellas (Fte elaboración propia)

Las instalaciones de preengorde pueden situarse físicamente junto a las de cría, pero en la acuicultura marina mediterránea el preengorde actúa de plataforma logística, dado que las instalaciones de cría suelen estar localizadas en áreas del Mediterráneo donde las temperaturas son más bajas, mientras que las unidades de engorde se localizan en áreas donde las temperaturas son algo más cálidas; el transporte de peces vivos a grandes distancias (> 1.000 km) es más ventajoso cuanto menor sea el tamaño unitario de los mismos, pero las unidades de engorde no son el lugar idóneo para acoger estos alevines de pequeño tamaño, sin embargo, las instalaciones de preengorde, situadas en las áreas de engorde sí cumplen con la misión de recepcionar los alevines de 1 - 2 g, pre-engordarlos hasta 5 - 20 g y reexpedirlos hasta las unidades de engorde.

## 7.2. Instalaciones de cría y preengorde

Por definición se trata de una instalación en tierra, donde se lleva a cabo la producción masiva a escala industrial de las primeras fases del ciclo, a saber:

- Captura, transporte, acondicionamiento y mantenimiento de reproductores
- Desarrollo larvario
- Preengorde hasta tallas superiores a 8-10 mm en el caso de moluscos y pesos superiores a 10 g para todas las especies piscícolas hasta su traslado a las instalaciones de engorde

Las instalaciones de criadero de peces y moluscos podrían ser compatibles en su funcionamiento y producción reutilizando el agua de salida de los peces para el preengorde de moluscos.

### 7.2.1. Desarrollo técnico

En las empresas donde se llevan a cabo estos procesos de producción industrial, existen una serie de equipos y sistemas necesarios para asegurar la viabilidad técnica de esta fase y que de manera resumida sería la siguiente:

- Sistemas de bombeo: Bombas de todo tipo y capacidad que existen en el mercado y que se encargan de la impulsión de agua de mar e impulsión de los diferentes circuitos (auxiliares de los filtros, etc.)
- Sistemas de filtración: Sistemas y componentes que aseguran que el agua de mar utilizada llega en la mejor calidad posible
- Sistemas de calentamiento - enfriamiento del agua: En el desarrollo de esta primera fase del ciclo es necesario disponer de gradientes adecuados de temperaturas mediante la utilización de componentes (resistencias eléctricas, placas solares o fotovoltaicas, calderas de gasoil, bombas de calor e intercambiadores, etc.) para realizar mejor la zootecnia del cultivo
- Sistemas de esterilización: El agua utilizada tiene que estar libre de gérmenes y parásitos que puedan interferir en los procesos llevados a cabo en esta fase de cultivo del ciclo. Existen 2 métodos validados: los rayos ultravioleta (UV) a 254 nm y la ozonización ( $O_3$ ). Ambos métodos son consumidores de energía
- Sistemas de aireación: Para todas las fases de los cultivos es necesario el aporte de oxígeno pero no es necesario que sea puro. Por lo que es habitual utilizar "soplantes de aire" de diferente capacidad y potencia. En la producción de las microalgas es importante disponer de  $CO_2$  para maximizar el rendimiento
- Recipientes y tanques para realizar el cultivo: Las formas y dimensiones estarán de acuerdo con el organismo producido en las distintas fases del ciclo. Desde troncocónicos a circular pasando por rectangulares o "race ways"
- Sistemas de producción de fito y zooplancton: En el desarrollo de las primeras fases de los organismos objeto de cultivo se utilizan diferentes especies fitoplanctónicas y de zooplancton

Parámetros esenciales para el cultivo post-larvario de moluscos	
Temperatura	20- 25 °C
Filtración	1 $\mu$
Esterilización	no
Densidad	60 unidades/cm <sup>2</sup> (almeja) 22 unidades/ cm <sup>2</sup> (ostra)
Alimento	50-200 l microalgas/kg. Semilla/día
Tiempo de cultivo	40días (almeja) 60 días (ostra)
Tamaño	0,6-3 mm (almejas) 0,6-5 mm (ostras)
Tanques	Bandejas o tambores (con fondo de malla) en tanques de capacidades mayores
Renovaciones	2-4 veces/día

La calidad del agua en el que se desarrollan es un factor de suma importancia.  
Tabla 9. Valores de los parámetros esenciales para el cultivo larvario y post-larvario de moluscos

Parámetros	Dorada/Lubina/Rodaballo
Tanques	Truncocónicos de 0,15- 5m <sup>3</sup> de capacidad Destete*: 2-5 m <sup>3</sup> .Redondos o rectangulares
Aireación	Ligera para mantener el zooplancton en suspensión
Temperatura	18-20 °C
Densidad	40-50 larvas/l Destete*: 15 kg/ m <sup>3</sup>
Esterilización	UV u O <sub>3</sub>
Filtración	1 μ Destete*: 40 μ
Fotoperiodo	Continuos y/o largos (16 h.luz: 8 oscuridad) Iluminación de 500-2.000 lux.
Nitritos y Amoniac	< 0,01 mg/l Destete*: < 2 ppm
Oxigenación	Mínimo 5 mg/litro
Renovación hídrica	0 (5-10 días); 5-10 % Tasa de renovación/hora Destete: 50% hora
Salinidad	30-38 ‰
Supervivencia	10-15 % Destete*:50-80 %
Tiempo de duración (días)	40-90 días Metamorfosis entre 15-60 días Destete*: 50-70 días después de la eclosión
Crecimiento (g.)	0,05 - 3

\* Destete: Cambio de dieta viva a inerte (pienso)

Tabla 10. Valores de los parámetros observados durante el cultivo larvario de especies de peces de interés comercial

Parámetros	Dorada/Lubina/Rodaballo
Tanques	2-5 m <sup>3</sup> .Redondos o rectangulares
Aireación	Varios puntos y continua
Temperatura	18-22 °C
Densidad	15 kg/ m <sup>3</sup>
Esterilización	No necesaria
Filtración	40 μ
Fotoperiodo	Natural
Nitritos y Amoniac	<0,01 mg/l. Destete: < 2 ppm
Oxigenación	> 5mg/litro
Renovación hídrica	50% h.
Salinidad	30-38 ‰
Supervivencia	80 %
Tiempo de duración (días)	50-70 días
Crecimiento (g.)	1-10

Tabla 11. Parámetros observados durante el pre-engorde de varias especies de peces de interés comercial

### 7.3. Instalaciones de engorde

El engorde de las diferentes especies acuícolas se lleva a cabo en las instalaciones de crianza, que engordan de los alevines obtenidos en las instalaciones de cría y preengorde hasta alcanzar la talla comercial. Estas instalaciones se pueden clasificar siguiendo un criterio de ubicación geográfica en:

- Instalaciones en tierra:
  - o Instalaciones de engorde de peces, moluscos y crustáceos
  - o Cultivos en estanques o esteros
- Instalaciones intermareales/esteros:
  - o Parques de cultivo de moluscos (ostra, almeja, etc.)
- Instalaciones en zona marina:
  - o Jaulas flotantes para peces (dorada, lubina, etc.)
  - o Jaulas sumergidas (lenguado, pulpo)
  - o Bateas (mejillón, ostra, etc.)
  - o Long-lines (mejillón, ostra etc.)

Como se ha comentado en el apartado anterior, el engorde de peces y moluscos también sería compatible en el entorno de un mar abierto (jaulas de peces, long-lines y bateas de moluscos). También sería factible el policultivo combinado de peces y moluscos en superficie y fondo.

#### 7.3.1. Instalaciones en tierra

##### Peces

En el Mediterráneo europeo se puede poner un ejemplo genérico de la producción de trucha en tanques o estanques de cemento.

Parámetros	Trucha ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )
Tanques/Estanques	Tanques de cemento o fibra para alevines/juveniles (3 x 1 x 0,5) Estanques rectangulares o circulares para adultos (10 x 2 x 2)
Crecimiento (g)	200 – 250 g talla comercial Reproductores hasta 500 g
Temperatura (°C)	De 7.2 a 17.0 °C para crecimiento (ideal 15°C) De 7.2 a 12.8 °C para reproducción e incubación Tolera hasta 25°C por periodos cortos
Salinidad	dulceacuicola
Oxígeno	6,5 – 9 ppm Puede sobrevivir en aguas con 3 mg/L
pH	6,5 – 8,5 Valores inferiores a 5 y superiores a 9.5 son letales
Amoniac	<1 (mg/l)
Densidad	0,2 – 12 g: 1.3 – 7.2 kg/m <sup>2</sup> 12 – 45 g: 8-10 kg/m <sup>2</sup> 45 – 250 g: 10 – 15 kg/m <sup>2</sup> Reproductores: 15-20 kg/m <sup>2</sup>

Tabla 12. Parámetros de producción de la trucha en instalaciones de tierra firme (Fte: Gurung T.B (2008))

### Crustáceos

Se utiliza como ejemplo el langostino (*Penaeus japonicus*). Las post-larvas se siembran en antiguas salinas de Cádiz, en las que el agua se renueva por compuerta de marea o en estanques excavados en marismas, en los que agua marina penetra por bombeo (Huelva). El tamaño de los estanques varía desde 0,2 - 6 Ha y su forma suele ser rectangular y fondo arcilloso. En los cultivos extensivos (sin aporte de alimentación externa) se suelen sembrar con 2 - 10 post-larvas/m<sup>2</sup> y en los semiintensivos (con alguna introducción de alimento) con 10 - 20 post-larvas/m<sup>2</sup>. Las producciones finales son muy variables, aún dentro del mismo tipo de cultivo, 100 - 400 kg/Ha en extensivo y de 1.600 - 2.800 kg/Ha en el semiintensivo.

### Moluscos

La especie que se utiliza aquí como ejemplo es la almeja (*Ruditapes philippinarum*) y la ostrarizada (*Crassostrea gigas*). Su etapa de engorde se realiza en zonas intermareales (parques), y se realiza el cultivo directamente sobre el fondo o empleando bolsas o redes que cubren las semillas.

En esta fase es necesario preparar el terreno al inicio del engorde para facilitar el enterramiento de los individuos, la limpieza frecuente de las mallas que constituyen los cercados o bolsas para eliminar los organismos epibiontes y facilitar la circulación del agua. La densidad de cultivo depende de la producción primaria de la zona cercana a la instalación, oscilando desde 8 - 1.000 individuos/m<sup>2</sup> en medios cerrados y 200 individuos/m<sup>2</sup> en medios propios de cultivo.

Al final de esta etapa que tiene una duración de unos 8-12 meses, se obtienen almejas de 35-45 mm (25 g) de talla comercial.

#### 7.3.2. Producción en zonas intermareales

El engorde en esta fase se realiza en parques o viveros o sobre fondo. En el caso de la ostra, las semillas de 5 - 8 mm se despegan de los colectores y se trasladan a estos parques sobre fondo o "pochones". En estos últimos, las semillas de ostra se colocan en bolsas plásticas. Cuando alcanzan los 5 cm se extraen de las bolsas para dejar las ostras en bandejas o pegadas en cuerdas hasta alcanzar la talla comercial de 8 - 10 cm.

#### 7.3.3. Instalaciones marinas

##### Jaulas flotantes

La piscicultura en general ha experimentado un fuerte desarrollo, y en particular la dedicada a engordar en estructuras flotantes. Existen una gran variedad de jaulas tanto por su tamaño como por sus formas. Pueden ser fijas, flotantes, sumergidas, etc.

Dependiendo de la forma del cultivo se puede diferenciar tres tipos de cultivos: extensivos, semiintensivos e intensivos. Sin embargo en la actualidad, los cultivos intensivos son los más utilizados, soportando elevadísimas densidades de producción y mediante un control adecuado de la alimentación y un correcto manejo de la instalación pueden obtener grandes producciones.

Las bateas son un sistema de 6 flotadores que soporta un emparrillado de madera (habitualmente eucalipto) del que cuelgan las cuerdas que sostiene los mejillones (la superficie máxima es de 550 m<sup>2</sup>) En el Delta del Ebro están ancladas al fondo por unas vigas de fibrocemento que sostienen el emparrillado de madera. Las cuerdas llevan atravesados, a intervalos de 20 - 30 cm, una serie de palillos de plástico que facilitan la adherencia y producción del mejillón. El número máximo autorizado depende de la bahía (Alfacs y Fangar) son 500 cuerdas con una longitud máxima de 12 m. y en el Delta del Ebro (Tarragona) oscilan entre 2.5 m y 3.5 m. para así racionalizar la producción y la calidad del producto.

El proceso productivo del mejillón, se divide en varias etapas: obtención de semilla en el medio natural, encordado de la misma, desdoble y cosecha. La duración del mismo es de 12 - 14 meses en Galicia. En el Delta del Ebro y Comunidad Valenciana se reduce a 9 - 12 meses por demanda de mercado y ciclo productivo. Habitualmente se siembra en septiembre y se comienza la cosecha en mayo.

##### Long-lines

El sistema de cultivo en long-line consta de un cabo principal con flotadores, anclado por sus extremos y en otros puntos al fondo del mar. De esta línea principal cuelgan las cuerdas para el cultivo. La flotabilidad de Long-Line es fácilmente adaptable a las necesidades del momento de producción.

El *long-line* es una estructura flotante de forma trapezoidal que consiste en un cabo de polipropileno o nylon de 12 a 16 mm de diámetro y de 100 a 600 m de longitud. Este cabo se llama línea principal (matriz), se encuentra anclada al fondo en los extremos con dos bloques de hasta 25 t cada uno, con el fin de que la línea principal de cultivo no se mueva con la corriente. La línea principal o matriz se encuentra suspendida entre 3 y 5 m de profundidad mediante boyas superficiales y sumergidas. De ella se desprenden líneas secundarias que mantienen las artes de cultivo (colectores, cestas y linternas) en la columna de agua. En la parte inferior de cada arte de cultivo se instalan pesos para que éstas no se enreden y se mantengan siempre suspendidas.

El cultivo en *long-line* se utiliza solamente en el Mediterráneo occidental aprovechando los arrecifes artificiales que fueron previamente instalados en estas zonas.

