

Acuicultura en aguas continentales



Acuicultura en aguas continentales



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. et 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: 770-11-232-4
ISBN: 978-84-491-1118-1
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

Autores.....	5
Resumen Ejecutivo.....	7
I. Introducción.....	9
1.1. La acuicultura continental en el Mediterráneo.....	10
1.2. Justificación de la guía.....	12
1.3. Objetivo de la Guía.....	13
1.4. Organización del documento.....	13
2. Selección y acondicionamiento del sitio.....	15
2.1. Situación actual.....	15
2.2. Principio.....	15
2.3. Directrices y recomendaciones.....	15
2.4. Herramientas para la selección.....	17
3. Domesticación.....	21
3.1. Interés, principios y directrices de la domesticación.....	21
3.2. Riesgos de la domesticación.....	22
3.3. Creación de reservas genéticas.....	23
3.4. Recomendaciones.....	24
3.5. La crianza de la tenca.....	24
4. Captura de reservas salvajes.....	27
4.1. Situación actual.....	27
4.2. Planificación.....	27
4.3. Consecuencias ambientales.....	28
4.4. Viabilidad de las poblaciones salvajes.....	28
4.5. La captura de reservas salvajes como herramienta de conservación.....	28
4.6. Recomendaciones.....	29
4.7. La captura de angulas para su engorde.....	29
5. Dietas y sus ingredientes.....	33
5.1. Formulación y fabricación de alimento.....	33
5.2. Materias primas y constituyentes. Sostenibilidad.....	33
5.3. Conclusiones sobre su formulación y uso.....	34
5.4. La extrusión del pienso.....	35
5.5. Uso de prebióticos para prevenir la enteritis de la trucha arco iris.....	36
6. Medicamentos en acuicultura.....	39
6.1. Productos terapéuticos.....	39
6.2. El empleo de productos biológicos (vacunas).....	40
7. Prevención del fouling.....	43
7.1. Antecedentes y justificación del trabajo.....	43
7.2. Inhibición del biofilm en la instalación acuícola Golden Fish.....	44

8. Generación de residuos y almacenamiento de productos	47
8.1. Plan de Gestión de Residuos	47
8.2. Categorización de residuos y directrices para su manejo y gestión.....	48
8.3. Almacenamiento de productos.....	48
8.4. Conclusiones	49
9. Transporte	51
9.1. Transporte de peces vivos	51
9.2. Transporte del pescado al punto de venta.....	52
9.3. Recomendaciones.....	52
10. Riesgos y accidentes	55
10.1. Gestión del riesgo en la acuicultura.....	57
11. Ecosistemas, flora y fauna.....	61
11.1. Marco legal.....	61
11.2. Buenas prácticas en la acuicultura para la sostenibilidad del hábitat.....	63
11.2.1. <i>ECOPACT – Código de prácticas ambientales para empresas y profesionales irlandeses de la acuicultura</i>	63
11.2.2. <i>Interacciones ambientales de la instalación acuícola de Tuejar (Valencia, España) sobre el hábitat, la flora y fauna</i>	63
12. Contaminación del agua	67
12.1. Calidad del agua de entrada para la producción	67
12.2. Caracterización de los potenciales vertidos.....	68
12.3. Recomendaciones para la reducción de los residuos en los vertidos	69
13. El paisaje.....	71
13.1. Principios.....	71
13.2. Recomendaciones	72
13.2.1. <i>Localización de la instalación acuícola continental</i>	72
13.2.2. <i>Composición y diseño de la instalación acuícola</i>	73
13.3. Buenas prácticas de la integración paisajística en la acuicultura.....	73
13.3.1. <i>Instalaciones acuícolas continentales de Polinyà del Xúquer</i>	73
14. Huella ecológica	77
14.1. La huella ecológica	77
14.2. Huella hídrica y de carbono.....	78
14.3. Recomendaciones	78
14.4. Comparación entre sistemas de producción.....	79
15. Interacciones socioculturales	83
16. Aspectos económicos.....	85
17. Anexos	87
17.1. Abreviaturas.....	87
17.2. Bibliografía y referencias.....	87
17.3. Información sobre los autores	92

Autores

La Guía ha sido elaborada por la Secretaría General del Mar del Ministerio de Medio Ambiente, y 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 Red de Innovación en Industrias Acuícolas (Riia).

Esta Guía es una obra colectiva, coordinada por Guido Schmidt y Francisco Espinós y en la que además han participado los siguientes co-autores: Rodolfo Barrera, Pep Cerdà, Lucas Domínguez, José Francisco Fernández-Garayzábal, Francisco Galiana, Jesús Gómez, Aina Hernández, José María Hernández, Manuel Herrero, Antonio López, Jordi López, Eloy Meseguer, José Ramón Molina, Elena Palacios, Susana Portela, Francisco Ruiz, José María Santiago, Rafael Seiz, José Luis Tejedor, Fernando Torrent, María Vallés, Ana Isabel Vela y Morris Villarroel. En el Anexo 3 se encuentra una breve información sobre cada uno de los co-autores.

Además, la Guía ha contado con aportaciones de ideas, textos y/o materiales gráficos por parte de las siguientes personas, a las que expresamos nuestros agradecimientos: DIBAQ Aquaculture, Jerónimo Chirivella, Ignacio Isidoro, Mónica Mingarro, Rafael Molina, José García Pérez, Central Cántabra de Pescados de San Vicente de la Barquera, Javier Remiro, y Manuel Segarra.

Tratándose de una obra colectiva, los puntos de vista que se expresan en esta publicación no reflejan necesariamente aquellos del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, ni de Tecnología y Medio Ambiente, S.A. (Tecnoma, S.A.), ni de la Red de Innovación en Industrias Acuícolas (Riia) o de todos los co-autores de la misma.

Resumen Ejecutivo

La creciente necesidad y demanda de pescado por parte de la población mundial hace imprescindible el aporte complementario de la acuicultura, lo que conlleva la correcta prevención y gestión de ciertos riesgos y resultados de su interacción con el medio ambiente.

Entre ellos destacan aspectos como una adecuada elección del emplazamiento de la Instalación Acuícola Continental (IAC) que son clave para garantizar la sostenibilidad de la actividad. Siempre que sea posible, se recomienda su ubicación sobre tierra firme para evitar la contaminación por escapes o fugas de individuos domesticados que pudieran cruzarse con los salvajes y poner en peligro su identidad genética. Además, la domesticación es una herramienta útil para asegurar la pureza genética de los peces en libertad en casos de interacción entre ambas cepas.

La gestión eficiente de los principales *inputs* (alimento, medicamentos y agua) es asimismo esencial para preservar la calidad de las aguas en el entorno de la IAC. El uso de las mejores tecnologías para la formulación y fabricación de piensos (ej. extrusión) les confiere óptimas características físicas y de digestibilidad y permite minimizar las pérdidas de sólidos en suspensión. Del mismo modo, existe una tendencia creciente al uso de la vacunación como medida preventiva en lugar de la aplicación de antibióticos, lo que reduce en buena medida su posible carga en los efluentes.

Por otro lado, el uso de sistemas de circulación cerrada proporciona una mayor seguridad a la IAC a la vez que permite de forma notable la reducción de la huella hídrica de la actividad. No obstante, su rendimiento energético todavía tiene que mejorarse para alcanzar los niveles de consumo de los sistemas de circulación abierta.

Entorno a estos y otros temas la presente guía pone de relieve los retos actuales de la acuicultura continental sostenible y proporciona directrices útiles para tomadores de decisión y gestores.

I. Introducción

La acuicultura continental se basa en la cría de organismos acuáticos de agua dulce. Esta actividad conlleva frecuentes interacciones con el medio ambiente (ej. Oslo and Paris Commissions, 1994), y alguna forma de intervención y control sobre el proceso productivo (ej. mediante repoblaciones periódicas de la biomasa de la instalación, aporte de alimentación periódico y controlado o puesta en marcha de medidas de protección contra predadores), así como interacciones con otros usos, y los recursos naturales.

La acuicultura afronta actualmente el reto de satisfacer la demanda de pescado de la población, que en los últimos 40 años casi se ha triplicado, sin causar un deterioro o empeorar la situación de los ecosistemas terrestres y marinos ni incrementar los conflictos con otros usos del territorio. En este entorno, la diversificación y la diferenciación a través de certificados (tratado en IUCN, 2009) se plantean como salidas posibles, cuando se basan sobre el conocimiento de las interacciones entre la acuicultura y el medio ambiente (tratado en IUCN, 2007) y otros usos, y su gestión encaminada hacia la sostenibilidad.

La **Estrategia para el Desarrollo Sostenible de la Acuicultura Europea**¹ y el documento de revisión “Construir un futuro sostenible para la acuicultura -nuevo impulso a la estrategia para el desarrollo sostenible de la acuicultura europea” define una serie de objetivos concretos para el sector de la acuicultura y establece directrices políticas para promover su crecimiento, centrándose principalmente en garantizar que los consumidores puedan disponer de productos sanos, seguros y de buena calidad, así como fomentar normas estrictas de sanidad y bienestar animal; asegurar el cumplimiento de las normas medioambientales por parte del sector; y crear empleos seguros a largo plazo, especialmente en las zonas dependientes de la pesca; estableciendo un contexto importante para esta Guía y las estrategias y medidas a poner en marcha.

Por otro lado, la Organización de las Naciones Unidas, en el marco de su Iniciativa de Economía Verde, aboga por la transición a una economía dominada por la ‘inversión en’ y el ‘consumo de’ productos y servicios que resulten en una *mejora del bienestar humano y la equidad social a la vez que reduzcan de forma significativa los riesgos medio ambientales y la escasez ecológica*. En su reciente informe sobre “Economía verde” (UNEP, 2011) y de manera específica en lo relativo a la acuicultura, propone:

- Organizarse para garantizar la mínima degradación medioambiental
- Paralizar la cría de especies carnívoras tales como el salmón, atún rojo y lubina hasta que no se desarrollen fuentes de obtención de carne de pescado independientes de las poblaciones salvajes
- Adoptar tecnologías integradas que permitan la producción acuícola lo más autónoma y autosuficiente posible
- Desarrollar sistemas de gestión fiables para el desarrollo de prácticas “verdes” en acuicultura

¹Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo, de 19 de septiembre de 2002, «Estrategia para el desarrollo sostenible de la acuicultura Europea» [COM (2002) 511 final - no publicada en el Diario Oficial].

1.1. La acuicultura continental en el Mediterráneo

La producción de acuicultura continental en el ámbito mediterráneo representa por lo general un porcentaje menor que el correspondiente a la producción de especies marinas. Sin embargo, en algunos países de su zona norte (ej. España, Francia, Italia, Grecia y Turquía) y del extremo oriental (ej. Israel, Libia y Argelia) la producción de especies de agua dulce es muy relevante, bien en términos comparativos con otros países (ej. Túnez o Marruecos) o por el porcentaje de la producción acuícola total (ej. Egipto), tanto para la exportación como para el consumo interno de dicha producción (FEAP, web AQUAMEDIA, 2011).

La acuicultura continental en sus orígenes se dedicaba a la cría de especies de ciprínidos, especialmente de la carpa, que por su fácil aclimatación a distintas calidades de agua y bajos requerimientos para su cría, suponía una fuente de proteína animal de fácil acceso. Posteriormente se inició la cría de la trucha y otras especies de salmónidos, cuyos requerimientos más estrictos respecto a la calidad de las aguas dieron lugar al establecimiento de pequeñas instalaciones acuícolas en zonas de media montaña con acceso a aguas de mayor calidad. La evolución de la actividad, además de estar marcada por la mejora de las tecnologías de producción, se ha dirigido hacia la incorporación de otras especies y hacia un mayor tamaño de las plantas de crianza.

La cría de nuevas especies se ha realizado en función de la calidad y características del agua en los distintos emplazamientos, así como de la demanda de los mercados externos o internos (ej. tendencia alcista de la producción de tenca, asociada a cierta demanda cultural y recreativa tradicional, en algunas zonas de España, Portugal y Francia).

En cuanto a las especies actuales de acuicultura continental, en el panorama mediterráneo predominan seis especies de salmónidos, un número idéntico de ciprínidos y otras especies (de las que ocho se encuentran desglosadas en las estadísticas reflejadas en la Figura 1.1). La trucha arco-iris y la carpa común son las especies con una producción mayor y una distribución más generalizada. Otras especies tienen un reparto menos generalizado en los diferentes países, si bien pueden ser importantes en algunos de ellos. Especialmente relevante es el caso de las tilapias, cuya producción es de gran importancia por su cuantía (sólo en Egipto la producción es muy superior a la del resto de especies en los demás países mediterráneos) pese a estar muy localizada en el extremo oriental del Mediterráneo (FAO, 2004). Estas diferencias importantes entre los distintos países respecto a las especies de cría predominantes, guardan relación con las posibilidades comerciales de los distintos mercados internos así como con los condicionantes ambientales, culturales y socioeconómicos propios de cada región. En la siguiente figura se describen las especies predominantes de cría en el conjunto de países europeos del entorno mediterráneo:

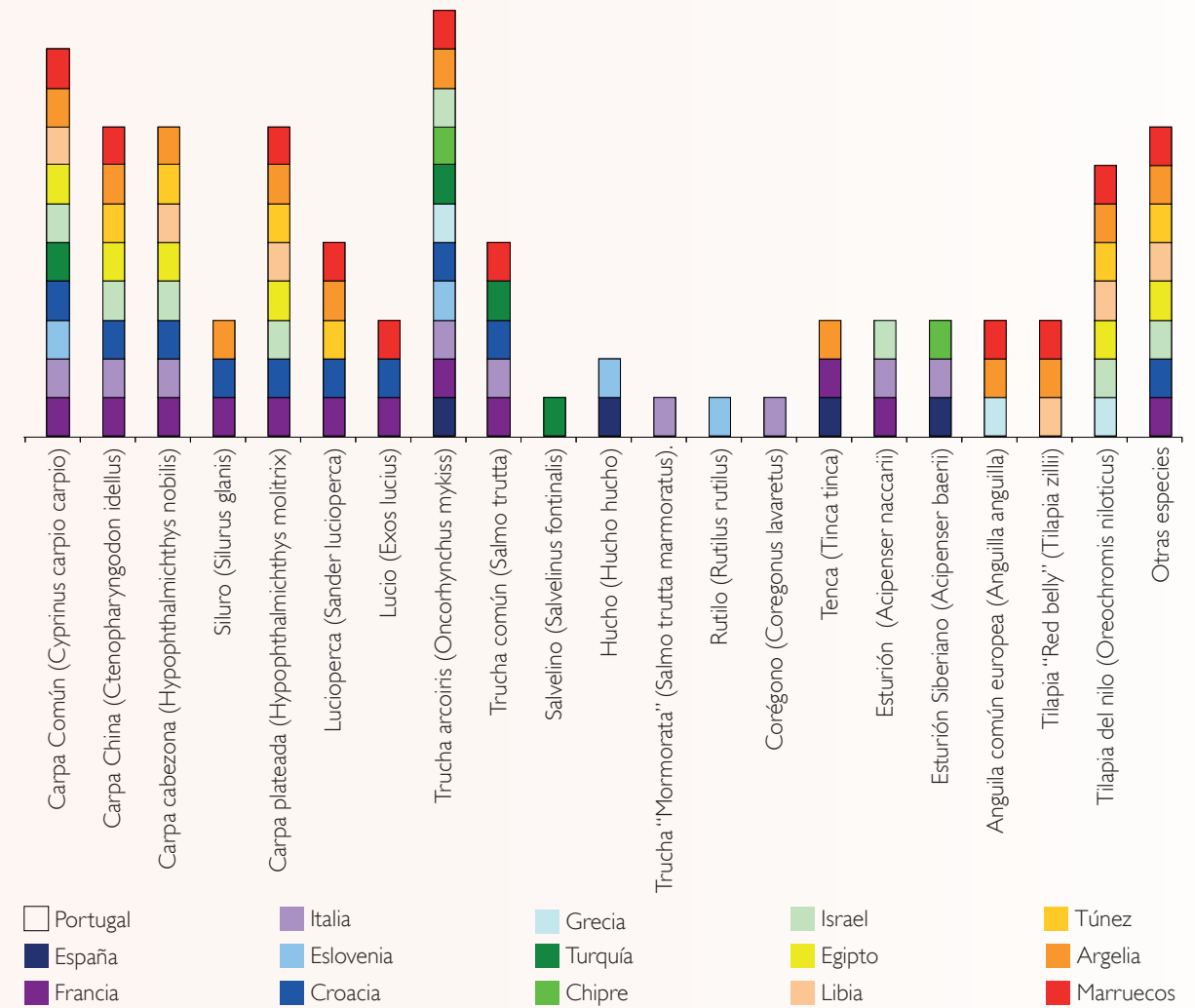


Figura 1.1: Distribución de las especies de acuicultura continental en los diferentes países del Arco Mediterráneo