Se distinguen los siguientes tipos de long-lines:

- Aguas protegidas
- Superficie, boya doble
- Superficie, boya simple
- Semisumergido
- Aguas expuestas
- Semisumergido, de boya simple
- Sumergido, de boya simple

#### 7.4. Acuicultura multitrófica integrada (IMTA)

La Acuicultura multitrófica integrada (IMTA) se define como la combinación de diferentes cultivos marinos empleando especies de distintos grupos taxonómicos en un mismo sistema físico o instalación, con el fin de mejorar la calidad ambiental del medio y el aprovechamiento de los recursos del sistema.

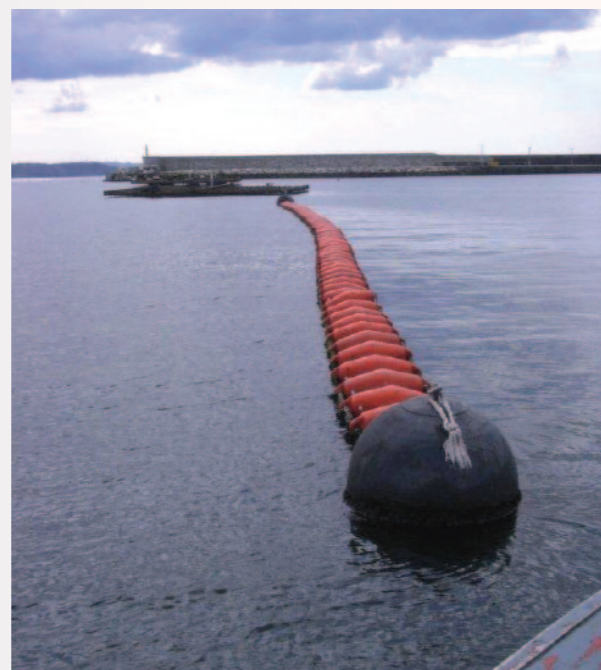
El concepto multitrófica se refiere a la incorporación de especies de diferentes niveles nutricionales en el mismo sistema (Chopin, 2006). Esta es una característica diferencial del policultivo acuático, donde se cultivan diferentes especies de peces del mismo nivel trófico.

En los sistemas IMTA, los subproductos (desechos) de la cría de unas especies sirven como insumos (fertilizantes, alimento) para otras. En estos sistemas se combina el cultivo de especies que requieren la aportación de alimento (peces, crustáceos) con la acuicultura de extractores inorgánicos (algas marinas) y orgánicos (moluscos), consiguiendo así un ecosistema balanceado que produce beneficios mutuos para las especies co-cultivadas, favoreciendo criterios de sostenibilidad ambiental (biomitigación), estabilidad económica (diversificación de los productos y reducción de riesgos) y aceptación social (mejores prácticas de manejo: Chopin *et al.*, 2001).

Idealmente, los procesos biológicos y químicos de un sistema IMTA están en equilibrio, si se realiza una adecuada selección y proporción de las diferentes especies del cultivo combinado, que asumen diferentes funciones en el ecosistema.

##### 7.4.1. Sistemas IMTA

El concepto IMTA es muy flexible. Los sistemas IMTA pueden ubicarse en tierra o en mar abierto, en sistemas marinos o de agua dulce, y pueden comprender diversas combinaciones de especies (i.e., peces-algas-moluscos, moluscos-crustáceos, etc.) (Troell *et al.*, 2003). Lo importante es seleccionar los organismos considerando las funciones que desarrollan en el ecosistema, su valor económico y/o potencial aceptación por los consumidores.



Fotografía 7. Detalle de una batea y long-line (de doble boya) en superficie (aguas protegidas)

© Francisco J. Espinós

#### Sistemas IMTA como método de sostenibilidad

Estos sistemas promueven la sostenibilidad económica y ambiental, mediante la conversión de los nutrientes sólidos y solubles de los organismos y su alimento (cultivo intensivo de crustáceos y peces), en cosechas para los organismos extractores (algas y moluscos), reduciendo el potencial de eutrofización e incrementando la diversificación económica. Si se selecciona y ubica apropiadamente, las especies co-cultivadas pueden acelerar su crecimiento mediante la asimilación de los nutrientes extras, suministrados por las especies que se cultivan mediante la introducción de alimento.

El sistema IMTA permite al productor diversificar, sin la necesidad de nuevas ubicaciones. Los resultados iniciales sugieren que el reciclaje de desechos de un cultivo, como alimento para otros, puede incrementar las ganancias de un sistema IMTA. El análisis del sistema IMTA nos indica que puede reducir los riesgos financieros debido a riesgos asociados al clima, enfermedades y fluctuaciones de mercado (Ridler *et al.*, 2007).

#### Sistemas IMTA, salubridad del alimento y calidad

Un posible motivo de preocupación con los desechos de una especie, si no son consumidos por otra, es que son fuente potencial de contaminación. A fecha de hoy esto no parece ser un problema para los sistemas IMTA. Un ejemplo de seguimiento es el que se viene realizando desde el año 2001 en la bahía de Fundy (Canadá), sobre poblaciones de mejillones criados en zonas adyacentes a jaulas de salmón, en los que el análisis de contaminación por medicamentos, metales pesados, arsénico, PCB's y pesticidas ha demostrado concentraciones no son detectables o inferiores a los límites establecidos por diversas agencias (Canadian Food Inspection Agency, USA Food and Drug Administration, Directivas de la Comunidad Europea). Pruebas de sabor realizadas sobre estos mejillones han indicado que éstos están libres de olor a pescado y otros sabores, con parámetros similares a los observados por evaluadores en mejillón salvaje. Sin embargo su producción de carne es significativamente más elevada, reflejando el incremento de la disponibilidad de alimento y energía (Haya *et al.*, 2004).

#### 7.5. Recomendaciones

- Es recomendable la producción conjunta de peces y moluscos en una misma instalación, con el aprovechamiento de las aguas resultantes de la producción de peces para el engorde de semilla de moluscos
- Las bateas siguen siendo una opción muy buena en zonas protegidas (ensenadas, bahías, rías, etc.)
- Los long-lines son una alternativa sostenible, económica y de impacto visual muy reducido
- La acuicultura multitrófica integrada es una buena opción para proporcionar beneficios ambientales y económicos, con una producción plural de especies compatibles entre sí

## **8. Diversificación y sostenibilidad en la nutrición acuícola**

### **8.1. Introducción**

La producción acuícola mundial, está aumentando en proporciones importantes durante los últimos años, especialmente con el desarrollo de prácticas semiintensivas en países de Asia y África. La nutrición juega en este rol, un importante papel desde el punto de vista del estudio de requerimientos nutritivos de cada especie, disponibilidad de materias primas y preservación del medio ambiente.

Ante los retos a los que se enfrenta la acuicultura mediterránea en Europa, es necesario luchar por la búsqueda de la sostenibilidad, la tecnología, la diversificación y la rentabilidad. La competencia de países con menores costes de producción y de otras especies con escaso desarrollo en Europa, las cada vez más estrictas exigencias de calidad y trazabilidad por parte del consumidor, la volatilidad en los precios de las materias primas y alimentos o los severos requerimientos de las legislaciones en Europa en cuanto a calidad, sanidad, y medio ambiente, dificultan cada vez más la estabilización de esta actividad.

El desarrollo y diversificación de la acuicultura debería considerarse como un equilibrio entre los principales factores que sobre ella influyen: reproducción, nuevas especies, medio ambiente, patología, genética, manejo... y por su puesto la nutrición.

Para la rentabilidad de una instalación acuícola se necesita una dieta y una pauta para su aplicación (Zamora, 2006), se ha trabajado mucho en estudios nutricionales desde los años 70, y en especial en la última década, sin embargo los avances son diferentes dependiendo de la especie piscícola de la que se trate.

La alimentación de las fases larvarias en acuicultura, supone un importante obstáculo para el desarrollo de la misma. Hasta el momento es necesario disponer en la mayoría de los casos de instalaciones auxiliares de cultivos paralelos tanto de zooplancton (artemia y rotífero) como fitoplancton (microalgas principalmente) para alimentar a las larvas con la complejidad de cumplir por esta vía los requisitos nutricionales de cada especie en particular (Zamora, 2006). Además, el zooplancton utilizado es preciso que sea suplementado con ácidos grasos esenciales, ya que son deficientes en la artemia y rotífero. El desarrollo de dietas secas microparticuladas que contuviesen estos requerimientos, supondría un gran avance para la acuicultura. Se han llevado a cabo ensayos con dietas inertes con hidrolizados proteicos, probióticos y ácidos grasos esenciales. Esta microdietas deben de reunir una serie de características: color vivo para que atraiga las larvas, alta flotabilidad, alta estabilidad en el agua y están compuestas por elementos fácilmente digeribles (dado el poco desarrollo del digestivo de las larvas). Los resultados ha sido variables, en algunos casos las microdietas son aceptadas relativamente bien por las larvas, en otros casos es imprescindible un periodo de co-alimentación con presas vivas.

### 8.2. Problemática actual de las materias primas

El desarrollo de la acuicultura intensiva a nivel mundial, se encuentra condicionado a la disponibilidad de materias primas para la alimentación de las especies criadas. La harina y el aceite de pescado son las principales materias primas utilizadas como fuente de proteína y energía, respectivamente, en alimentos para peces, sobre todo para la cría intensiva de especies carnívoras.

Las harinas de pescado de alta calidad son, sin duda, la mejor fuente proteica para los peces cultivados, gracias a su alta digestibilidad y a que su composición aminoacídica es muy próxima al perfil de necesidades de la mayoría de las especies (Cowey, 1994). Este hecho ha determinado que, paralelamente al desarrollo de la piscicultura intensiva, se haya disparado la demanda de harina de pescado, ya que, en ocasiones, representa hasta un 60 % del total de las fórmulas para piensos de peces. Como consecuencia, existe la posibilidad de que la oferta de harinas de pescado a nivel mundial no siga el mismo ritmo que su demanda para la nutrición ganadera y sobre todo piscícola y, por ello, que peligren las garantías de su suministro (Pike, 1998). Entre tanto, su precio se ha encarecido de tal forma que la sustitución total o parcial de la harina de pescado por otras materias primas proteicas se ha convertido en objetivo prioritario de la investigación de nutrición y formulación en acuicultura.

Los mayores fabricantes de harina de pescado son Perú y Chile, que aportan algo más de la mitad de la producción mundial (IFFO, 2005). Las previsiones para años venideros sobre la demanda de harinas de pescado para acuicultura van en aumento, lo cual hace necesario encontrar alternativas diversas, sostenibles, disponibles y de calidad (FAO, 2009).

Como alternativas a la harina de pescado, se está probando el uso de proteína vegetal, como la procedente de harinas de soja, guisante, altramuza, colza, arroz, habas, macroalgas marinas o girasol, así como de gluten de maíz o trigo (de la Gándara, 2006). Estas materias primas tienen un precio más asequible por su mayor disponibilidad; sin embargo, pueden contener factores antinutricionales y no aportar suficientes minerales, energía y aminoácidos esenciales para garantizar la correcta nutrición de los peces cultivados. Además, la digestibilidad de estas materias primas en muchas ocasiones es insuficiente para el aparato digestivo de los peces, siendo necesario o bien limitar su inclusión, o bien aumentar la digestibilidad mediante procesos de hidrólisis ácida o enzimática.

Por otra parte, también se ha estudiado el uso de otras proteínas de origen animal, como las de harinas de carne, hemoderivados e hidrolizados proteicos. A diferencia de los vegetales, estas materias primas suponen una fuente de energía, vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales muy buena y no contienen factores antinutricionales. Sin embargo en el caso de las harinas de carne, tras la aparición de casos de encefalopatías espongiiformes en Europa, se prohibió su uso para la fabricación de casi todos los piensos compuestos para evitar problemas y riesgos sanitarios (Reglamento Europeo 1774/2002), bien es cierto que en los últimos años están aparecien-

do informaciones, cada vez más fundadas sobre la autorización de proteínas animales transformadas (PAT) en acuicultura, lo cual otorgaría una nueva herramienta para lograr el objetivo de la acuicultura sostenible.

Además, como pieza clave que busca la sostenibilidad de la acuicultura, deberían cobrar especial importancia el aprovechamiento de todos aquellos subproductos de la industria agroalimentaria que por sus propiedades nutricionales y disponibilidad, pudiera suponer una alternativa a las materias primas tradicionales.

Finalmente, dentro de todo este contexto de alternativas y posibilidades, no hay que olvidar que jugamos en un sector donde la variabilidad de los precios de una gran parte de las materias primas (harinas, cereales y aceites especialmente) es enorme, entorpeciendo de sobre manera la estabilización del negocio, tanto del productor del alimento como del piscicultor. La especulación, la disponibilidad, los estrictos controles de calidad y la exigente legislación, son cuatro factores que interfieren muy directamente en esta volatilidad de mercados y precios.

### 8.3. Requerimientos nutricionales de los peces de acuicultura

La nutrición de peces es un área de investigación con un desarrollo importante, máximo si se tiene en cuenta que el alimento y los costos de alimentación constituyen la fracción más significativa dentro de los costos de operación de una explotación acuícola. El desarrollo de un alimento para acuicultura requiere como mínimo un entendimiento básico de la nutrición y una definición y conocimiento de los requerimientos nutricionales de la especie criada.

Todas las especies animales tienen un requerimiento propio de proteína, energía (lípidos, carbohidratos), vitaminas y minerales en sus dietas. El tipo y la cantidad de cada uno de estos nutrientes varían no solamente entre las especies, sino que, dependiendo de las edades, función productiva y condiciones ambientales, estos requerimientos exigen un tratamiento especial.

Además, el valor nutricional de un alimento no está basado solamente en su composición química sino también en la habilidad de los peces para digerirlo y absorberlo. Por lo tanto, el conocimiento de la digestibilidad de los nutrientes es esencial para el diseño de dietas prácticas.



**Fotografía 8.** Detalle de algunas de las materias primas utilizadas para la fabricación de alimentos para peces de acuicultura © Grupo Dibaq

Por otra parte, la legislación actual en materia de nutrición animal, es tremendamente exigente desde las últimas crisis alimentarias de años pasados y entorpece ligeramente la consecución de unos objetivos que parecen claros, y eso sí, cada vez más cercanos. El control sobre el nitrógeno y fósforo ambiental que aportan las dietas, la digestibilidad, el etiquetado y la trazabilidad integral son algunos ejemplos.