Los datos de la última década parecen indicar una ligera tendencia al alza en la producción acuícola global en el arco mediterráneo. No obstante, los datos correspondientes a la porción de especies de acuicultura continental manifiestan una tendencia generalizada a la estabilización del sector, especialmente en los países cuyo porcentaje de producción dulceacuícola respecto al total del sector es alto. Una excepción a esta tendencia se muestra en el caso de Egipto donde las autoridades reconocen la actividad acuícola continental como factor productivo de gran relevancia, fomentando su expansión y crecimiento en un futuro próximo (ej. los datos correspondientes a su producción acuícola anual en el periodo 2000-2008 han pasado de 340.000 T/año a 695.000 T/año, en el que casi la mitad de esta producción corresponde a ejemplares de tilapia en los últimos años de dicho periodo).

1.2. Justificación de la guía

Dadas las tendencias del sector acuícola continental, la aplicación de principios de sostenibilidad a la producción aparece en un análisis DAFO (*análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades*) como un posible elemento dinamizador con el que dar un nuevo impulso al sector, afrontando amenazas y aprovechando oportunidades.

	FORTALEZAS	DEBILIDADES
ANÁLISIS INTERNO (CONTROLABLE)	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de ofertas al mercado de productos de calidad homogénea durante todo el año • Alta calidad de producción • Completa trazabilidad • Existencia de normas y sellos de calidad y garantía, incluyendo criterios ambientales 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de una política de imagen y comunicación desarrollada • Falta de una política de formación (ambiental) adecuada • El escaso o nulo acceso a la I+D+i, incl. desarrollo de algunas técnicas (ej. antifouling) • Incompleta implantación de buenas prácticas ambientales
ANÁLISIS EXTERNO (NO CONTROLABLE)	<ul style="list-style-type: none"> • Percepción de los productos como saludables • Acceso a fondos y soluciones de I+D+i • Apoyo institucional y económico a sellos de calidad, acuicultura ecológica y/o vinculada al desarrollo local • Compatibilización de la actividad con la conservación de los ecosistemas • Acuicultura para la conservación de especies 	<ul style="list-style-type: none"> • Largos plazos para obtener autorizaciones y concesiones • Costes de ocupación del terreno y de uso de aguas y otros recursos • Competencia/conflictos por el espacio y recursos naturales con otras actividades • Inadecuada planificación y control de usos adecuado del espacio fluvial • Riesgos ambientales por episodios de contaminación o alteraciones del medio (ej. mejillón cebra) • Crecientes requisitos ambientales • Pérdida de imagen pública por la huella ecológica asociada a los productos

Tabla 1.1 Matriz DAFO para el sector acuícola continental (Elaborada a partir de Vela y Ojeda, 2007)

Una acuicultura sostenible requiere de una visión que sobrepase los límites de la propia instalación para integrarse en el funcionamiento global de la zona donde se encuentre, y de las poblaciones biológicas que implica. En este sentido, una posible aproximación al proceso productivo de la acuicultura es aplicar el enfoque ecosistémico (EAA) como una herramienta para asegurar el desarrollo sostenible del proceso, asegurando el bienestar social, económico y ambiental a través de los principios básicos (FAO, 2010):

- Principio 1: El desarrollo y la gestión de la acuicultura deben tener en cuenta el rango completo de **servicios y funciones del ecosistema**, lo que implica la definición de los límites del ecosistema mediante la capacidad de asimilación, la capacidad de carga y la adaptación de la instalación acuícola acorde con estos.
- Principio 2: La acuicultura debería **mejorar el bienestar humano y la equidad para los principales agentes implicados**. En este sentido debe promover la igualdad de oportunidades para el desarrollo, un beneficio global repartido de manera equitativa y la seguridad y sanidad alimenticia como clave del bienestar general.
- Principio 3: La acuicultura debería desarrollarse de forma **integrada en el contexto de otros sectores, políticas y objetivos generales de la sociedad**, tratando de vincularse con otros sectores de producción para promover el reciclado de los materiales y la optimización en el uso de los recursos.

Esta Guía centra la atención en el primero de estos tres principios básicos, aportando análisis y recomendaciones para las interacciones de la acuicultura continental con el medio ambiente. Es uno más de una serie de guías orientadas a construir las directrices para el desarrollo responsable y sostenible de la acuicultura, y pretende completar las demás Guías que se han publicado ya o que están en elaboración.

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 dulceacuícolas sostenibles adaptados a la realidad mediterránea y basadas en el conocimiento técnico y científico actual.

1.4. Organización del documento

Esta Guía consta de 16 capítulos que tratan los aspectos de interacción con el medio ambiente más relevantes para la actividad acuícola continental en el Mediterráneo. Su contenido se basa en las aportaciones realizadas por los diferentes co-autores de la Guía y en las reflexiones colectivas y del equipo de coordinación con el objetivo de homogeneizar los diferentes textos y eliminar duplicidades, fomentándose las referencias cruzadas entre los capítulos.

Cada uno de los capítulos reflexiona acerca de la problemática actual y enumera retos y recomendaciones claves para la sostenibilidad de la acuicultura continental mediterránea. Asimismo, la Guía incluye imágenes, casos prácticos, y bibliografía (citada y recomendada) para permitir una profundización de los conocimientos.

2. Selección y acondicionamiento del sitio

La apropiada localización de una instalación de acuicultura es uno de los factores más importantes a la hora de determinar su viabilidad económica, minimizar las posibles interacciones con el medio ambiente y conciliar su presencia con otros usos.

El crecimiento de la producción acuícola continental en el Mediterráneo, si se produce, será con nuevos emplazamientos. No parece que vaya a producirse mediante la ampliación de Instalaciones Acuícolas Continentales (IAC) actuales, pues ya están bastante bien adaptadas al margen de disponibilidad del agua en calidad y cantidad.

2.1. Situación actual

No siempre el emplazamiento más adecuado se encuentra disponible y una selección adecuada debe considerar tanto los conflictos por el uso y la calidad de los recursos (tierra y agua), como las posibles afecciones e interacciones con el medio ambiente. La elección de las especies debe realizarse de manera anticipada según las necesidades del mercado, y la innovación y diversificación en el sector. La elección del emplazamiento se realiza, por lo general, en función de las especies a criar y las mejores tecnologías.

2.2. Principio

Las dimensiones social, económica y ambiental se deben integrar a la hora de identificar la idoneidad de un área para desarrollar la actividad acuícola. Este "desarrollo sostenible" se puede plasmar a través del Enfoque Ecosistémico de la Acuicultura (EAA) como: "una estrategia para la integración de la actividad dentro de un ecosistema más amplio de tal forma que promueva el desarrollo sustentable, la equidad y la resiliencia de los sistemas ecológicos y sociales que allí se conectan" (Soto *et al.*, 2007).

2.3. Directrices y recomendaciones

En la elección del emplazamiento de una instalación acuícola continental se deben considerar tres escalas (de mayor a menor detalle):

- la ubicación local
- la escala de cuenca o Demarcación donde se enmarca la instalación
- la escala regional o global

La escala detallada marcará las particularidades de la instalación, sus condicionantes constructivos y operativos; la cuenca ayudará a evaluar la calidad y cantidad de agua disponible, la presencia de posibles presiones que puedan interferir en la actividad, considerar las posibles interacciones con el medio ambiente y contextualizar la visión ecosistémica antes descrita; y la viabilidad y condicionantes territoriales, macroeconómicos y de los mercados se analizan a nivel regional.