Con todo esto queda claro, que el conocimiento de los requerimientos nutricionales de los peces de acuicultura no es sencillo y conlleva estar soportado por complejas investigaciones y aproximaciones al respecto. Como ya se ha comentado, existen un gran número de proyectos de investigación y estudios al respecto, pero aún hace falta una mayor profundidad y conocimiento en los mismos.

### 8.3.1. Proteína

Las necesidades de proteína, componente aproximadamente del 70% en base seca de la materia orgánica y fundamental para el crecimiento de los peces está influenciada por factores biológicos como: el tamaño del pez, la función fisiológica, densidad de siembra, tipo de alimento y factores nutricionales como la calidad y la digestibilidad de la misma, el nivel de energía en la dieta y cantidad de alimento a suministrar.

Generalmente el alimento de preengorde o primeras edades, tiene unos porcentajes de proteína mayor y a su vez de mayor calidad y digestibilidad.

Conocer el perfil de aminoácidos de cada especie se plantea como uno de los grandes retos en nutrición piscícola. Gran parte de los estudios realizados hasta el momento, muestran que sus requerimientos son muy parecidos entre todas las especies en la suma total de ellos, sin embargo aparecen diferencias significativas entre especies (especialmente de agua dulce y salada) cuando se tratan de forma individual (Luquet, 1989).

### 8.3.2. Lípidos

Los lípidos son la fuente de energía más concentrada y disponible dentro de los nutrientes. En los alimentos para peces, mejora la palatabilidad, la textura y estabilidad de los mismos. Además, son importantes como fuente de ácidos grasos esenciales, para un crecimiento normal, supervivencia de los peces y desarrollo normal de sus funciones vitales. También se vuelven indispensables para actuar como vehículos de vitaminas liposolubles y especialmente los fosfolípidos ejercen un papel importante sobre las membranas, así como función hormonal y enzimática.

En el caso del conocimiento de los requerimientos de los ácidos grasos que conforman la dieta, ocurre algo parecido a los aminoácidos y proteínas. Los ácidos grasos que más influyen sobre las especies acuícolas en todas sus fases productivas son los de las series omega 3 ó ácido linoléico, y omega 6 ó ácido linolénico. Los requerimientos de estos ácidos varían dependiendo de si se trata de especies de marina o dulces y dentro de este grupo si son agua fría o caliente.

### 8.3.3. Carbohidratos

Los carbohidratos son considerados la forma más barata de energía de una dieta. Sin embargo, constituyen el grupo de nutrientes más controvertido dentro de la alimentación de los peces, considerando que estos no presentan síntomas de deficiencia al estar ausentes en una dieta. Esta situación permite afirmar que los requerimientos de carbohidratos por parte de las especies acuícolas son prácticamente nulos.

Mientras que los peces carnívoros presentan muy poca o ninguna habilidad para la asimilación de los carbohidratos, los peces herbívoros, omnívoros y planctófagos, que sintetizan en su tracto digestivo las enzimas amilasa y celulasa, fácilmente hidrolizan los carbohidratos.

### 8.3.4. Energía

La formulación de las dietas de peces se diseña atendiendo a las exigencias energéticas de cada especie y especialmente a la relación energía/proteína. Los peces, como todas las especies requieren energía para su crecimiento, desarrollo y reproducción. En general, con una relación de 9 kcal/g de proteína tendrían suficiente para desarrollar sus funciones y asegurar un óptimo crecimiento. La velocidad en la cual se lleva a cabo la utilización de la energía está influenciada por la temperatura, la especie, la edad, el tamaño, la actividad, la condición fisiológica, las funciones del cuerpo y variaciones químicas del agua como oxígeno, pH, temperatura y salinidad.

Los peces, como el resto de animales, utilizan las diferentes fuentes de energía de una manera particular para su especie. Así, los peces de aguas frías utilizan muy bien las proteínas y los lípidos como fuentes de energía, y pobremente los carbohidratos; sin embargo, los peces de aguas cálidas utilizan los carbohidratos relativamente bien para este mismo fin.

Ni las deficiencias, ni los excesos de energía en la dieta tendrán mayores efectos en la salud del pez. Sin embargo, cuando una dieta es deficiente en energía, en relación con la proteína, una cantidad proporcional de la proteína de la dieta, será utilizada como energía en lugar de ser utilizada en la formación de tejidos y crecimiento. En el caso de una dieta que contenga exceso de energía, el pez se sentirá saciado antes de consumir la cantidad necesaria de alimento para un óptimo crecimiento.

### 8.3.5. Vitaminas y minerales

Las vitaminas son un grupo heterogéneo de compuestos orgánicos requeridos en cantidades muy pequeñas y al no ser sintetizadas por los organismos, deben ser suministradas en las raciones de consumo diario. Participan en los estímulos del apetito y, por ende, dan una respuesta positiva en el crecimiento, además de estimular las defensas.

Los rangos de requerimiento de las vitaminas en las diferentes especies acuícolas, son muy amplios debido al desconocimiento que existe en muchas de ellas, a excepción de la vitamina C y E, sobre las que, debido a su importancia, existen más estudios.



En el caso de los minerales, al igual que las vitaminas, no son sintetizados por el organismo y se requieren diariamente en muy pequeñas cantidades. Son constituyentes esenciales de huesos y tejidos blandos. Adicionalmente, son utilizados por los peces para el balance osmótico, esenciales en la transmisión de impulsos nerviosos y el equilibrio ácido-base corporal.

Tanto las vitaminas como los minerales deben suplementarse en las dietas para sistemas de producción altamente competitivos.

#### 8.4. Caso práctico: Evaluación nutricional y medio ambiental de un descenso de los niveles de proteína en el alimento de engorde para dorada (*Sparus aurata*) en una instalación marina situada en Mar Mediterráneo

La escasez de harinas de pescado y la volatilidad de su mercado, ha hecho plantearse al sector acuícola en general y a los especialistas en nutrición animal en particular la necesidad de buscar materias primas alternativas. Compararse con esta materia prima es una misión difícil para el resto de componentes potencialmente utilizables en un alimento para peces de acuicultura. Esta actividad, cuyo objetivo fundamental es la producción de pescado sano, fresco, rápido y de calidad, encuentra en la alimentación el principal coste para su desarrollo. Por lo tanto, cualquier pequeña modificación sobre la misma puede tener grandes consecuencias en la cuenta de resultados.

En los últimos años se tiene la certeza de haber sobrealimentado a los peces con niveles de proteína superiores a sus necesidades biológicas, fisiológicas y nutricionales.

En esta experiencia se sustituyó parcialmente la fuente de proteína animal por materias primas vegetales digeribles, siendo la harina de pescado de la fórmula de mayor calidad. Se hicieron varias experiencias reduciendo el perfil de proteína y grasa hasta en 5 y 3 unidades respectivamente, suponiendo un descenso en el coste para el piscicultor.

Los resultados productivos arrojaron un mantenimiento de los crecimientos y conversiones, incluso mejores en épocas de mayor temperatura así como un descenso de mortalidad en los

momentos de mayor tasa de alimentación.

Esta experiencia demuestra que la cantidad de proteína no es proporcional a la calidad del alimento y sí la calidad y digestibilidad de dicha proteína. Además esta afirmación tiene un gran componente, no solo nutricional, sino económico, sostenible y medioambiental.

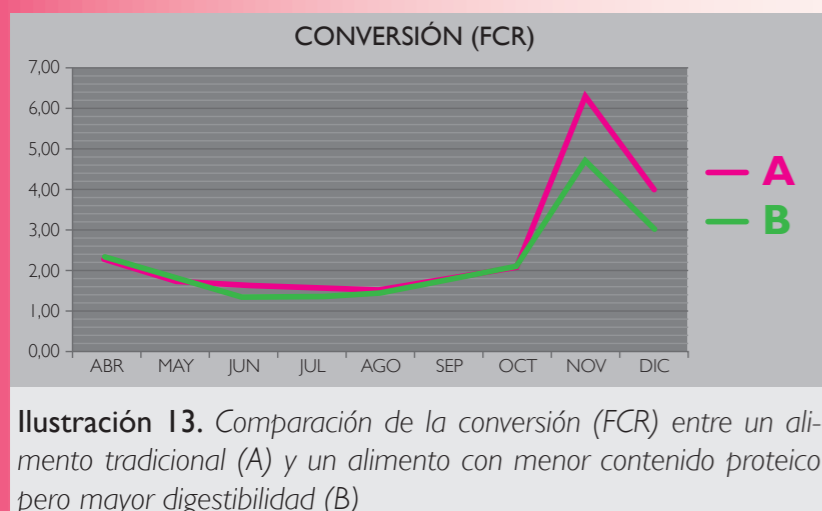


Ilustración 13. Comparación de la conversión (FCR) entre un alimento tradicional (A) y un alimento con menor contenido proteico pero mayor digestibilidad (B)

REFERENCIA: Experiencia desarrollada bajo el marco del Proyecto CENIT ACUISOST, "Hacia una Acuicultura Sostenible" 2007-2010, promovido por el Ministerio de Ciencia y Tecnología" a través del programa Ingenio 2010 del CDTI.

#### 8.5. Recomendaciones

El desarrollo y diversificación de la acuicultura debería considerarse como un equilibrio entre los principales factores que sobre ella influyen: reproducción, nuevas especies, medio ambiente, patología, genética, manejo... y por su puesto la nutrición.

Deberían cobrar especial importancia el aprovechamiento de todos aquellos subproductos de la industria agroalimentaria que por sus propiedades nutricionales y disponibilidad, pudiera suponer una alternativa a las materias primas tradicionales

El conocimiento de los requerimientos nutricionales de los peces de acuicultura no es sencillo y precisa complejos estudios e investigaciones al respecto.

En cuanto a la proteína es necesario conocer el perfil de aminoácidos de cada especie, siendo este uno de los grandes retos de la nutrición piscícola.

Es recomendable prestar especial atención a los ácidos grasos que más influyen en las especies acuícolas en todas sus fases productivas, y muy especialmente a las series omega 3 ó ácido linoléico, y omega 6 ó ácido linolénico, pues sus propiedades nutricionales y funcionales, son la principal seña de identidad del pescado de calidad.

Las dietas de peces, la formulación se diseña atendiendo las exigencias energéticas de cada especie y especialmente a la relación energía/proteína, cuando una dieta es deficiente en energía, en relación con la proteína, una cantidad proporcional de la proteína de la dieta, será utilizada como energía en lugar de ser utilizada en la formación de tejidos y crecimiento

Los minerales, al igual que las vitaminas, no son sintetizados por el organismo y se requieren diariamente en muy pequeñas cantidades. Su estudio no está muy extendido, por lo que serán necesarias investigaciones al respecto. No obstante, mantener unos niveles recomendables y sobre todo no exceder los límites máximos de la bibliografía, es altamente recomendable para asegurarse un correcto aprovechamiento del resto de nutrientes.

## **9. Diversificación de productos**

### **9.1. Antecedentes: la diversificación en la planificación previa**

Es necesaria la planificación previa de la explotación acuícola en función de los productos que se quieran obtener. Así, no es lo mismo dedicar una explotación a la obtención exclusiva de carne de pescado que a la obtención de huevos (caviar de esturión). La instalación debe ser diseñada para el adecuado manejo de las diferentes fases de desarrollo en función de sus requerimientos de espacio, caudales, temperatura, fase lumínica, etc.

Asimismo, las necesidades de manipulación del producto final (si es o no procesado en la misma planta) también incidirán en la planificación de la crianza y su despesque.

Para llegar al consumidor es preciso presentar productos atractivos por su calidad, facilidad de conservación y de preparación. En esta línea se viene trabajando en los últimos años para dar mayor vida útil al producto, garantizar su calidad y facilitar su consumo.

### **9.2. Alargamiento de la vida del producto**

Para poder ofrecer nuevos productos más elaborados, más complejos, más atractivos, primero hay que salvar el reto de la conservación de los mismos.

El periodo de conservación del pescado fresco refrigerado<sup>5</sup> es limitado y no va más allá de unos días. El deterioro de los productos de la acuicultura se inicia inmediatamente después de la muerte del animal debido al desarrollo de diferentes tipos de microorganismos, como bacterias, mohos y levaduras y a las reacciones químicas y enzimáticas de degradación, con implicaciones económicas directas evidentes, tanto para los fabricantes como para distribuidores y consumidores. Los microorganismos son responsables de importantes pérdidas entre los alimentos producidos en el mundo, suponiendo tanto una importante pérdida económica y de recursos, como un evidente riesgo para la salud (FAO 1997).

Todos estos procesos de deterioro tienen una gran influencia de la temperatura, de modo que la conservación en condiciones óptimas de los productos de la acuicultura requiere, normalmente, un control riguroso de la temperatura de almacenamiento.

El músculo del pescado se contamina fácilmente durante la evisceración y fileteado por los microorganismos procedentes de las branquias, los intestinos y la piel. Unas adecuadas prácticas higiénicas en la elaboración de estos productos contribuirán a mantenerlos útiles.

Además, las reacciones metabólicas de algunas bacterias generan trimetilamina y compuestos azufrados causantes de mal olor; y otras sustancias perjudiciales para la salud como la histamina que puede causar alergias alimentarias (García *et al.*, 2006).

---

<sup>5</sup> La refrigeración consiste en bajar la temperatura de los productos hasta aproximarla a la fusión del hielo.

Por otro lado, las reacciones enzimáticas que provocan el reblandecimiento de la textura de la carne y la aparición de olores y sabores indeseables también afectan a la vida de los productos de acuicultura. Asimismo, especialmente en pescados azules (con alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados) se producen procesos de oxidación lipídica que dan lugar a sabores y olores a rancio.

Una de las ventajas del producto de acuicultura es la rapidez con que puede plantearse su puesta en el mercado, pudiéndose mantener fresco, lo que le permite mantener una alta seguridad de higiene y un mejor precio. No obstante, el alargamiento de la vida del producto una vez adquirido es el caballo de batalla sobre el que se desarrolla una ingente investigación con el fin de animar al público al consumo de productos de fácil manejo y conservación.

En este terreno se desarrolla la utilización de atmósferas protectoras. Los sistemas más básicos de atmósferas protectoras son los denominados "de vacío", que inhiben el desarrollo de microorganismos aerobios y las reacciones de oxidación a causa de la pequeña proporción de oxígeno que queda atrapada en el envase. Además, no se producen las indeseables quemaduras por frío, ni se forman cristales de hielo, ni se deshidrata la superficie de los productos así tratados.