Los aspectos ambientales a considerar son los siguientes:

- Los ecosistemas, fauna, flora y paisajes deben ser considerados en la selección del emplazamiento. En los capítulos correspondientes, esta Guía aporta recomendaciones específicas
- Se recomienda **evitar las cuencas con alta erosión** (ej. deforestadas), ya que una mayor concentración de sólidos en suspensión y nutrientes afecta a la productividad y vida de los peces y la producción de oxígeno. En cuanto a su superficie, el área debería **ser plana (<2%) y lo suficientemente extensa** para permitir expansiones futuras y preferiblemente con formas regulares para la construcción de la instalación acuícola (Pillay, 2005). También se recomienda el emplazamiento de las mismas en balsas o tanques en tierra sobre **suelos con >20% de arcillas**, por su capacidad de absorción de nutrientes, su permeabilidad y su resistencia a la erosión
- La selección de especies y sistemas de cría se debe basar en el análisis de las **características climáticas**, como las temperaturas medias y extremas, el régimen de precipitaciones
- Se debe evaluar la **disponibilidad de agua**, considerando también el efecto de las sequías frente a la necesidad de un caudal base. La **calidad del agua** debe satisfacer los rangos óptimos y límites de tolerancia particulares de la especie en cuanto a las características físico-químicas del agua (ej. contenido en oxígeno, temperatura, o pH)
- Adicionalmente, han de tenerse en cuenta los **riesgos** que surgen de la interacción de la actividad con el medio (Pillay, 2005)

En la selección de emplazamientos es necesario evaluar criterios socio-económicos tales como la accesibilidad tanto a los insumos (disponibilidad y coste de la mano de obra, energía, piensos, etc.) como a los mercados receptores del pescado, siendo especialmente importante las preferencias y aceptación de los consumidores y cuestiones administrativo-jurídicas, como el acceso a licencias y permisos (Simard *et al.*, 2008) y los derechos de propiedad y la seguridad.

En este sentido, la carga tributaria de los cánones ligados al uso del agua varía según la Comunidad Autónoma² o la Cuenca Hidrográfica. Se recomienda mejorar la coordinación interadministrativa que vele por la competencia en igualdad.

Otra recomendación importante que lanza esta Guía es emplear la **participación pública como herramienta útil en el proceso de toma de decisión**, sobre todo en el desarrollo de planes de promoción a escala regional. El emplazamiento de la producción acuícola se enmarca en un determinado contexto social, histórico y cultural que puede favorecer o contraponerse a la actividad.

2.4. Herramientas para la selección

Existen diversas herramientas para seleccionar la mejor ubicación de una IAC, integrando criterios sociales, económicos y ambientales y para conocer las condiciones de contorno socioeconómicas de los ecosistemas y las posibles interacciones entre ellos (FAO, 2010). GISFish (*Global Gateway to Geographic Information Systems, Remote Sensing and Mapping for Fisheries and Aquaculture*: www.fao.org/fishery/gisfish) constituye una buena recopilación sobre metodologías, herramientas, casos de estudio e información geoespacial para la acuicultura.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten gestionar y analizar la información sobre una zona geográfica, analizar relaciones espaciales y modelar procesos espaciales (FAO, 2010) y respaldar una Evaluación Multicriterio (EMC) para la toma de decisión (ej. emplazamiento de IAC), considerando múltiples criterios y factores de forma simultánea y transparente.

IDONEIDAD EMPLAZAMIENTO	CATEGORÍAS	CRITERIOS (Mapas Temáticos)	Clase de atributos	Aptitud	Puntuación
	ESPECIES	Calidad de agua	Salmonícola	Apto	1
			Ciprinícola	No apto	0
		Vertidos (DBO)	≥ 3mg/l O ₂	Apto	1
			≤ 3mg/l O ₂	No apto	0
	TEMPERATURA	Temperatura	5-20 °C	Apto	1
			< 5 o 20 > °C	No apto	0
			0 - 2 %	Alta	2
	INSTALACIONES	Pendiente	2 - 8 %	Media	1
			> 8 %	No apto	0
Calizas, ...			Alta	3	
Litología		Arcillas	Media	2	
	Gravas	Baja	1		
	LOGÍSTICA	Distancia a núcleos	0 - 5 Km	Alta	3
5 - 10 Km			Media	2	
10 - 15 Km			Baja	1	
RESTRICCIONES LEGALES	Espacios Naturales Protegidos	Infraestructuras	Análisis de conectividad	-	
		No vinculados al medio hídrico	Apto	1	
		Vinculados al medio hídrico	No apto	0	

Tabla 2.1 Ejemplo de categorías, criterios y atributos asociados para evaluar la idoneidad del emplazamiento

² Ej.: la tributación por canon autonómico de la utilización de agua en IAC para una instalación mediana supone una mayor carga fiscal para las instalaciones en Galicia (29.640,16€/año), líder de la producción en España, vs. otras Comunidades como La Rioja (44.79€/año) o Andalucía (17.92€/año) (MARM, 2007).

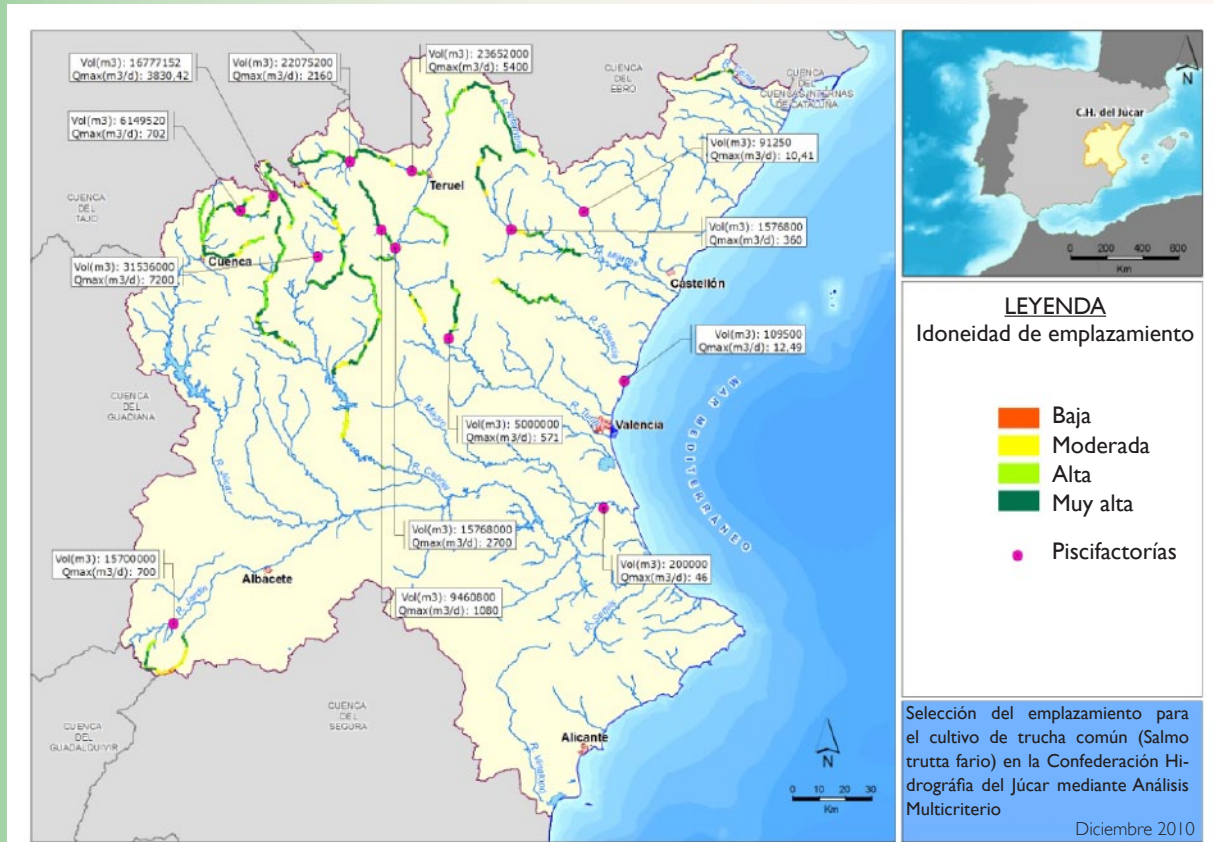


Figura 2.1: Mapa de idoneidad y de las instalaciones acuícolas activas en la Demarcación Hidrográfica del Júcar (España), con ArcGIS 9.2, basado sobre un grado de detalle de 20 x 20 m



3. Domesticación

Domesticar consiste en fomentar ciertos caracteres morfológicos, fisiológicos o conductuales (Pettersson *et al.* 1996), por medio de una interacción prolongada y de una selección intencionada de rasgos heredables por parte del ser humano con el objeto de obtener beneficios determinados. La acuicultura es la expresión en los organismos acuáticos (especialmente peces) de la domesticación, y se remonta hacia el año 3.800 a.C., cuando ya se criaban carpas en la antigua China.

3.1. Interés, principios y directrices de la domesticación

En la acuicultura, la domesticación tiene como objetivo maximizar la producción con mínimos riesgos para el productor.

Uno de los principios de la domesticación es la utilización de la selección genética para obtener mayor productividad. Tiene como partida la elección de individuos o grupos de individuos susceptibles de mejorar su descendencia, (ej. por el tamaño y volumen de los huevos, el número de huevos total y por kilogramo de peso vivo, etc.). También se encuentran variaciones en los coeficientes de crecimiento de los alevines, el tiempo requerido para la obtención de la talla comercial, la supervivencia en los diferentes estadios, y la calidad de la canal del pescado obtenido, por ejemplo (Blanco, 1984). Cabe añadir que debido al diferente grado de heredabilidad de los rasgos fenotípicos y a la dificultad para controlarla, en la actualidad se recurre a la hibridación y la manipulación genética para obtener resultados más seguros.

Con la domesticación se pretende, en primer término:

- **Seleccionar aquellos caracteres que faciliten el manejo**, como la menor agresividad, de modo que los peces toleren las altas densidades que se dan en las explotaciones y que son condición para su rentabilidad. Se ha comprobado (ej. en la trucha común, *Salmo trutta*) que los peces salvajes resultan relativamente más agresivos a altas densidades que sus conespecíficos de instalación acuícola, en los que la cantidad de alimento disponible no tiene efecto sobre el comportamiento agonístico. Esto indica que la selección para un rápido crecimiento en criaderos puede resultar en una selección indirecta de una agresividad reducida (Hedenskog *et al.*, 2002; Huntingford, 2004)
- **Cerrar los ciclos vitales en cautividad**. Este aspecto es importante ya que se evita la dependencia de la captura de juveniles salvajes, con el beneficio añadido de no afectar a las reservas pesqueras, contribuyendo así a su conservación. Además, al independizarse de las fuentes genéticas salvajes, se facilita la domesticación auténtica ya que puede llevarse a cabo la selección real de rasgos deseables en acuicultura (especificados en este apartado)
- **Seleccionar los caracteres que maximicen la tasa de crecimiento**. Por medio del manejo de la descendencia se pueden seleccionar como reproductores, a lo largo de las generaciones, a los individuos que muestren mejores y más rápidos crecimientos con el objeto de acortar los tiempos de engorde y aumentar la rentabilidad en términos de recursos consumidos y balance económico. En relación con la selección de los mecanismos de control fisiológico del crecimiento, se ha comprobado cómo en una población de salmón atlántico la producción de hormona del crecimiento (GH) es significativamente mayor que en la población salvaje fundadora, después de siete generaciones de selección (Fleming *et al.*, 2002)

- **Seleccionar individuos resistentes a enfermedades.** Los mismos sistemas de selección citados anteriormente se pueden emplear para obtener cepas que toleren mejor las enfermedades que pueden afectar a las especies criadas, muy especialmente en las condiciones de alta densidad que concurren en las explotaciones. Dentro de este marco se ha constatado que la selección de reproductores con una respuesta reducida en la secreción de cortisol a situaciones de estrés ambiental comunes en la acuicultura conllevaría beneficios en términos de resistencia a las enfermedades, la condición reproductiva y la tasa de crecimiento (Pickering, 1993)

En un segundo término, con la domesticación se plantea:

- **Mejorar la aceptación del pienso como alimento.** Es importante para facilitar el manejo y reducir los costes de producción
- **Obtener cepas con reducida capacidad de supervivencia en el medio natural.** Esto tiene como objetivo evitar la contaminación genética del medio natural en caso de fuga de ejemplares al mismo, minimizando los riesgos de competencia o depredación sobre individuos de la misma u otras especies salvajes
- **Obtener cepas domesticadas de baja capacidad reproductiva en el medio natural** (ej. cepas de descendencia estéril). Las especies criadas pueden ser autóctonas o alóctonas con relación a las masas de agua donde se críen, siendo igualmente indeseable la contaminación genética que sucede por la fuga y posterior reproducción en el medio salvaje. En el caso de especies autóctonas, la reducción de la capacidad reproductiva minimizará el riesgo de cruce de cepas salvajes con domésticas, lo que de producirse podría conllevar una reducción de las habilidades adaptativas de aquéllas. En el caso de especies alóctonas, con la capacidad reproductiva atenuada o anulada, se evita la invasión de las comunidades naturales por parte de animales que podrían implicar serios riesgos ecológicos para las mismas. La hibridación resulta un método útil para la obtención de individuos estériles con bajo índice de desarrollo gonadal, rasgo éste muy deseable en los peces destinados al mercado de carne de pescado (tienen mayor rendimiento y calidad de carne), y rasgo aquél (la esterilidad) deseable para evitar riesgos de contaminación genética del entorno natural

3.2. Riesgos de la domesticación

Ya se ha visto que la domesticación implica la selección de rasgos deseables para el manejo y la producción en condiciones controladas que no tienen por qué ser equivalentes (y de hecho no lo son) a las que se dan en estado salvaje. En consecuencia, en caso de interacción entre poblaciones domesticadas y poblaciones salvajes pueden producirse diversos efectos indeseables que afecten a la integridad y diversidad genética de las segundas (Gross, 1998; Huntingford, 2004; Svåsand *et al.*, 2007). Entre estos efectos destacan:

- **La depresión adaptativa** que se deriva como consecuencia del cruce de cepas salvajes con otras domesticadas no adaptadas por selección natural a las condiciones del medio receptor en que evolucionaron las poblaciones salvajes
- **La pérdida de identidad genética de las poblaciones salvajes** contaminadas con material genético de las cepas domesticadas
- El exceso de consanguinidad en los cruces y retrocruces inducidos en los procesos de se-

lección puede tener, a su vez, efectos indeseables, como el **incremento de frecuencia de homocigotos recesivos** (depresión por consanguinidad), que manifiesten defectos o malformaciones del tipo del enanismo, curvatura de la columna vertebral, coloraciones anómalas, incremento de la susceptibilidad a ciertas enfermedades, etc. (Tave, 1999)

Debe reseñarse que los animales cruzados normalmente tienen una menor supervivencia debido a su menor adaptación al medio natural, lo que suele conducir a la extinción de las líneas híbridas *domestico* × *salvaje* mientras los animales cien por cien salvajes predominan. A pesar de todo, no se debe olvidar que la presencia de individuos domésticos en el medio natural constituye un riesgo para la identidad genética de las cepas salvajes además de un riesgo sanitario por la dispersión de patógenos (Naylor *et al.*, 2005).

Los Organismos Modificados Genéticamente (OMGs) en la acuicultura pueden llegar a ser una forma de mejora en producción acuícola (Devlin *et al.*, 2001). En la trucha arco iris, por ejemplo, se han desarrollado transgénicos con mayor rapidez de crecimiento insertando el gen para la producción de hormona del crecimiento bovina (Chandler *et al.*, 1990). En cualquier caso, los OMGs deben ser utilizados en conformidad con los principios del Protocolo de Cartagena. Para obtener garantías de seguridad, las técnicas de inducción de transgénicos deben desarrollarse con exquisita precisión y eficiencia, especialmente con respecto a los lugares de integración, de modo que en ningún caso las secuencias integradas contengan ADN de origen viral u otro tipo de genes no necesarios para obtener el fenotipo buscado (Beardmore & Porter, 2003). En cualquier caso, es necesaria una profunda investigación y difusión de información precisa y rigurosa, de modo que sea posible la creación de un marco regulador para la explotación de OMGs sobre la base de criterios fiables y objetivos.