El empleo de atmósferas modificadas<sup>6</sup> como método de envasado y conservación de los alimentos se ha revelado como una tecnología muy útil para incrementar su vida comercial, pues en alimentos de corta vida, como el pescado, se puede prolongar la vida útil en 4 - 5 días, lo que puede suponer mejorar la competitividad de los productos (Beltrán 2001).

El envasado en atmósferas modificadas consiste básicamente en la modificación de la composición de la atmósfera que rodea un producto tras la introducción de ésta en un envase impermeable a los gases.

El efecto conservador de las atmósferas modificadas se basa en la acción del CO<sub>2</sub> (anhídrido carbónico), que actúa como inhibidor del crecimiento y metabolismo microbiano (Beltrán 2001). La inhibición se puede decir que es específica de la flora aerobia, típica del pescado conservado en refrigeración. La concentración de CO<sub>2</sub> debe ser superior al 25 % y puede alcanzar un máximo del 50-60%, a la cual se alcanza el máximo efecto inhibitorio del crecimiento microbiano, teniendo, por otra parte, concentraciones más altas del 50% puede provocar el colapso del envase, y producir exudado y modificaciones de la textura del músculo. La incorporación de nitrógeno impide las deformaciones y el citado colapso del envase causados por la disolución del CO<sub>2</sub> en los tejidos del alimento. Las combinaciones más utilizadas son 40 % CO<sub>2</sub>: 30 % N<sub>2</sub>: 30 % O<sub>2</sub> para pescado blanco y 60 % CO<sub>2</sub>: 40 % N<sub>2</sub> en pescado azul (García et al. 2006). Algunos productos experimentan cambios de color y sabor cuando se exponen a altas concentraciones de CO<sub>2</sub>. Respecto al oxígeno, es apropiado incluir una pequeña proporción del mismo en los envases con el fin de inhibir el crecimiento de microorganismos anaerobios como *Clostridium botulinum* (García et al.

2006). Si bien los gases más utilizados en las mezclas para el envasado de pescado son, como se ha visto, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>, se ha estudiado también la utilización de gases nobles como el argón (Ar) como sustituto del nitrógeno (Beltrán 2001).

En relación con los materiales utilizados en el envasado en atmósfera protectora de los productos de la acuicultura, deben tratarse de materiales resistentes a la difusión de gases y a la perforación mecánica que puede ocurrir por la presencia de espinas o por las bajas temperaturas de congelación.

El empleo de atmósferas protectoras en el envasado de pescado tiene las siguientes ventajas (García et al., 2006):

- Se retrasa el deterioro de los alimentos, lo que incrementa su vida comercial, sin emplear aditivos
- Se evita la producción de trimetilamina e histamina
- Permite optimizar la gestión de almacenes, ya que el envasado hermético aísla los alimentos y permite almacenar distintos alimentos en el mismo recinto sin riesgo de transmisión de olores entre ellos o con el ambiente, manteniendo unas condiciones higiénicas óptimas
- La vida útil más larga permite reducir la frecuencia de reparto (con la consiguiente reducción de costes) y ampliar el alcance geográfico de la distribución
- Se reducen las pérdidas debidas a las devoluciones del producto. La reducción de los costes de producción y almacenamiento, en general, debido a que pueden gestionarse con más facilidad las puntas de trabajo, los espacios y los equipos
- Se mejora la presentación del alimento
- Se incorpora un valor añadido al producto ya que facilita la conservación y manejo del mismo

Pero también existen algunos inconvenientes (García et al., 2006):

- Se hace necesario el diseño de una atmósfera específica para las características del alimento
- Se precisa una importante inversión inicial en maquinaria de envasado y en sistemas de control
- Debe incorporarse a los presupuestos el coste de los materiales de envasado y de los gases utilizados (excepto en el envasado al vacío)
- El volumen de los paquetes (excepto en el envasado al vacío) es mayor, lo que implica un incremento de la necesidad de espacio para su almacenamiento, transporte y exposición
- El personal debe adquirir cualificación específica en las diferentes fases del proceso de envasado y control, y en particular para el manejo de la maquinaria
- Si se produce daño o rotura del envase se pierden todas las ventajas que aporta el envasado en atmósfera protectora
- Existe riesgo de proliferación de microorganismos en el alimento si se producen excesos en la temperatura de conservación, ya que debe mantenerse refrigerado
- En atmósferas modificadas con un alto contenido en dióxido de carbono pueden generarse problemas de colapso del envase, exudado, modificaciones de la textura, aparición de sabores ácidos y decoloración del músculo

<sup>6</sup> Tipo de atmósfera protectora utilizada con el pescado, como también el vacío y el vacío "segunda piel".

En relación con la diversificación de presentaciones del producto de acuicultura y el uso de nuevos modos de conservación como las atmósferas protectoras, se abre la posibilidad de vender diferentes partes del pescado (lomos, cocochas, etc.) ya limpias y envasadas, listas para ser cocinadas o, como se verá más adelante, incluso preparadas.

Otros procedimientos tradicionales de conservación y presentación de productos de la acuicultura son la salazón, el desecado, la presentación del producto seco-salado, el ahumado, la conserva y la semiconserva.

La mayor parte de estas presentaciones se desarrollaron para favorecer la conservación de los productos de la pesca extractiva cuando no se disponía del poder del frío como conservante y para compensar la marcada estacionalidad de muchos productos.

Así la salazón se aplicó históricamente a sardinas, anchoas y atunes; la técnica del seco-salado al bacalao proveniente de pesquerías lejanas, el ahumado a los pescados grasos en climas húmedos donde no era fácil el secado, y en tiempos modernos las conservas y semiconservas, que permitieron dar gran longevidad a los productos y alcanzar mercados lejanos con facilidad.

Aunque el producto de acuicultura no presenta en la actualidad estos problemas de conservación tan acuciantes, muchas de esas técnicas se han convertido en presentaciones de alta aceptación por el público, como los ahumados de salmón y esturión, las semiconservas de caviar, las salazones de atún (mojama), etc. Lo que eran modos de conservación se han convertido en modos de presentación que confieren un valor añadido importante a los productos, ampliando además las posibilidades de oferta de los mismos.

### 9.3. Productos procesados y elaborados

Ya se ha visto como una buena forma de incrementar el valor añadido de los productos es la diversificación de los mismos. En esta línea, se encuadra el procesado (preparación de filetes limpios) y la elaboración de preparados culinarios, como platos precocinados.

El tratamiento recibido por los alimentos determina su adscripción a una "gama":

- **Gama I (productos frescos):** Son alimentos no transformados que no han sufrido ningún tratamiento higienizante ni de conservación que se presentan al consumidor directamente sin más tratamiento conservador que la mera refrigeración. Son, en este caso (los productos de la acuicultura), alimentos muy perecederos y que precisan de extremar las condiciones de higiene
- **Gama II (conservas y semiconservas):** Para su conservación, estos alimentos han sido sometidos generalmente a un tratamiento térmico. En el caso de las semiconservas, necesitan además refrigeración
- **Gama III (congelados y ultracongelados):** Se conservan mediante la aplicación de frío extremo, siendo necesario para su mantenimiento la continuidad de la cadena de frío. Puede tratarse de productos en crudo o precocinados

- **Gama IV (productos procesados envasados al vacío o en atmósferas controladas):** son alimentos frescos limpios, recubiertos por un material plástico flexible, que en ocasiones precisan de la acción combinada de la refrigeración
- **Gama V:** platos de última generación preparados y envasados tras someterlos a procesos higienizantes que aseguran tanto su salubridad y seguridad de consumo como la textura y todas sus cualidades organolépticas originales. Su fácil y rápida regeneración para el consumo no precisa equipos ni formación especial. La oferta es amplísima e incluye desde platos cotidianos hasta sofisticados platos de alta cocina a precios asequibles que pueden ser utilizados tal cual o como parte de la llamada "cocina de ensamblaje" en la que se usan como base de otras preparaciones más creativas (Eroski Consumer 2008)

En un mercado cada vez más complejo, los productos manipulados y listos para cocinar así como los platos preparados son cada vez más solicitados por el consumidor. En otros países del entorno, la comercialización de productos de cuarta y quinta gama están ya muy extendidas, con calidades, en general, similares a las de los platos preparados en el momento, pero con la ventaja de no tenerlos que cocinar. En España, es un mercado que aún está por eclosionar.

Los alimentos de quinta gama son productos ya cocinados cuya caducidad es variable y depende de cómo se comercialicen, refrigerados o congelados. Para su consumo se requiere regenerarlos, es decir un calentamiento previo al consumo mediante horno, microondas o baño maría, sin necesidad de otro tipo de manipulación.

Estos nuevos productos se elaboran con materias primas de alta calidad y en diferentes tipos de envasado, tanto pasteurizados como esterilizados para alargar así, su fecha de caducidad sin añadir ningún tipo de conservante.

Una vez el producto está en el hogar o el restaurante, solo hay que retirar el envasado y personalizar de acuerdo al gusto del consumidor final. De acuerdo a estudios realizados, en la cadena desde su producción hasta su consumo no existen pérdidas de sabor ni aroma, manteniendo los nutrientes en su totalidad.

Los productos de quinta gama están teniendo una fuerte expansión en España, aproximándose a otros países en los que, este tipo de alimentos se encuentran completamente aceptados como son Reino Unido o Estados Unidos. Este proceso de consolidación se debe fundamentalmente a los cambios en las maneras de vivir (menor tiempo en casa, menor dedicación a las tareas domésticas en las familias, etc.) y a la mejora en la calidad y variedad de este tipo de productos. Los datos año tras año certifican el fuerte incremento del consumo de productos de quinta gama en España.

Respecto a la hostelería, cada vez son más los establecimientos que, para reducir los costes optan por ofrecer productos de quinta gama en sus menús manteniendo un adecuado nivel de calidad y reduciendo el gasto tanto en materia prima como en horas de cocina.

El sector hostelero se ha dado cuenta de la rentabilidad que supone disponer de las raciones exactas que necesitan sin correr el riesgo de que los alimentos que no vendan se estropeen ya que, en general, los productos de quinta gama tienen una larga caducidad y el riesgo de que no se consuman en ese tiempo es muy reducido. Igualmente son una buena solución para establecimientos que quieran ofrecer una carta diferente y de calidad pero no dispongan de las instalaciones de cocina adecuadas.

El desarrollo de esta gama de alimentos conlleva muchos años de investigación e innovación. Especialmente en el diseño de nueva maquinaria y nuevos envases para conseguir así productos finales con texturas apropiadas y de óptimo sabor sin olvidar la importancia del regenerado final en todo el proceso.

Los usos en hostelería son múltiples: sistema cook&chill aunque destacan como excepcionales para el catering y banqueting ya que este tipo de alimentos, permite su transporte de forma rápida, fácil y cómoda a cualquier lugar. De esta manera, se amplía considerablemente las posibilidades para las empresas de restauración a la vez que la materia prima tiene otra vía para su entrada en el mercado.

Las tendencias del mercado y su rápido crecimiento permiten ser optimistas respecto al futuro de estos productos por lo que es importante conocer y trabajar con estas nuevas técnicas. En resumen, puede afirmarse que la elaboración de productos de quinta gama permite a los potenciales compradores disponer de productos de temporada cuando no se esté en su época natural.

Lógicamente existe la obligatoriedad de disponer de sistemas de APPCC y trazabilidad (etiquetado, control de proveedores, control de riesgos, aguas, instalaciones, etc.) de los procesos de elaboración según la legislación vigente. Esto implica una inversión considerable en maquinarias y diseño de procesos. Sin embargo, los expertos coinciden en que las empresas que sea capaces de llegar al consumidor final en quinta gama, con un producto de calidad y a un precio competitivo tendrán muchas probabilidades de éxito.

#### 9.4. Las marcas (marcas colectivas, marcas de garantía)

Las marcas colectivas y marcas de garantía pueden ser un elemento de seguridad de calidad y responsabilidad del productor que fidelice al consumidor a una imagen de garantía, avalada por una entidad de prestigio. De este modo, la creación de marcas hace destacar comercialmente el producto y lo impulsa a un posicionamiento mejor en el mercado, estabilizándolo y, con frecuencia, mejorando su precio y su posición frente a otros existentes, evidentemente siempre que exista un fondo de calidad y garantía tras el producto, que es lo que se persigue con las figuras de la marca de garantía y de calidad.

Las marcas colectivas son marcas que amparan a grupos de productores, que ofrecen un producto con unas características comunes que lo identifican ante el consumidor como homo-

géneo en sus características. Hay que reseñar que la calidad diferenciadora no está implícita en la marca colectiva, debiendo ser un elemento que se adopte por la misma quedando reflejado en el reglamento de la marca su estándar y regulación. En esta línea hay que destacar iniciativas como la creación de marcas como “crianza del mar”, que ampara a doradas y lubinas de calidad diferenciada.

Las marcas de garantía son instrumentos de amparo a un potencialmente amplio número de marcas de productos variados de una familia (por ejemplo alimentarios) que velan por la excelencia de la calidad de los productos amparados. Estas marcas suelen ser propiedad de entes públicos que pretenden así fomentar producciones regionales, como es el caso de “Calidad Certificada” de Andalucía, entre otras. En estos casos el órgano supervisor del cumplimiento del reglamento (titular de la marca) es independiente de los productores asociados.

En esta línea también se encuentran marcas reguladas por normativa internacional como las Denominaciones de Origen Protegidas (DOPs) y las Indicaciones Geográficas Protegidas (IGPs). Pocos son aún los ejemplos en el campo de la acuicultura, pero ya existen ejemplos interesantes en la acuicultura extensiva en el ámbito geográfico de esta guía como la Tenca del *Pianalto di Poirino* (Italia).

Otros sistemas de certificación y diferenciación son los Sistemas de Gestión Integrados que establecen, describen, procesan y documentan los distintos métodos y formas de trabajo en todos los niveles productivos de una empresa. Entre las certificaciones más comunes, podemos encontrar la UNE-EN ISO 9001:2008 de calidad, UNE-EN ISO 14001:2004 de medio ambiente, la UNE-EN ISO 22000 de Seguridad Alimentaria y OHSAS 18001:2007 de seguridad y salud en el trabajo.