3.3. Creación de reservas genéticas

El desarrollo de la tecnología en la acuicultura puede y debe servir para crear y mantener reservas genéticas, no solo de las cepas domesticadas, sino también de las cepas salvajes de las especies de origen que se encuentren amenazadas, cumpliendo a la vez con el objetivo conservacionista de preservar la identidad genética de las poblaciones y con el de mantener un reservorio de diversidad que facilite la mejora de las cepas domésticas. No obstante, hay que insistir en que la mejor forma de preservar cepas salvajes es asegurar sus poblaciones en su medio natural, pudiendo ser la crianza un medio auxiliar.

A veces se da el caso de que una especie o su hábitat se encuentra tan amenazada/o que la única alternativa viable es recolectar individuos de las poblaciones salvajes y transferirlas a un sistema de acuicultura, o, cuando es posible, traslocarlas a una localización alternativa adecuada para crear una nueva población en una zona protegida libre de amenazas. Los animales así manejados pueden ser en un futuro devueltos a su medio primitivo una vez restauradas las condiciones adecuadas. Este sistema ha sido aplicado en Escocia y Canadá para preservar poblaciones locales de *Coregonus* spp. (Maitland, 1979; FAO/PNUMA, 1984) y en España para el cangrejo de río autóct-

tono (*Austropotamobius italicus*). Las técnicas de acuicultura pueden ser utilizadas como base para reforzar a corto plazo las poblaciones locales que tengan problemas temporales de reclutamiento.

Para asegurar la conservación de las líneas salvajes en cautividad, éstas deben mantenerse en al menos dos instalaciones acuícolas distintas, lo que garantizará la supervivencia en el caso de que se produzca un incidente de mortalidad por infecciones u otro tipo de accidentes, así como también servirán para “refrescar” poblaciones en las que se detecte disminución de la variabilidad genética.

Otra vía de conservación es el almacenamiento *ex situ* de material genético criopreservado en bancos de esperma, que permita su utilización en las instalaciones acuícolas si fuera necesario (FAO/PNUMA, 1984).

3.4. Recomendaciones

Se pueden establecer las siguientes recomendaciones:

- **Promover la investigación** en materia de domesticación para obtener mejores cepas productoras, aislar genéticamente a las cepas domesticadas de las salvajes y así asegurar la preservación de la biodiversidad salvaje, y reducir la capacidad de supervivencia y reproducción de las cepas domésticas fuera de las instalaciones de cría
- **Promover un manejo adecuado de las reservas génicas** para minimizar los efectos perniciosos de la depresión por consanguinidad
- **Respetar los principios de cautela** en la manipulación genética de líneas de cría
- **Promover la creación de bancos de material génico** que asegure la preservación tanto de las cepas domesticadas como de los genotipos salvajes

3.5. La crianza de la tenca

Como una de las especies destacables en esta materia, la tenca (*Tinca tinca*) tiene una larga tradición en Europa como especie de acuicultura extensiva, siendo criada en aguas abiertas (charcas y lagunas) por métodos tan simples como la mera liberación de los peces, la fertilización de las aguas para favorecer la producción de alimento, y la recolección final mediante redes o pesca eléctrica. La domesticación, así, no ha sido real hasta tiempos recientes en que se ha buscado la intensificación de la actividad.

En el este de Europa se está desarrollando fuertemente la producción en instalaciones acuícolas, mientras en España sigue siendo muy común la cría semintensiva en charcas. En las dehesas del suroeste de la Península Ibérica es frecuente la utilización mixta de charcas para el abrevadero de ganado en régimen extensivo y cría de tencas. Las dos charcas más famosas, El *Casar* y Broza, no han cambiado su sistema de cría tradicional desde su construcción hace más de 3 siglos.

En el paso de la reproducción natural a la propagación artificial existe el riesgo de que aparezcan ciertos cambios genéticos, ya que las presiones de selección no son las mismas en el medio natural que en el ambiente altamente protegido de la instalación acuícola. Además, la gran capacidad reproductiva de muchos peces, que potencialmente producen un gran número de descendientes por parental, puede dar lugar a que se produzca un cierto deterioro como consecuencia de la existencia de consanguinidad (Elorrieta, 1993).

Por otra parte, el continuo establecimiento de reservas de producción a partir de poblaciones naturales y criadas, da lugar, en muchos casos, a reservas bastante diferentes de las poblaciones originales. En consecuencia, la resiembra de estas poblaciones cultivadas en áreas de reproducción natural, por ejemplo para pesca recreativa, afecta a la diversidad genética de las poblaciones nativas (Berg & Gall, 1988; Elorrieta, 1993).

En la República Checa se inició en 1996 un programa nacional para la conservación de los recursos genéticos de líneas puras cultivadas de tenca y otras especies de agua dulce. Dicho programa tiene como objetivo el proteger las líneas puras locales, y mantener su variabilidad genética frente a las importaciones de líneas, uso de híbridos y movimiento de líneas entre instalaciones acuícolas (MAPA, 1999).

4. Captura de reservas salvajes

Las interacciones entre la pesca y la acuicultura son numerosas (Cataudella *et al.*, 2005), y este capítulo se centra en las pesquerías de huevos o alevines salvajes y en la captura de reproductores para la acuicultura.

La acuicultura sostenible requiere que la captura de huevos o alevines salvajes para su crianza y engorde en las instalaciones acuícolas no afecte negativamente al estado natural o viabilidad de las poblaciones de las que proceden, así como tampoco a sus ecosistemas o biodiversidad.

Se pueden considerar diversos aspectos importantes de este tipo de pesquerías por ser fundamentales para la utilización sostenible de los recursos, si bien son aún poco comprendidos

o extremadamente difíciles de cuantificar. La información biológica clave necesaria para una correcta gestión de las capturas incluye el conocimiento de los efectos densodependientes entre huevos y mortalidades naturales específicas. Estos parámetros son de importancia crítica porque dictan cuántos huevos pueden ser extraídos del medio salvaje sin afectar las reservas de adultos (Sadovy de Mitcheson & Liu, 2008).

En la actualidad, para la mayoría de las especies comerciales se cuenta con criaderos capaces de producir huevos, reduciéndose gradualmente la dependencia de los salvajes, si bien existen aún especies que no han podido ser reproducidas en cautividad.



Figura 4.1: Angulas

© R. Barrera

4.1. Situación actual

Existen distintos motivos para la captura de reservas salvajes:

- Obtener individuos que engordar
- Introducir nuevo material genético reproductor
- Preservar la identidad genética

Uno de los objetivos de la domesticación es el cierre de los ciclos biológicos de las especies cultivadas. Sin embargo, no siempre se logra y hay que recurrir a capturar larvas o individuos juveniles para engordarlos en la instalación acuícola, hasta que se consiga obtener la reproducción en cautividad (de modo rentable). De modo general, las especies a engordar suelen tener en común una alta demanda en el mercado, alta predictibilidad en relación al momento y localización que facilitan su captura, y un alto valor en el mercado.

4.2. Planificación

El momento de capturar los huevos para la crianza en factorías es clave, siendo imprescindible un adecuado conocimiento del ciclo biológico de las especies objetivo y de las necesidades para la



Figura 4.2: Pesca de angulas en el río Guadalquivir

© R. Barrera

producción. Es preciso identificar cuánto hay que capturar para abastecer la acuicultura, cuándo, dónde se encuentran los huevos salvajes y cómo hay que hacerlo para asegurar el éxito y minimizar los efectos sobre las poblaciones objetivo y los costes ambientales de las capturas incidentales de otras especies (Sadovy de Mitcheson & Liu, 2008).

En este contexto, es importante **fomentar la investigación para cerrar los ciclos de las especies cultivadas**, prescindiendo de la captura de reservas salvajes.

4.3. Consecuencias ambientales

El manejo de los peces capturados en medio salvaje y su transporte a IAC acarrea riesgos sanitarios por la diseminación de enfermedades y de contaminación genética asociada a las fugas de peces en los puntos de destino (Sadovy de Mitcheson & Liu, 2008). Suele aducirse que los huevos obtenidos del medio salvaje tienen una menor morbilidad, pero las condiciones de estrés que se producen en el transporte pueden aumentar la susceptibilidad a las enfermedades.