Además de estas certificaciones genéricas, existen normas de calidad específicas, como puede ser la UNE 173003:2008 de prácticas correctas de higiene en la producción de trucha, o la UNE 173201:2010 de Prácticas Correctas de Higiene en acuicultura marina.

La producción ecológica supone una importante vía de diferenciación de la producción, consiguiendo acceder a un nicho de mercado en continuo crecimiento. La producción ecológica se basa en unas buenas prácticas ambientales, un elevado nivel de biodiversidad, la preservación de recursos naturales, la aplicación de normas exigentes sobre bienestar animal y una producción conforme a las preferencias de determinados consumidores por productos obtenidos a partir de sustancias y procesos naturales. El Reglamento (CE) N° 66/201 relativo a la etiqueta ecológica de la UE. Los criterios de la etiqueta ecológica de la UE se basan en el comportamiento medioambiental teniendo en cuenta la totalidad del ciclo de vida de los productos, de acuerdo con los objetivos estratégicos de la Comunidad más recientes en el ámbito del medio ambiente. Cada Estado miembro designa el organismo u organismos competentes, dentro o fuera de los ministerios gubernamentales, para desempeñar los cometidos contemplados en el Reglamento y garantizar su operatividad.

### 9.5. Caso práctico: la marca colectiva “Crianza del Mar”.

En 2005 se crea la marca colectiva “Crianza del Mar”, amparando a las especies dorada y lubina procedentes de la acuicultura desarrollada en España.

Las razones para establecer esta marca de calidad se pueden resumir en las siguientes:

- Constituir un distintivo promocional de los productos de la acuicultura marina, con la consiguiente repercusión en las ventas
- Pretende ser un distintivo diferencial de la dorada y lubina procedente de instalaciones de acuicultura españolas frente a las de países terceros
- Con la implantación de la marca en la empresa, que implica cumplir con una serie de requisitos productivos, sanitarios y medio ambientales muy estrictos, se pueden lograr mejoras en los procesos de producción y comercialización del pescado
- La utilización de la marca implica un desarrollo de la acuicultura respetuosa con el medio ambiente y coherente con los compromisos del desarrollo sostenible

La afiliación a esta marca es voluntaria y no obligada a los productores, pero supone la adquisición de un compromiso de respeto de sus normas de calidad en los procesos productivos y de actitud medioambientalmente responsable que se consideran aspectos valorados por el consumidor y que, en definitiva, pretenden mejorar la posición comercial de los productores de la marca. Pero todo esto no pasaría de ser papel mojado si no se reflejase en un reglamento y sistema disciplinario que ampare el buen uso de la marca.

De entre las posibilidades legales para la protección de productos que merezcan ser diferenciados, las más adecuadas para este caso se encontraron en la Ley 17/2001, de 7 de diciembre, de Marcas, y en su Reglamento (Real decreto 687/2002, de 12 de julio, por el que se aprueba el reglamento para la ejecución de la Ley 17/2001, de 7 de diciembre, de Marcas). Las figuras que recoge esta Ley son: la marca (*sensu stricto*), la marca colectiva y la marca de garantía. De estas figuras se decidió elegir la Marca Colectiva por ser la que mejor se ajusta a las circunstancias particulares del sector de la acuicultura marina de dorada, lubina y rodaballo.

La Marca Colectiva es un medio para “distinguir en el mercado los productos o servicios de los miembros de una asociación titular de la marca de los productos o servicios de otras empresas” (art. 62.1). Este tipo de marcas debe registrarse por un reglamento de uso que, no obstante, no contempla necesariamente la certificación de características de calidad para los productos amparados.

### 9.6. Recomendaciones

- Continuar la investigación en mejores y más eficaces medios de conservación, manteniendo las propiedades organolépticas y nutritivas de los productos de la acuicultura
- Desarrollar los nuevos productos con la condición prevalente de “por una alimentación sana”
- Abundar en la creación de marcas de garantía (*sensu lato*) que optimicen la imagen del producto y su calidad
- Desarrollo e implantación de normas de calidad específicas para la acuicultura



## **10. Diversificación de mercados**

### **10.1. Introducción y antecedentes**

Cuando los productos de la acuicultura afrontan el mercado lo hacen desde la posición de ser un producto acuático más. Su situación de ventaja o desventaja competitiva tiene que ver más con sus características intrínsecas que con su origen de acuicultura, primando sus valores como alimento, disponibilidad o precio por encima de su origen acuícola.

Diversos son los estudios de mercado realizados<sup>7</sup> que señalan que los factores que más ponderan los consumidores a la hora de adquirir pescado son (1) aspecto (frescura aparente), (2) precio, (3) presentación, (4) especie, y (5) otras informaciones disponibles. El que el origen de un producto acuático sea la pesca ó la acuicultura, pasa a ocupar el 6º lugar de importancia, por lo que no es un factor relevante en las decisiones de compra de los consumidores.

Las ventajas que debe aportar un producto de acuicultura deben responder de forma adecuada a esas preferencias. La realización de detallados estudios de mercado es esencial para abordar con un mínimo de garantías la diversificación de mercados. Aun así, la apertura de nuevos mercados es un proceso lento en el que sólo se obtienen resultados a medio plazo.

Al tratarse la acuicultura de una actividad productiva en gran medida controlada, ofrece teóricamente más ventajas que la pesca para satisfacer selectivamente las demandas de los consumidores. Sin embargo, la producción de especies mediante acuicultura también presenta restricciones que limitan la consecución del producto ideal. Existen limitaciones biológicas, como la imposibilidad presente de criar algunas especies de alto interés, limitaciones técnicas, como la dificultad para incrementar sustancialmente las tallas individuales de los peces; o biológicas como la complejidad de producir pescados cuyo procesado suponga menores mermas.

El control que se dispone sobre el proceso productivo de los animales de acuicultura, especialmente sobre su alimentación y reproducción, permitirá en un futuro próximo avanzar aún más sobre la optimización de sus características frente a los consumidores siguiendo la filosofía de los alimentos funcionales.

### **10.2. La orientación a la producción frente a la orientación al mercado**

Históricamente la acuicultura surgió como una actividad orientada hacia la producción. Ante la existencia de unos mercados tradicionales en los que la demanda de pescado iba quedando insatisfecha por el declinar de las capturas, la acuicultura aprovechó la coyuntura para poner en el mercado pescados similares. El esfuerzo de las empresas de acuicultura se centró durante esos años en optimizar las cuestiones técnico - productivas para producir mayores cantidades que el mercado aceptaba sin complicaciones. Sin embargo, con el transcurso de los años y ante la progresiva saturación de los mercados, la acuicultura ha tenido que reorientar sus esfuerzos hacia el desarrollo del mercado.

<sup>7</sup> Findings from a recent study on perception of aquaculture products in France. AGRIMER. Presented on April 16<sup>th</sup>, 2010 at an OECD conference. Paris.

### 10.3. Diferenciación de los productos

La orientación de la acuicultura hacia el mercado es lo que debe dirigir los posicionamientos estratégicos de las empresas. Existen dos direcciones o estrategias. Ambas son igualmente válidas. Por una parte las empresas pueden optar por producir en grandes volúmenes y compitiendo en precios, una elección que apuesta por las más avanzadas tecnologías, busca economía de costes y requiere disponer de una fuerte estructura comercial. Mientras que una segunda opción pasa por centrarse en buscar nichos de mercado, apostar por la calidad, el marketing selectivo y los servicios a los clientes.

En ambos casos se ha observado con el tiempo una transición de la puesta a la venta de un producto genérico hacia la venta de productos diferenciados, es decir, con marca. En esencia se trata de conseguir un vínculo en la mente de los consumidores entre un producto concreto y su fabricante. La diferenciación de los productos es esencial a la hora de abordar nuevos mercados para evitar que el esfuerzo en promoción sea aprovechado por terceros productores del mismo producto. Esta diferenciación puede ser individual, regional o incluso nacional.

La diferenciación individual permite sacar partido de la inversión propia en publicidad y promoción. El reconocimiento de una marca se consigue a través de un logotipo de marca. En la Unión Europea la diferenciación regional suele basarse en Denominaciones de Origen Protegidas (DOP) o Indicaciones Geográficas Protegidas (IGP), como por ejemplo la DOP de mejillón producido en Galicia *Mexillón de Galicia*.

Por último, la diferenciación nacional vincula la producción proveniente de un país con la imagen del mismo país. Un buen ejemplo son los productos del mar de Noruega que promociona el Consejo de Productos del Mar de Noruega (NORGE). Esta oficina promociona de forma muy potente en mercados de todo el mundo el salmón noruego, cuyo origen está asociado a una serie de garantías y calidad.

### 10.4. Segmentación de los mercados

Cualquier diversificación de mercados debe orientarse hacia poner el producto correcto, en el formato correcto, en el segmento de mercado correcto, en el momento correcto y al precio correcto. En este sentido es esencial reconocer que los mercados no son monolíticos ni homogéneos, sino que están segmentados en partes claramente diferenciadas. Así, existen grupos de



Ilustración 14. Póster comercial del mejillón de Galicia. (Fte WEB Mejillón de Galicia)

consumidores en base a su edad, género, tamaño de familia, educación, nivel económico y otros. A la vez que existen otros factores de diferenciación como el consumo de pescado per cápita, las preferencias locales, el consumo en doméstico frente al extra - doméstico, etc. Las estrategias empresariales deben buscar los grupos de consumidores más adecuados y aprovechar los factores de diferenciación en los que tenga alguna ventaja competitiva frente a sus competidores.

### 10.5. Diversificación de mercados geográficos

El consumo de productos acuáticos en un determinado país depende de su cultura, historia, tradiciones gastronómicas e incluso religiosas. Es complicado introducir un nuevo pescado en un mercado, tanto si en él se consume ya una cantidad elevada de pescado como en aquellas sociedades en las que el consumo de productos acuáticos es bajo. Sin embargo, dados los reconocidos valores nutricionales del pescado y el esfuerzo de los gobiernos por incrementar su consumo, la ingesta per cápita está en aumento sobre todo allá donde ésta es baja. Con ello las oportunidades de mercado son crecientes.

Cada mercado de productos acuáticos demanda pescados con características diferentes. En general, en aquellos mercados en los que no hay un consumo tradicional de pescado la aceptación de nuevos pescados llega a través de filetes limpios y sin espinas ni piel, mientras que mercados más maduros y con mayor cultura gastronómica de pescado aceptan multitud de otros formatos.

Los primeros pasos en las empresas para la ampliación de su mercado tradicional suele darse dentro de su mismo país. El conocimiento del idioma, de la cultura, de los hábitos y de los mecanismos comerciales facilita este primer nivel de expansión geográfico. En países grandes pueden darse grandes diferencias en el consumo de pescado, tanto en cuanto a cantidades consumidas como a especies preferidas.

Por otra parte, a los ojos de los consumidores muchas especies de pescado son sustitutivas o intercambiables entre sí. Así, un pescado blanco puede entrar en un mercado en sustitución de otro más conocido.

Dada la condición mayoritaria de las empresas de acuicultura de medianas o pequeñas empresas, los productores de acuicultura tienden a abordar nuevos mercados de forma colectiva y apoyados por su gobierno. La existencia de agencias de fomento de la exportación en muchos países (por ejemplo el Instituto de Comercio Exterior (ICEX) en España) y de agregados comerciales en las embajadas facilitan los primeros pasos en la apertura de mercados internacionales.

Existen numerosas vías para la promoción de los productos de la acuicultura en nuevos mercados geográficos. Merece destacarse uno por su potencialidad y escaso uso hasta la fecha. El turismo es una realidad que permite a millones de personas conocer nuevos países y hábitos gastronómicos. Este hecho puede aprovecharse para convencer a los turistas sobre las bondades de un cierto pescado con la idea de vendérselo posteriormente cuando retorne a su país. Como



ejemplo, la imagen del Mediterráneo y de la dieta mediterránea podría inculcárseles a los cientos de millones de turistas que visitan España, Italia o Grecia cada año para después venderle doradas, lubinas o corvinas del Mediterráneo en casa.

### 10.6. Diversificación en tipos de mercados

El grueso de la producción de acuicultura a escala global está orientado a la obtención de alimento para las personas, en forma de pescado, moluscos, crustáceos y algas. Sin embargo, existen otros interesantes mercados de muy diferente índole que pueden ser explorados por los productos de la acuicultura y que contribuyen a su sostenibilidad. Estos destinos de la producción, aunque menores en tonelaje, suelen ser especializados y en ocasiones pueden ser muy lucrativos.

Se pueden resumir en los siguientes:

- Pesca deportiva
- Repoblación del medio natural
- Acuariofilia
- Microalgas como alimento
- Microalgas para combustibles
- Investigación científica
- Productos farmacéuticos
- Aprovechamiento de los residuos del procesado del pescado

### 10.7. Identificación de las dianas

A la hora de planificar la entrada en un nuevo mercado no debe dejarse margen de error y para ello es esencial identificar claramente las dianas de cada una de las acciones. En este sentido es necesario diferenciar la figura del *cliente* frente a la figura del *consumidor*. El cliente o comercializador es el intermediario que adquiere el pescado del productor de acuicultura y que lo ofrece posteriormente al *consumidor*. El consumidor, por otra parte, es el destinatario final de la cadena de comercialización.

El cliente busca en la negociación de la compra características diferentes al consumidor, si bien la satisfacción del futuro consumidor en un requisito necesario también para el cliente. Tener claras estas diferencias es crucial en todas las situaciones, pero especialmente en los nuevos mercados.



Fotografía 9. Dorada en punto de venta

© Javier Ojeda

El cliente busca en los productos de la acuicultura las ventajas de precios estables y competitivos, de una larga vida comercial del pescado, de un suministro regular y previsible en fechas y cantidades, de una fiabilidad logística, de calidad homogénea a menudo certificada, de tallas uniformes y de control higiénico - sanitario. Por el contrario, las limitaciones con las que se encuentran los productores de acuicultura ante sus clientes son la elevada capacidad de presión en la negociación de la que disponen dada su condición de grandes empresas, en muchas ocasiones multinacionales, y la comercialización de lo que habitualmente son productos genéricos, que facilitan los cambios fáciles de proveedor.

El consumidor de los productos de la acuicultura busca las ventajas del precio, los valores nutricionales, la frescura, la calidad gastronómica, la facilidad de preparación para el cocinado, la seguridad alimentaria y el respeto medioambiental en la producción. Simultáneamente, las limitaciones que impone son prejuicios sobre la imagen de los productos de la acuicultura y el conservadurismo a la hora de aceptar nuevos productos.