Otra interacción negativa es la captura incidental de otras especies diferentes, que son descartadas y pueden suponer un porcentaje muy alto de la captura. La interacción para dichas especies, tengan o no aprovechamiento comercial, puede llegar a ser importante.

4.4. Viabilidad de las poblaciones salvajes

Como se ha dicho, es preciso asegurar la viabilidad de las poblaciones de las que se extraen las reservas (de huevos o reproductores) respetando su renovación genética. Las pesquerías de huevos salvajes para la crianza y engorde en instalación acuícola frecuentemente no tienen un control efectivo. Las medidas de manejo son relativamente recientes y se han adoptado desde que se ha detectado un descenso sustancial en las fuentes de huevos. Deberían establecerse regulaciones específicas para los problemas complejos de su pesquería, incluyendo el deterioro del hábitat o la contaminación del agua, con un papel clave en la disminución de efectivos.

4.5. La captura de reservas salvajes como herramienta de conservación

Como ya se ha comentado antes, la captura de reservas genéticas amenazadas y su mantenimiento en cautividad en instalaciones acuícolas, puede resultar una buena estrategia para

preservar poblaciones amenazadas o formas genóticas locales, adaptadas al medio durante cientos de generaciones (FAO/PNUMA, 1984).

No obstante, se han descrito efectos indeseables tras recluir individuos de cepas salvajes en instalaciones acuícolas como diferencias genéticas con la supuesta población de origen, la aparición de diferencias entre reservas del mismo origen en distintos centros, la reducción de *loci* *polimórficos* en hasta un 50%, la reducción de la variabilidad genética y de la heterocigosis, mortalidades elevadas y la aparición de morfologías atípicas, sin contar el efecto de domesticación de los comportamientos de alimentación y huida (Ryman, 1981; Ryman & Stahl, 1980; Ryman & Stahl, 1981; Vuorinen, 1984; Wallace, 2000). Estos aspectos no descartan el empleo de esta estrategia de conservación pero sí hacen notar que no constituye ninguna panacea y debe ser aplicada con sumo cuidado.

4.6. Recomendaciones

Se pueden establecer las siguientes recomendaciones:

- Debe dirigirse esfuerzo investigador al cierre de los ciclos reproductivos en cautividad para conseguir producir los huevos en criadero como medio de aligerar la presión sobre las poblaciones salvajes de las especies que dependen completamente de la pesca de los mismos (ej. anguila)
- La pesca de huevos para los criaderos debe llevarse a cabo de modo responsable siguiendo criterios de conservación de la pesquería
- La captura de peces adultos para la renovación de genitores no debe afectar a las poblaciones salvajes

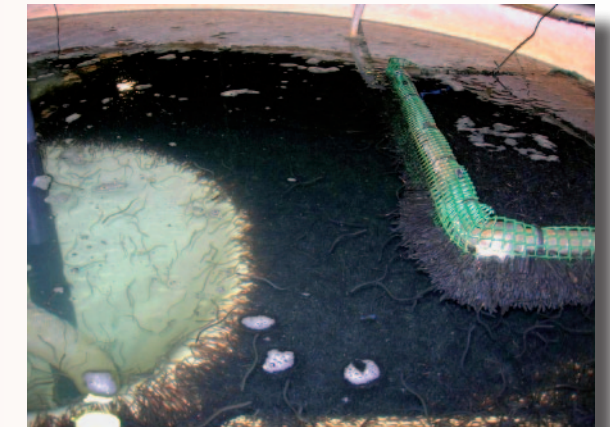


Figura 4.3: Tanque de cuarentena

© R. Barrera



Figura 4.4: Primera alimentación con huevo de bacalao

© R. Barrera

4.7. La captura de angulas para su engorde

La anguila europea (*Anguilla anguilla*) se distribuye a lo largo de las costas de Europa y del Mediterráneo de África y Asia.

En muchas partes de Europa es tradicional la captura de angulas para su transferencia a instalaciones acuícolas

donde se engordan para su posterior consumo. Actualmente la captura anual de angulas en Europa ronda las 150 toneladas con una clara tendencia al alza, de las que aproximadamente 100 se destinan a la acuicultura y el resto al consumo directo en España, en el mercado de las *Delikatessen* (Nielsen & Prouzet, 2008).

La reproducción artificial de la anguila no es posible en la actualidad, de modo que la acuicultura se basa en su captura. Se estima que el reclutamiento de la reserva de anguilas está en seria caída, habiendo sobrepasado los límites de seguridad biológica y haciendo insostenible la pesquería en la actualidad, si bien la causa exacta de esta situación es desconocida. Se puede achacar la misma a una combinación de sobre-explotación, cambios oceanográficos y climáticos, degradación del medio dulceacuícola donde maduran, contaminación y situación sanitaria (Nielsen & Prouzet, 2008). Recientemente se ha demostrado que, en contra de lo que se creía, la población de anguila europea está formada por varias reservas, lo que da pistas sobre la escala geográfica a que deberían administrarse posibles medidas de protección (Sadovy de Mitcheson & Liu, 2008), si bien se sigue considerando panmíctica debido a la extremadamente escasa diferenciación genética (Ciccotti, 2005).

El comercio de anguilas europeas hacia Japón destinadas a la acuicultura ha tenido el efecto de la aparición de éstas en las aguas naturales del país asiático, existiendo un riesgo potencial de cruces entre *A. anguilla* y *A. japonica* y sobre la biodiversidad acuática (Sadovy de Mitcheson & Liu, 2008).

La correcta gestión de la explotación comercial de la anguila debería pasar por un conocimiento profundo de sus parámetros poblacionales, incluyendo estructura de edad, crecimiento, mortalidad natural, tamaño de la reserva de reproductores y reclutamiento (Ciccotti, 2005). No obstante, el conocimiento de estos aspectos de su demografía es muy limitado.

Para restaurar las poblaciones de anguila, la Unión Europea ha propuesto un Plan de Manejo que incluye una reducción de los niveles de captura para todos los estados vitales de la especie, y la valoración de la capacidad de carga de las aguas continentales en las que maduran las anguilas salvajes. Así mismo, se pretenden restringir las exportaciones de angulas vivas fuera de Europa para retener los huevos salvajes en la región de distribución natural de la anguila para abastecer a la acuicultura regional y favorecer el refuerzo de las reservas salvajes. El objetivo a largo plazo de este Plan es alcanzar un 40% de tasa de escape de las angulas que alcanzan las aguas continentales (Nielsen & Prouzet, 2008).



Figura 4.5: Anguilas comiendo pienso

© R. Barrera



5. Dietas y sus ingredientes

El desarrollo sostenible de la acuicultura intensiva, basada en la alimentación controlada de los peces, depende de la utilización óptima de los nutrientes por parte de las especies criadas y del mantenimiento de la calidad del agua. Son clave el cómo, cuándo, cuánto y qué a la hora de hablar de alimentación de peces, considerando las distintas especies y las diferentes condiciones de crianza (Lázaro, 2001). El control sobre el equilibrio nutricional, la disponibilidad de materias primas y nutrientes esenciales, la palatabilidad, la digestibilidad y las propiedades físicas de los alimentos para los peces resultan necesarios para conseguir una correcta alimentación y el éxito en la producción (Maura i Rayó, 1990). En este sentido, la técnica de formulación y fabricación de piensos compuestos puede suponer un menor coste en la producción (correspondiente al 50-70% del total), y reducir diferentes efectos de la acuicultura sobre el medio ambiente.

5.1. Formulación y fabricación de alimento

Los ingredientes usados en la alimentación animal son productos naturales o subproductos de procesos industriales. La proporción de éstos en las dietas difiere según la especie y el diseño de los diferentes alimentos, y dependiendo del precio del mercado, disponibilidad y composición. La fabricación de alimentos para peces conlleva un proceso tecnológico muy avanzado en comparación con las ganaderías terrestres tradicionales, debido principalmente al proceso de extrusión necesario para alcanzar las propiedades que los pellets de acuicultura requieren.