### 10.8. La confianza en los productos para abordar nuevos mercados

La globalización en el aprovisionamiento de productos acuáticos ha conducido al establecimiento de un complejo sistema de certificaciones. Su objetivo es garantizar ante terceros las características de los productos o bien de sus sistemas de producción. Estos sistemas de garantías buscan superar la distancia existente entre productores y comercializadores, o entre productores y consumidores.

La certificación es especialmente relevante como herramienta para abordar nuevos mercados ante las modernas estructuras comerciales. El cumplimiento de los requisitos de las certificaciones permite acelerar la aceptación de los productos. Los aspectos que cubren varían desde cuestiones medioambientales, sociales, de bienestar animal o de seguridad alimentaria. La diana de estas certificaciones puede ser tanto el *cliente* del acuicultor como los *consumidores*. En el primer caso se suele hablar de certificaciones B2B ("Business to Business" en inglés) y suelen consistir en garantías sobre las características de los pescados que abarcan la frescura, composición de los piensos, tratamientos veterinarios permitidos, etc.

En el segundo caso se denominan B2C ("Business to Consumer" en inglés) y suelen ofrecer garantías sobre la forma de producción en cuanto a protección del medio ambiente, justicia social o bienestar de los animales. La presente colección de guías sobre el Desarrollo Sostenible de la Acuicultura Mediterránea abordó de forma exhaustiva este tema de las certificaciones en su tercer número<sup>8</sup>, y estableció su valor como herramientas para el desarrollo sostenible de la acuicultura.

<sup>8</sup>. UICN (2010). Guía para el Desarrollo Sostenible de la Acuicultura Mediterránea 3. Acuicultura: Prácticas Responsables y Certificación. Gland, Suiza y Málaga, España: UICN. vi+78 páginas.

### 10.9. Caso práctico: Noruega en acción en los mercados

La apertura de nuevos mercados requiere no sólo de una importante inversión dineraria sino también contar con profesionales y organizaciones altamente cualificadas. Una de las más reputadas organizaciones en este sentido es NORGE, el Consejo de Exportación de Productos del Mar de Noruega, fundado en 1991. Noruega exporta pescado, tanto de acuicultura como silvestre, a 150 países. El salmón de acuicultura es su producto estrella. Cada año NORGE realiza cientos de actividades en más de 20 mercados diferentes. Tiene su sede en Tromso (Noruega) y oficinas propias en China, Japón, Rusia, Alemania, Francia, Italia, España, Portugal, Singapur y Brasil.

NORGE realiza campañas de publicidad en comercios y restaurantes, inserta anuncios en la prensa local, desarrolla actividades de comunicación y es activa ante los consumidores y los distribuidores. Todas estas acciones son pagadas por los propios productores noruegos de acuicultura y pesca.

El objetivo de NORGE es mejorar la competitividad del sector de la acuicultura y la pesca de Noruega. Otra de sus actividades es el ser una fuente de información para sus miembros.

La web de NORGE ([www.seafoodfromnorway.com](http://www.seafoodfromnorway.com)) está disponible en 12 lenguas, y ofrece

recetas de pescado, consejos de compra y cocinado, información sobre los productos y datos de contacto con las empresas.



Ilustración 15. Detalle de la página web de NORGE (Fte WEB de NORGE)

### 10.10. Recomendaciones

- La diversificación de mercados ofrece elementos de sostenibilidad importantes a la acuicultura
- La competitividad de un producto de la acuicultura depende de cómo responda a las preferencias de los consumidores. En este sentido, las cuestiones más relevantes son frescura aparente, precio, presentación y especie
- La diversificación debe basarse sobre estrategias de desarrollo de los mercados, centrada sobre su estudio, análisis y promoción

## II. Anexos

### II.1. Abreviaturas

FAO	Food and Agricultural Organization of the United Nations (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación)
I+D+i	Investigación, desarrollo e innovación.
GIZC	Gestión Integrada de las Zonas Costeras
GIS	Geographic Information System (Sistema de información geográfica, SIG)
ICV	Instituto Cartográfico Valenciano
SA	Sociedad anónima
LIC	Lugar de Interés Comunitario
IMTA	Integrated Multirofic Aquaculture (Acuicultura integrada multitrofica)
JACUMAR	Junta Asesora de Cultivos Marinos
APROMAR	Asociación Empresarial de Productores de Cultivos Marinos
UE	Unión Europea
EC	European Commission (Comisión europea)
IFOAM	International Federation of Organic Agriculture Movements
t.	Toneladas
m.	Metro
l.	Litro
ml.	Millilitro
g	Gramo
mg	Miligramo
FAWC	Farm Animal Welfare Council (Consejo del bienestar de animales de instalación)
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
EDAR	Estación Depuradora de Aguas Residuales
Kg.	Kilogramos
°C	Grado centígrados
h.	Horas
mm.	Milímetro
cm <sup>2</sup>	Centímetro cuadrado
ppm	Partes por millón
Ha.	Hectárea
PAT	Proteínas Animales Transformadas
Kcal.	Kilocalorías
art.	Artículo
OECD	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
DOP	Denominación de Origen Protegida
IGP	Indicación Geográfica Protegida
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

## 11.2. Bibliografía

- AGRIMER (2010). Findings from a recent study on perception of aquaculture products in France. Presented on 16 April 16th, 2010 at an OECD conference. Paris.
- Aguilar-Manjarrez, J. (1996) Development and evaluation of GIS-based models for planning and management of coastal aquaculture: a case study in Sinaloa, Mexico. PhD Thesis, University of Stirling, 373 pp.
- Aguilero M.J., M.V. Anguis, J.P. Cañavate, G. Martínez-Rodríguez, C.C. Mylonas, J. Cerdá. 2006. Induction of spawning of captive-reared senegal sole (*Solea senegalensis*) using different administration methods for gonadotropin-releasing hormone agonist. *Aquaculture*, 257:511-524.
- Aguirre E., García N., Cárdenas S. (2006). Influencia de la Temperatura de Incubación en la Supervivencia y el Desarrollo de Huevos y Larvas de Hurta *Pagrus auriga* (Pisces: Sparidae) Durante la Primera Semana de Vida. *Comunicación científica – CIVA 2006*. pp-1267-1278.
- Anguis M.V., J.P. Cañavate. 2005. Spawning of captive Senegal sole (*Solea senegalensis*) under naturally fluctuating temperature regime. *Aquaculture*, 243: 133-145.
- APROMAR, 2010. La acuicultura marina de peces en España 2010. Informe anual
- Ashley P.J. (2007). Fish welfare: Current issues in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science* Volume 104, Issues 3-4 pp 199-235. *Fish Behaviour and Welfare*.
- Asociación Empresarial de Productores de Cultivos Marinos, APROMAR (2010). La Acuicultura Marina de Peces en España 2010. Edita APROMAR.
- Barnabe, G. 1991. *Acuicultura Marina*. Ed. Omega (2 tomos). 1083 pp.
- Barnabé, G. 1996. Bases biológicas y ecológicas de la acuicultura. Ed. Acribia.
- Beltrán J.A. 2001. II Jornadas de Acuicultura de la Asociación de Defensa Sanitaria Acuícola de Aragón (Torla, octubre 2001): Envasado y conservación de los productos de la Acuicultura. *Revista AQUATIC*, nº 15. <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/html/art1508/ensado.htm>
- Benítez-Santana T., Masuda R., Valencia A., Izquierdo M.S. (2006). Desarrollo de las Técnicas de Producción de Crías de Bocinegro (*Pagrus pagrus*) en Canarias. *Vector plus: miscelánea científico – cultural*. Nº. 27, 2006. Ed: Fundación Universitaria de Las Palmas. pp. 62-76.
- Broom, D., 1998. Fish welfare and the public perception of farmed fish. In: Nash, C., Julien, V. (Eds.), *Report Aquavision '98. The Second Nutreco Aquaculture Business Conference Stavanger Forum*, vol. 1998, Norway, 13-15 May, pp 89-91.
- Buxade, C. (Ed.), 1997. *Producción Animal Acuática*. Ed. Mundi-Prensa. 376 pag.
- Caballero M.J., Obach A., Rosenlund G., Montero D., Gisvold M., Izquierdo M.S. 2002. Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 214, 253-271.
- Cañavate J.P., C. Fernández-Díaz. 1999. Influence of co-feeding larvae with live and inert diets on weaning the *Solea senegalensis* onto commercial dry feeds. *Aquaculture*, 174:255-263.
- Cañavate J.P., R. Zerolo, C. Fernández-Díaz. 2006. Feeding and development of Senegal sole (*Solea senegalensis*) larvae reared in different photoperiods. *Aquaculture*, 258:368-377.
- Cárdenas, S.; Lavié, A. y Rodríguez-Rúa, A. (2009). Crecimiento y aprovechamiento del alimento de alevines de corvina, *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) (Pisces: Sciaenidae), durante el preengorde a distintas cargas y temperaturas. Libro de actas del XI Foro dos Recursos Mariños a da Acuicultura das Rías Gallegas.
- Castell, J.D., Conkil, D.E., Carigie, J.S., Lall, S.P. and Norman-Boudreau, K. 1988. Aquaculture nutrition. In M. Billo, H. Rosenthal and C.J. Sindermann, eds. *Realisms in aquaculture: achievements, constraints and perspectives*, p. 291-308. Belgium, European Aquaculture Society.
- Cerezo Valverde, J., Hernández, M.D., Aguado-Giménez, F., García, S., Rodríguez, C., Gairín, I., Estefanell, J., Pascual, C., Tomás, A., García García, B. Composición en minerales de dietas naturales y harinas para el desarrollo de piensos para el pulpo común (*Octopus vulgaris*). XII Congreso Nacional de Acuicultura, Madrid, 24 a 26 de noviembre de 2009.
- Cerezo Valverde J., Aguado Giménez F., Hernández M.D., García García, B. Growth and feed efficiency of common octopus (*Octopus vulgaris*) fed on formulated moist diets with different level of lipids and glutamate supplementation. CIAC'09 (Cephalopod International Advisory Council). 3 al 11 de septiembre de 2009. Vigo, España.
- Chopin, T., AH. Buschmann, C. Halling, M. Troell, N. Kautsky, A. Neori, GP Kraemer, C. Yarish y C. Neefus. 2001. Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: a key toward sustainability. *Journal of Phycology*, 37: 975-986.
- Chopin, T. 2006. Integrated multi-trophic aquaculture. *North American Aquaculture*, 12(4): 4.
- Coll, J., 1999. *Acuicultura Marina Animal*. Ed. Mundi-Prensa. 663 pag.
- Colloca, F., Cerasi, S. 2005-2011. *Sparus aurata*. Programa de información de especies acuáticas. *Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO*. Roma. FAO.
- Conselleria de Agricultura, Pesca i Alimentación (GV). 1994-2006. Cartografía bionómica de los fondos del litoral de la Comunidad Valenciana (varios tomos; papel y digital).
- Conselleria de Agricultura, Pesca i Alimentación (GV). 2010. Cartografía de arrecifes artificiales del litoral de la Comunidad Valenciana. (papel y digital).
- Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda. 2010. Cartografía temática sobre espacios naturales protegidos. (digital).
- Cowey, C.B. 1994. Amino acid requirements of fish: a critical appraisal of present values. *Aquaculture*. 124: 1-11.
- Day O.J., B.R. Howell, A. Aksness, E. Nygard. 1999. Recent advances in the weaning of sole, *Solea solea* (L). In: *Abstracts Inter: Conf. Aquac. Europe 1999*. EAS Special Publ., 27:40-41.
- De la Gándara, F. 2006. Situación actual de la acuicultura. *Acuicultura III: cultivo y alimentación de peces*. Universidad de Murcia. 1: 17-38.
- De Silva S., Anderson T. 1995. *Fish Nutrition in Aquaculture*. Chapman & Hall Aquaculture Series 1.
- De Silva, 2003. Cultured based fisheries: an underutilized opportunity in aquaculture. *Aquaculture* 221, 221-243.
- Dinis M.T. 1986. Quatre Soleidae de l'Estuaire du Tage. Reproduction et Croissance. *Essai d'Élevage de Solea senegalensis Kaup 1858*. These d'Etat Sciences Naturelles, Université de Bretagne Occidentale, France.
- Dinis M.T. 1992. Aspects of the potential of *Solea senegalensis* Kaup for aquaculture: larval rearing and weaning to artificial diets. *Aquacult. Fish. Manag.* 23, 515-520.
- Domingues, P., García, S., Hachero, I., López, N., Rosas, C. 2009. The use of alternative prey (crayfish, *Procambarus clarkii*, and hake, *Merluccius gayi*) to culture *Octopus vulgaris* (Cuvier, 1797). *Aquaculture International*. DOI 10.1007/s10499-009-9259-1.
- Dinis M.T., L. Ribeiro, F. Soares, C. Sarasquete. 1999. A review on the cultivation potential of *Solea senegalensis* in Spain and in Portugal. *Aquaculture*, 176:27-38.
- Drake M.P., A.M. Arias, A. Rodríguez. 1984. Cultivo extensivo de peces marinos en esteros de las salinas de San Fernando (Cádiz). II: Características de la producción de peces. *Inf. Tec. Ins. Inv. Pesq.*, 116:1-23.
- Ellis T., Scott A.P., Bromage N., North B., Porter M. (2001). What is stocking density?. *Trout News*, 32: 35-37.
- Engrola S., M. Iglesias-Romero, L. Dias, L. Ribeiro, L. Conceição, M.T. Dinis, P. Posao-Ferreira. 2004. Recent

studies on the weaning of Senegal sole (*Solea senegalensis*). In: Abstracts III Intern.Sym. on Nutrition and Feeding in Fish. May 2-7, Thailand.

- Espinós F. J. (2009) Acuicultura I: Producción de especies auxiliares, crustáceos y moluscos. Servicio de publicaciones Universidad Politécnica de Valencia. Ref SPUPV 2009.4121. 158 pp.
- Espinós F. J. (2009) Acuicultura II: Producción de especies piscícolas marinas y continentales. Servicio de publicaciones Universidad Politécnica de Valencia. Ref SPUPV 2009.4147. 110 pp.
- Estefanell, J., Socorro, J., Roo, J., Martín, A., Fernández-Palacios, H., Izquierdo, M.S. 2007. Crecimiento individual de *Octopus vulgaris* (Cuvier, 1797) alimentado con pienso húmedo experimental y boga Boops boops (L. 1758). En: Libro de Actas do XI Congreso Nacional de Acuicultura. Cerviño, A., Guerra, A., Pérez Acosta C. (Eds.). ISBN: 978-84-611-9086-7. Vol. I: 675-678.
- Estefanell J., Socorro J., Roo J., Ramírez B., Makol A., Torrecillas S., Naranjo D., Guirao R., Fernández-Palacios H. e Izquierdo M.S. 2009. Evaluación de 2 sistemas de cultivo en pulpo común *Octopus vulgaris* en jaulas en la comunidad Canaria. XII Congreso Nacional de Acuicultura. Madrid.
- Eroski Consumer 2008. <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2008/12/11/182011.php>.
- Espinós, F.J., 2009. Acuicultura I. Producción de cultivos auxiliares, crustáceos y moluscos. Ed. UPV.Valencia 158 pág.
- FAO/GESAMP (IMO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Expert on the Scientific Aspects of Marine Pollution). 1997, Towards safe and effective use of chemicals in coastal aquaculture. Rep. Stud. GESAMP 65: 40pp.
- FAO, 1997, Aseguramiento de la calidad de los productos pesqueros. FAO Fisheries Technical Paper, Roma.
- FAO. 2006-2011. Aquaculture topics and activities. Ecosystem Approach to Aquaculture (EAA). In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated .. <http://www.fao.org/fishery/topic/16035/en>.
- FAO Acuicultura en jaulas – Estudios regionales y panorama mundial. Documento Técnico de Pesca. No. 498. Roma, FAO. 2008. 270 pp.
- FAO 2009. The state of world fisheries and aquaculture. FAO Fisheries Department. ISBN 92-5-305177-9). Roma. Italia.
- FAWC - Farmed Animal Welfare Council (1996). Report on the Welfare of Farmed Fish. Surbiton, Surrey. <http://www.fawc.org.uk/>.
- FEDNA. 2010. Fundación Española para el desarrollo de la nutrición animal. <http://www.etsia.upm.es/fedna/tablas.htm>.
- France Agrimer (2010). Presentación titulada Findings from a recent study on perception of aquaculture products in France; en la conferencia Advancing the Aquaculture agenda: policies to ensure a sustainable Aquaculture sector. Paris, 15 y 16 de abril de 2010.
- García, E.; Gago, L. y Fernández, J.L. 2006. *Tecnologías de envasado en atmósfera protectora*. Col.: informes de vigilancia tecnológica. CEIM y Dirección General de Universidades e Investigación, Madrid.
- García García, B. 2008. Aspectos biológicos, técnicos y económicos para el desarrollo del engorde de cefalópodos en sistemas de cultivo en tierra. IV Jornadas de Acuicultura en el Litoral Suratlántico. Abril 2008. Cartaya, Huelva.
- García-López A., Couto E., Canario A.V.M., Sarasquete C., Martínez-Rodríguez G., 2007. Ovarian development and plasma sex steroid levels in cultured female Senegalese sole (*Solea senegalensis*). Comp. Biochem. Physiol. Part A 146, 342-354.

- García-López A., Fernández-Pasquier V., Couto E., Canario A.V.M., Sarasquete C., Martínez-Rodríguez G. 2006. Testicular development and plasma sex steroid levels in cultured male Senegalese sole *Solea senegalensis* Kaup. Gen. Comp. Endocrinol. 147, 343–351.
- García, S., P. Domingues, D. Garrido, C. J. Rodríguez, C. Pascual. Efecto de dietas artificiales, con y sin atrayente, sobre el crecimiento del pulpo común, *Octopus vulgaris*. XII Congreso Nacional de Acuicultura, 24 al 26 de noviembre, 2009. Madrid (España). Oral.
- García, S., I. Hachero-Cruzado, D. Garrido, C. Rosas, P. Domingues. Efecto del ayuno sobre el contenido en lípidos totales, clases lipídicas y ácidos grasos del manto y glándula digestiva de *Octopus vulgaris*. XII Congreso Nacional de Acuicultura, 24 al 26 de noviembre, 2009. Madrid (España).
- GESAMP (IMO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Expert on the Scientific Aspects of Marine Pollution) (1991) Reducing Environmental Impacts of Coastal Aquaculture. Rep. Stud. GESAMP 47: 39 pp.
- Gurung T. B (2008) Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farming strategies in Nepal. Proceedings of the workshop on scaling-up of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farming strategies in Nepal, Kathmandu, Nepal.
- Guzman J.M., B. Norberg, J. Ramos, C. Mylonas, E. Mañanos. 2008. Vitellogenin, steroid plasma levels and spawning performance of cultured female Senegalese sole (*Solea senegalensis*). Gen. Comp. Endocrinol., 156:285-297.
- Guzman J.M., J. Ramos, C. C. Mylonas, E. Mañanos. 2009. Spawning performance and plasma levels of GnRHα and sex steroid in cultured female Senegalese sole (*Solea senegalensis*) treated with different GnRHα-delivery systems. Aquaculture, 291: 200-209.
- Halver, J.E. 2002. Fish Nutrition. 3 ed. Academic Press, New York.
- Hancock, J.D. 1992. Contribution nº 92-316A. Kansas Agriculture Expansion Station. Published in Proceedings of the Distillers Feed Conference. Cincinnati, Ohio. Vol 47, pp 33-49.
- Hassan, M.R. 2002. Nutrition and Feeding for sustainable aquaculture development in the third millennium. Technical proceedings of the conference on Aquaculture in the third millennium. Bangkok. Thailand, 20-25 Febrero, 2000.
- Haya, K., D. Shephon, J. Martin y T. Chopin. 2004. Monitoring of therapeutants and phycotoxins in kelps and mussels co-cultured with Atlantic salmon in an integrated multi-trophic aquaculture system. Bulletin of the Aquaculture Association of Canada, 104(3): 29-34.
- Hernández-Cruz C.M., Fernández-Palacios Barber H., Roo F.J., Robaina L., Schuchardt D. y Izquierdo M.S. (2005). Transferencia de tecnología del cultivo de bocinegro, *Pagrus pagrus* en las Islas Canarias. Libro de actas del X Congreso Nacional Acuicultura, 2005.
- Hernández MD., Cerezo Valverde J., Aguado Giménez F., García García B. 2009. Estudio de la digestibilidad de los piensos comerciales disponibles para dorada (*Sparus aurata*). XII Congreso Nacional de Acuicultura. Madrid 2009.
- Houligan, T., Boujard, M Jobling. 2001. Food intake in fish.. Edited by D. Blackwell, Science.
- Huet, M. 1983. Tratado de Piscicultura. Ed. Mundi-Prensa. 749 pag.
- IFFO (International Fish Meal and Fish Oil Organization). <http://www.iffonet.net>.
- IFOAM EU GROUP (2010). Organic Aquaculture, EU Regulations EC 834/2007, EC 889/2008 y EC 710/2009 Background, Assessment, Interpretation. [www.ifoam-eu.org/positions/publications/aquaculture](http://www.ifoam-eu.org/positions/publications/aquaculture).
- Izquierdo, M. and Fernandez-Palacios, H. 1997. Nutritional requirements of marine fish larvae and broodstock. In A. Tacon and B. Basurco, eds. Feeding tomorrow's fish, p. 243-264.
- Johnston, C.A. (1998) Geographic Information Systems in Ecology. Blackwell Science Ltd., Great Britain, 351 pp.

- Juell, J.-E., Fosseidengen, J.E., 2004. Use of artificial light to control swimming depth and fish density of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in production cages. *Aquaculture* 233, pp 269–282.
- Kapetsky, J.M., McGregor, L. and Nanne, E.H., 1987 A Geographical Information System and Satellite Remote Sensing To Plan for Aquaculture Development: A FAO-UNEP /GRID Cooperative Study in Costa Rica. FAO Fish. Tech. Pap. 287. FAO, Rome, 51 pp.
- Kapetsky J., Hill, L. Worthy & D. Evans. 1990. Assessing Potential for Aquaculture Development with a Geographic Information System. *Journal of the World Aquaculture Society* 21 (4), 241–249
- Krom, M.D. y A. Neori, 1989. A total nutrient budget for and experimental intensive fishpond with circularly moving seawater. *Aquaculture*, 88:345-358.
- Lander, T., K. Barrington, B. MacDonald y J. Martin. 2004. *Bull. Aquacul. Ass. Can.*, 37(3): 43-48.
- Lázaro Cantalejo, Carlos. 2001. Línea de producción de piensos extrusionados para acuicultura. Proyecto fin de Carrera. Ingeniería Química. Universidad de Valladolid.
- López, M., Rodríguez, C. y Carrasco, J.F. 2009. Engorde de juveniles de pulpo (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797) con distintas dietas naturales y artificiales. XII Congreso Nacional de Acuicultura. Madrid.
- Machinandiarena L., Müller M., López A. Desarrollo de los Estadios Iniciales del Besugo (*Pagrus pagrus*) en Cautiverio, Argentina. (2003). *Investigaciones Marinas* año/vol. 31, número 001. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile. pp-5-13.
- Macías, J.C., F. Aguado, N. Gonzalez, S. Guerrero, A. Estevez y J.Mª. Valencia. 2009. Acuicultura integrada: desarrollo de experiencias de cultivos multitrofos en la costa española. *Actas del XII Congreso Nacional de Acuicultura*, Madrid, 680-681.
- Marino G., Porrello S., Andaloro F., Massari A., Mandich A. Aspects of reproductive biology of Mediterranean amberjack (*Seriola dumerili* Risso, 1810): Gonadal development.
- Martín Pérez, M., Felip O., Fernández Borrás J., Ibarz A., Blasco J. 2009. Un gran consumo de carbohidratos en actividad sostenida conlleva un ahorro de proteína de la dieta de las doradas. XII Congreso Nacional de Acuicultura. Madrid 2009.
- Maura i Rayó, S. 1990. Los piensos en acuicultura. *Mundo Ganadero*- 3: 58-60.
- Mazzola, A. y G. Sará. 2001. The effect of fish farming organic waste on food availability for bivalve molluscs: stable carbon isotopic analysis. *Aquaculture*, 192: 361-379.
- Meaden, G.J. y Kapetsky, J.M. (1991). Geographical information systems and remote sensing in inland fisheries and aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper 262. FAO, Rome.
- Mendes, S.I., Varela, J.L., Ruiz Jarabo I., Sánchez V., Rico R., Arijó S., Abdala R., Moriñigo MA., Figueroa FL., Alarcón FJ., Mancera JM. 2009. Efecto de la sustitución de harina de pescado por harina de macroalgas (*Gracilaria* sp. y *Ulva rigida*) sobre el crecimiento y parámetros metabólicos de la dorada. XII Congreso Nacional de Acuicultura. Madrid 2009.
- Ministerio de Defensa (Instituto Hidrográfico de la Marina). *Cartas náuticas del litoral español*.
- Montero, D., Izquierdo, M.S., Tort, L., Robaina, L., Vergara, J.M. (1999). High stocking density produces crowding stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream, *Sparus auratus*, juveniles. *Fish Physiol. Biochem.* 20, pp 53– 60.
- Moretti, A., Pedini, M., Cittolin, G. & Guidastri, R. 1999. Manual on hatchery production of seabass and gilthead seabream. Vol. I. FAO.
- Muñoz J. L., Rodríguez-Rúa A., Bustillos P. y Cárdenas S. (2008). Crecimiento de corvina (*Argyrosomus regius* Asso, 1801) en estanques de tierra a distintas salinidades. IV Jornadas de Acuicultura en el Litoral Suratlántico. Nuevos Retos. Cartaya (Huelva, España), 16-17 de abril de 2008. IFAPA, ASEMA y Ayuntamiento de Cartaya.
- Nath, S., J. Bolte, L. Ross & J. Aguilar-Manjarrez. 2000. Applications of geographical information systems (GIS) para spatial decision support in aquaculture. *Aquacultural Engineering* 23: 233 – 278.
- Neori, A., T. Chopin, M. Troell, A.H. Bushmann, G. Kraemer, C. Halling, M. Shpigel y C. Yarish. 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*, 231:361-391.
- Norge (2010). [www.seafoodfromnorway.com](http://www.seafoodfromnorway.com).
- Olmedo M., J.B. Peleteiro, R. Cal, F. Linares. 2003. Crecimiento de juveniles de lenguado (*Solea senegalensis*) en Galicia. In: *Actas IX Congreso Nacional de Acuicultura*. Mayo, 2003. Cádiz, pp 383-385.
- Padilla F., Muñoz J.L. y Cárdenas S. (2005). Engorde de la hurta *Pagrus auriga* en jaulas. Libro de actas del X Congreso Nacional Acuicultura, 2005.
- Padrós F., C. Zarza, A. Estevez, S. Crespo, M.D. Furones. 2003. Patología como factor limitante para el desarrollo del cultivo del lenguado. In: *Actas IX Congreso Nacional de Acuicultura*. Mayo, 2003. Cádiz, pp 343-345.
- Pérez, O.M. Telfer T.C. Ross L.G. y Beveridge M.C.M. (in press) Geographical information systems (GIS) as a tool for modelling waste distribution under marine fish cages. *Coastal and Estuarine Marine Science*.
- Pérez, O., T. Telfer y L. Ross. Optimización de la acuicultura marina de jaulas flotantes en Tenerife, Islas Canarias, mediante el uso de modelos basados en Sistemas de Información Geográfica (SIG). *Revista AquaTic (Online)*. 2002, No 17.
- Pérez O. T. Telfer, M. Beveridge and L. Ross. 2002. Geographical Information Systems (GIS) as a Simple Tool to Aid Modelling of Particulate Waste Distribution at Marine Fish Cage Sites. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 54, 761–768.
- Pike, I.H. 1998. Future supplies of fish meal and fish oil: quality requirements for aquaculture. *International Aquafeed Directory*. pp 39-49.
- Pozuelo, I., Muñoz, J.L. 2010. Engorde experimental de pulpo (*Octopus vulgaris*) en jaula en el Puerto de Conil (Cádiz). V Jornadas de Acuicultura en el Litoral Suratlántico. Abril 2010. Cartaya, Huelva.
- Quintero, J., Baibai, T., Oukhattar, L., Soukri, A., Seixas, P. y M. Rey-Méndez. 2009. Evidencia de múltiple paternidad en el pulpo común (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797). XII Congreso Nacional de Acuicultura. 24 al 26 de Noviembre de 2009, Madrid.
- Ridler N., M. Wowchuck, B. Robinson, K. Barrinton, T. Copin, S. Robinson, F. Page, G. Reis y K. Haya. 2007. Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA): a potential strategic choice for farmers. *Aquaculture Economics & Management*, 11: 99-110.
- Rodríguez R. 1984. Biología y cultivo de *Solea senegalensis* en Golfo de Cadiz. Tesis Doctoral de Sevilla, 207 pp.
- Rokey, G. 1995. Tecnología de la extrusión e implicaciones nutricionales. XI Curso de especialización FEDNA. Barcelona.
- Ross, L.G., Mendoza, Q.M.E.A. y Beveridge, M.C.M. (1993) The application of geographical information systems to site selection for coastal aquaculture: an example base on salmonid cage culture. *Aquaculture* 112, 165-178.
- Ruesga, S. y col., 2005. *Acuicultura Marina Mediterránea*. Ed. Fundación Alfonso Martín Escudero. Madrid.
- Salam M. A., L. Ross & M. Beveridge. 2003. A comparison of development opportunities for crab and shrimp aquaculture in southwestern Bangladesh, using GIS modelling. *Aquaculture* 220, 477-494.
- Sammouth S., Roque d'Orbcastela E., Gassetta E., Lemariéa G., Breuila G., Marinob G., Coeurdaciera J.L., Fivelstad S. & Blancheton J.P. (2009). The effect of density on sea bass (*Dicentrarchus labrax*) performance in a tank-based recirculating system. *Aquacultural Engineering*, March 2009, Volume 40, Issue 2, pp 72-78.

- Sandbol, P. 1993. FEDNA Nuevas tecnologías en la producción de harina de pescado para piensos. Implicaciones sobre la evaluación de la calidad. IX Curso de especialización FEDNA. Barcelona, 8 y 9 de Noviembre.
- Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare on a request from the European Commission on animal welfare aspects of husbandry systems for farmed European seabass and Gilthead seabream. (2008). The EFSA Journal (2008) 844, pp 1-21.
- Secretan, P.A.D. (2008). Aquaculture insurance industry risk analysis processes. In M.G. Bondad-Reantaso, J.R. Arthur and R.P. Subasinghe (eds). Study on understanding and applying risk analysis in aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 519. Rome, FAO. pp. 229–245.
- Seixas, P., A. Otero, C. Aragão, L.M.P. Valente y M. Rey-Méndez. 2009. Crecimiento y supervivencia de paralarvas de pulpo (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797) alimentadas con juveniles de *Artemia* suplementados con aminoácidos libres. XII Foro dos Recursos Mariños e da Acuicultura das Rías Galegas. 8 y 9 de Octubre de 2009. O Grove, España.
- Shpigel, M., A. Neori, D.M. Popper y H. Gordin. 1993a. A proposed model for “environmentally clean” lanced culture of fish, bivalves and seaweeds. *Aquaculture*, 117: 115-128.
- Shpigel, M., J. Lee, B. Soohoo, R. Fridman y H. Gordin. 1993b. The use of effluent water from fish ponds as a food source for the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Aquaculture & Fisheries Management*, 24: 529-543.
- Silva G., Claudio, Olivari M., Rodolfo y Yany G., Gabriel. Determinación de distritos de aptitud acuícola mediante la aplicación de sistemas de información geográfica. *Investig. mar.* [online]. 1999, vol.27 [citado 22 Julio 2007], p.93-99.
- Silverstein, J.T., Shearer K.D., Dickhoff W.W., Plisetskaya E.M. 1999. Regulation of nutrient intake and energy balance in salmon. *Aquaculture*, 177: 161-169.
- Southgate, P., Wall, T., 2001. Welfare of farmed fish at slaughter. In *Practice* 23, pp 277.
- Tacon, A. 1990. Standard Methods for the Feeding of Farmed Fish and Shrimp. Argent Laboratories Press, Redmond, Washington U.S.A.
- Tacon, A. 2004. Use of fish meal and fish oil in aquaculture: a global perspective. *Aquat. Resour. Cult. Dev.* 1, 3-14.
- Troell, M., C. Halling, A. Neori, T. Chopin, A.H. Buschmann, N. Kautsky, C. Yarish. 2003. Integrated mariculture: asking the right questions *Aquaculture*, 226: 69-90.
- Turnbull J.F. (2010). Stocking Density. [www.fishwelfare.net](http://www.fishwelfare.net).
- Turnbull J.F., Bell A., Adams C., Bron J., MacIntyre, C. & Huntingford F.A. (2004). Stocking density and welfare of cage farmed Atlantic salmon: application of a multivariate analysis. *Aquaculture*. 243, pp 121-132.
- UICN (2010). Guía para el Desarrollo Sostenible de la Acuicultura Mediterránea 3. Acuicultura: Prácticas Responsables y Certificación. Gland, Suiza y Málaga, España: UICN. vi+78 páginas.
- Van de Nieuwegiessen P. G., Verreth J.A.J. & Schrama J.W. (2006). The Effects of Stocking Density on Welfare Indicators in African Catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell, 1822). Libro de actas de la conferencia internacional AQUA 2006 – Sociedad Mundial de Acuicultura.
- Vazzana, M., Cammarata, M., Cooper, E.L., Parrinello, N. (2002) Confinement stress in seabass (*Dicentrarchus labrax*) depresses peritoneal leukocyte cytotoxicity. *Aquaculture* 210, pp 231– 243.
- Watanabe, T. 2002. Strategies for further development of aquatic feeds. *Fisheries Sci*, 68, 242-252.
- Webster C., Lim C.E., 2002. Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI Publishing. UK. p 418.
- Zamora, S. 2006. Cultivo y Alimentación de Peces. Acuicultura III. Universidad Internacional del Mar: Aulas del Mar. 2006.

### 11.3. Información de los autores

**Francisco J. Espinós Gutiérrez.** Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ciencia Animal. Director del Grupo de Investigación ACUMA (Acuicultura y Medio Ambiente) de la UPV, Director de la RIIA-CV (Asociación Red de Innovación en Industrias Acuícolas de la Comunitat Valenciana) y Director de la Cátedra de Acuicultura DIBAQ-UPV.

**Francisco J. Ruiz Sánchez,** Licenciado y Doctor en Ciencias Biológicas por la Universitat de València. Autor de un centenar de comunicaciones científicas. Ha ocupado diferentes cargos en las Consellerías de Medi Ambient y de Agricultura, Pesca i Alimentació entre los años 1992 y 2007. Técnico de la Asociación Valenciana de Empresas de Piscicultura (AVEMPI). Entre 2008 y 2010 Delegado de la Oficina Pescaplus Mediterráneo (Fundación Innovamar – Universitat Politècnica de València). Desde 1999 es Profesor Asociado de la Universitat de València.

**Manuel Segarra Mañes,** Ingeniero Técnico Agrícola Especialidad en Explotaciones Agropecuarias por la Universidad Politécnica de Valencia desde 2009, Becario de especialización en el Grupo de Investigación ACUMA de la misma Universidad, principalmente en los campos del medio ambiente, la pesca y la acuicultura, habiendo participado en la realización y ejecución de proyectos autonómicos y nacionales.

**Jerónimo Chirivella Martorell.** Dr. en Ciencias Biológicas por la Universidad de Valencia, Director técnico de Alevines del Mediterráneo S.L.U., empresa dedicada al preengorde de dorada y lubina en circuito cerrado. Profesor universitario en el área de acuicultura y pesquerías en la facultad de Ciencias del mar de la Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir.

**Evaristo L. Mañanós Sanchez,** Dr. en Ciencias Biológicas por la Universidad de Valencia (1993), es Científico Titular del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en el Instituto de Acuicultura de Torre la Sal (IATS, Castellón), desde 2001. Ha colaborado como investigador asociado en el “Center of Marine Biotechnology” (Baltimore, MD, USA; 1994-1996) y la Universidad de Rennes (Francia; 1997-1998). En la actualidad es responsable del grupo de investigación “Endocrinología de la reproducción de peces y diversificación de la acuicultura” del IATS.

**Eduardo Soler Torres.** (1960), Doctor en Ciencias Biológicas (U.V., 1996), ha dedicado la mayor parte de su actividad profesional al estudio del medio marino y a la acuicultura. Inicialmente desde el Dpto. de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de la U.P.V. y a partir de 1999 como Director Técnico de PISCIMAR S.L., y desde 2010 como Responsable de Calidad y Medio Ambiente del GRUPO ANDRÓMEDA, puesto que desempeña en la actualidad.

**José Luis Muñoz** Licenciado en Biología por la Universidad de Sevilla. Actualmente trabaja en el Centro El Toruño del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía donde realiza funciones de investigación, transferencia y formación en acuicultura. Ha publicado trabajos en congresos y revistas especializadas. Es miembro del Consejo de Dirección de la Sociedad Española de Acuicultura.

**Clive Dove.** Licenciado en Ciencias del Mar por la Universidad de Cádiz y cursa estudios de doctorado en la Universidad Politécnica de Valencia. Actualmente es Jefe de proyectos de la División de Pesca y Acuicultura de la Fundación INNOVAMAR y tiene experiencia en producción piscícola en distintas instalaciones públicas y privadas de la Comunidad Valenciana. Es miembro del grupo de trabajo de acuicultura y del grupo de representantes de la Plataforma Tecnológica Española de la Pesca y la Acuicultura (PTEPA), así como del grupo de trabajo del Área Temática de Gestión del Conocimiento de la European Aquaculture Technology and Innovation Platform (EATIP).

**Rodolfo Barrera Orozco,** Doctor en veterinaria, Director General de Valenciana de Acuicultura, S.A. Trabajando en sistemas de circuito cerrado desde hace más de 26 años. Ha dirigido o participado en 30 proyectos de investigación, tanto nacionales como internacionales. 42 publicaciones científicas y comunicaciones a congresos. Comprometido con el sector de la acuicultura, desempeña el cargo de Presidente de la Asociación Valenciana de Empresas piscícolas, de la Federación Española de Agrupaciones de Defensa Sanitaria, de la Agrupación de Defensa Sanitaria de la Comunidad Valenciana y de la Red de Innovación en Industrias Acuícolas.

**Rubén Tahiche Lacomba Sobrino.** Licenciado en Ciencias Biológicas por la Universidad de Valencia (1992-1997), posee formación como patrón costero polivalente, patrón de embarcaciones de recreo, buceador deportivo de 2 estrellas, supervivencia en el mar nivel I, lucha contra incendios nivel I, prevención de riesgos laborales y competencia marinera. Actualmente es Director General de Andrómeda Ibérica Group s.a.

**Sebastià Balasch i Parisi** Catedrático de la Universidad Politécnica de Valencia en el Departamento Estadística e Investigación Operativa aplicadas y Calidad. Autor de una gran cantidad de comunicaciones científicas (publicaciones en revistas nacionales e internacionales especializadas del ISI, comunicaciones a congresos, conferencias, etc) y participante en multitud de proyectos financiados en convocatorias públicas y privadas.

**José Luis Tejedor del Real,** (Segovia, 1979), Doctor en veterinaria por la Universidad Complutense de Madrid. Ha realizado estancias en el Center for Fish Diseases, Oregon (EE.UU.) y en el DPIWE, Tasmania (Australia). Fue becado por los Laboratorios VISAVET de Sanidad Animal en la UCM, donde centró su investigación en acuicultura mediterránea, ictiopatología y biología molecular. Actualmente dirige el Departamento de I+D+i del Grupo DIBAQ, y coordinador del proyecto CENIT ACUISOST "Acuicultura Sostenible".

**Jordi López Ramón** Licenciado en Veterinaria por la Universidad CEU San Pablo de Valencia y actualmente Director Técnico Veterinario de la Agrupación de Defensa Sanitaria Acuicultura de la Comunitat Valenciana (ADS ACUIVAL), y coordinador del Comité Técnico de la Federación Española de Agrupaciones de Defensa Sanitaria de Acuicultura (FEADSA).

**José María Santiago Sáez,** Licenciado en Ciencias Biológicas, desde 1990 trabaja como consultor en los campos del medio ambiente, la pesca y la acuicultura, habiendo participado en la realización y dirección de más de 200 proyectos. Fundador y director de la empresa Estudios Biológicos, en la actualidad trabaja como consultor independiente para diferentes administraciones públicas y empresas privadas. Ha llevado a cabo misiones tanto en España como desplazado en África (Marruecos, Argelia, Mauritania, Namibia, Mozambique) y Sudamérica (Perú, Bolivia, Colombia).

**Javier Ojeda González-Posada** Licenciado en Ciencias Biológicas y Máster en Oceanografía. Ha trabajado durante catorce años en empresas de producción de acuicultura marina de peces, en España, Estados Unidos e Irlanda. Desde 2003 ejerce como gerente de la Asociación Empresarial de Productores de Cultivos Marinos de España (APROMAR). Desarrolla su trabajo ante la Administración General del Estado, ante las Comunidades Autónomas y ante los organismos sindicales e instituciones nacionales y de la Unión Europea. Destaca especialmente su trabajo ante la Comisión Europea en el Comité Consultivo de Pesca y Acuicultura, ante el Parlamento Europeo, la FAO y la Federación Europea de Productores de Acuicultura (FEAP).

**Luis Ambrosio Blázquez.** Licenciado en Ciencias Biológicas, desde 1989 trabaja como consultor en temas de pesca, acuicultura y biosfera marina siendo en la actualidad director gerente de la empresa consultora Proyectos Biológicos y Técnicos s.l. (PROBITEC). En relación a la Pesca y Acuicultura, ha colaborado para diferentes administraciones públicas y empresas privadas destacando los trabajos en materia pesquera realizados para la Secretaría General del Mar y relacionados con pesca extractiva, subsidios, comercialización y mejora de calidad de los productos pesqueros, e interacciones ambientales de la pesca e impacto socioeconómico de la actividad pesquera, etc. Por otra parte, ha participado en proyectos y misiones de cooperación internacional tanto en África como en Latinoamérica para la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.









GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE,  
Y MEDIO RURAL Y MARINO