Esta técnica aporta importantes ventajas frente a los piensos granulados. Por un lado, permite mejorar la digestibilidad de ciertos nutrientes, y mejora su seguridad microbiológica. Por otro lado, la extrusión del alimento permite conferirle mayor estabilidad en el agua y controlar mejor la adición de grasas de acuerdo con las necesidades de cada especie piscícola (Rokey, 1995). Además favorece la ingesta controlada y diversificada en todos los peces en el caso de determinadas instalaciones y evita el acumulo de pellets en el fondo, así como la pérdida de calidad del agua, el consumo excesivo de oxígeno y el desarrollo de enfermedades secundarias.

5.2. Materias primas y constituyentes. Sostenibilidad

El alimento es cualquier sustancia sólida o líquida, normalmente ingerida por los seres vivos para satisfacer sus necesidades nutricionales (regulación del metabolismo y mantenimiento de las funciones fisiológicas) y psicológicas (satisfacción y obtención de sensaciones gratificantes). Se compone por macronutrientes como hidratos de carbono, proteínas y lípidos - requeridos en mayor proporción y suministradores principales de la energía metabólica - y micronutrientes como vitaminas y minerales, requeridos en cantidades más pequeñas pero indispensables para los diferentes procesos metabólicos y bioquímicos de los organismos vivos.



Figura 5.1: Diferentes tipos de milimetrajes y tamaños para alimentos de peces de acuicultura

© Grupo Dibaq

El uso de harina y aceite de pescado - recursos naturales renovables si sobre ellos se realiza un uso sostenible – se mantiene estable a nivel mundial desde los años 70, a pesar del incremento de la producción acuícola. La elección y combinación de materias primas en acuicultura tiene un papel importante en la reducción de los efectos sobre el medio ambiente marino.

Los fabricantes de alimento para peces de acuicultura, promueven por un lado el uso de materias primas provenientes de recursos naturales sostenibles, pescas reguladas y trazables, como por ejemplo para la **acuicultura ecológica**.

Además, se está disminuyendo el peso de estas materias primas en las fórmulas de engorde por aceites y fuentes de proteína vegetal, sin comprometer el crecimiento, el bienestar de los peces y las propiedades organolépticas del pescado. Por ello, la utilización de las harinas y aceites de pescado para la acuicultura, ha aumentado a ritmos inferiores a la producción piscícola mundial.

También deben considerarse los logros en los índices de conversión: mientras que el ganado vacuno medio para engordar 1kg necesita comer 8kg y 3kg en el caso del porcino, una especie como el salmón, en condiciones de acuicultura medias, lo consigue con 1,2kg de alimento. Esta misma especie en libertad, necesitaría comer 10kg de pescado salvaje para engordar 1kg.

5.3. Conclusiones sobre su formulación y uso

- Se debe trabajar en la **digestibilidad del alimento**. Esto es de vital importancia especialmente en los últimos tiempos, donde la necesidad de sustituir las harinas de pescado por fuentes de proteína alternativa (fundamentalmente vegetales), encuentran en la digestibilidad uno de los principales obstáculos. Es una forma de medir el aprovechamiento del alimento en el aparato digestivo para ser utilizado eficazmente por el pez para nutrirse. La digestibilidad está muy relacionada con la calidad de las materias primas. Productos con igual perfil químico-nutricional y con iguales niveles de energía pueden tener digestibilidades diferentes
- **La fabricación del alimento mediante extrusión** mejora su digestibilidad y proporcionan además grandes ventajas de manejo frente a otros tipos de pienso (ej. granulado)
- Se debe evitar que los peces utilicen las **proteínas** para producir energía y las utilicen para **su crecimiento**, ya que las fuentes de proteínas (y aminoácidos) son caras y repercuten mucho sobre el coste final del alimento. Es necesario encontrar el equilibrio de los lípidos con las proteínas en la dieta, para destinar cada nutriente a su función más eficaz. Los peces muestran elevadas necesidades proteicas en comparación con otros animales vertebrados, pero no por ello, los alimentos con alto contenido en las mismas son mejores para su desarrollo que los de una formulación equilibrada
- Una dieta deficiente en ácidos **grasos esenciales** puede producir alteraciones dérmicas, reducción del crecimiento, alteraciones de la reproducción, menor eficacia del alimento compuesto y un marcado incremento de la mortalidad. Los lípidos tienen una gran importancia en nutrición piscícola como fuentes de energía y ácidos grasos esenciales. Además aportan palatabilidad, intervienen en la absorción de las vitaminas liposolubles, en la síntesis de varios compuestos celulares y en su catabolismo para la obtención de energía

- Los **carbohidratos** son la forma biológica primaria de almacenamiento y consumo de energía. En el caso particular de la alimentación piscícola, aunque no existen requerimientos establecidos, es recomendable incluirlos en las dietas para lograr unas buenas propiedades físicas del producto
- Los **requisitos vitamínicos** de los peces no son muy altos pero tanto la deficiencia (avitaminosis) como el exceso (hipervitaminosis) de estas sustancias en la dieta piscícola pueden producir enfermedades, alteraciones metabólicas, retrasos en el crecimiento y alteración en los índices productivos de los peces. En raras ocasiones se puede atribuir estados carenciales a la falta de una sola vitamina, apareciendo las alteraciones metabólicas o patológicas cuando se produce un aporte insuficiente de varias de ellas
- Por su parte los minerales, son los encargados de aportar un correcto equilibrio metabólico del organismo. Los **minerales** son los encargados de constituir los tejidos duros (huesos y espinas) y blandos, además de ser los componentes activadores de enzimas y hormonas y elementos clave en la osmorregulación y el balance ácido-base
- Los **aditivos** que hoy en día se están utilizando en nutrición acuícola suponen un claro avance y una notable mejoría sobre la alimentación tradicional. Existen aditivos naturales cuya función principal es conseguir variadas mejorías productivas y sanitarias sobre los peces. El uso de probióticos, prebióticos e inmunostimulantes de varios tipos y naturalezas, está muy implantado en la nutrición acuícola mediterránea revolucionando y condicionando la utilización y dependencia del resto de materias primas
- Otros aditivos importantes son los **pigmentos** (ej. para el cultivo de la trucha arco iris), cuyo uso está dirigido a satisfacer las demandas del consumidor



Figura 5.2: Extrusor

© Grupo Dibaq



Figura 5.3: Alimento de trucha arco iris 7mm flotante

© Grupo Dibaq

5.4. La extrusión del pienso

Al igual que para un mismo pellet la flotabilidad es distinta en aguas dulces que saladas, también existen diferencias en los hábitos de consumo en las especies de crianza. Por estas y algunas otras razones relacionadas con los gustos y requisitos de cada piscicultor, la fabricación de alimentos para peces de acuicultura puede y debe adaptarse a cada situación en particular (Vargas, 2003).

El proceso de la extrusión, permite una gran versatilidad a la hora de ofrecer diferentes propiedades físico-

químicas y organolépticas a los pellets fabricados adaptándose a las exigencias de manejo de cada instalación en particular, así como de las especies y tipos de aguas.

El control de la expansión previa al extrusor, mediante la mayor o menor adicción de vapor de agua a la mezcla pre-acondicionada, la utilización de temperatura y presión, delimitan una densidad del alimento que va a estar muy relacionada con la flotabilidad en el agua.

Así, por ejemplo, se ha conseguido fabricar alimentos flotantes y estables en el agua durante varios minutos, aspecto muy útil en algunas IAC con bajas densidades y poca profundidad; alimentos de hundimiento lento para favorecer el consumo a especies más perezosas como la corvina; alimentos de hundimiento rápido para las épocas de mayor consumo; o incluso alimentos que son capaces de ascender hacia la superficie si son soltados a media altura de la jaula o estanque con sistemas de aire o agua a presión, con el fin de facilitar el consumo de todas las poblaciones de la instalación.

5.5. Uso de prebióticos para prevenir la enteritis de la trucha arco iris

La enteritis de la trucha arco iris es un síndrome de etiología no aclarada y tratamientos ineficaces, que sin embargo provoca importantes pérdidas por la mortalidad y los descensos de producción que ocasiona. Se manifiesta de forma marcada, a veces hemorrágica, principalmente a nivel distal pero que en ocasiones también presenta afectación de la mucosa intestinal proximal y

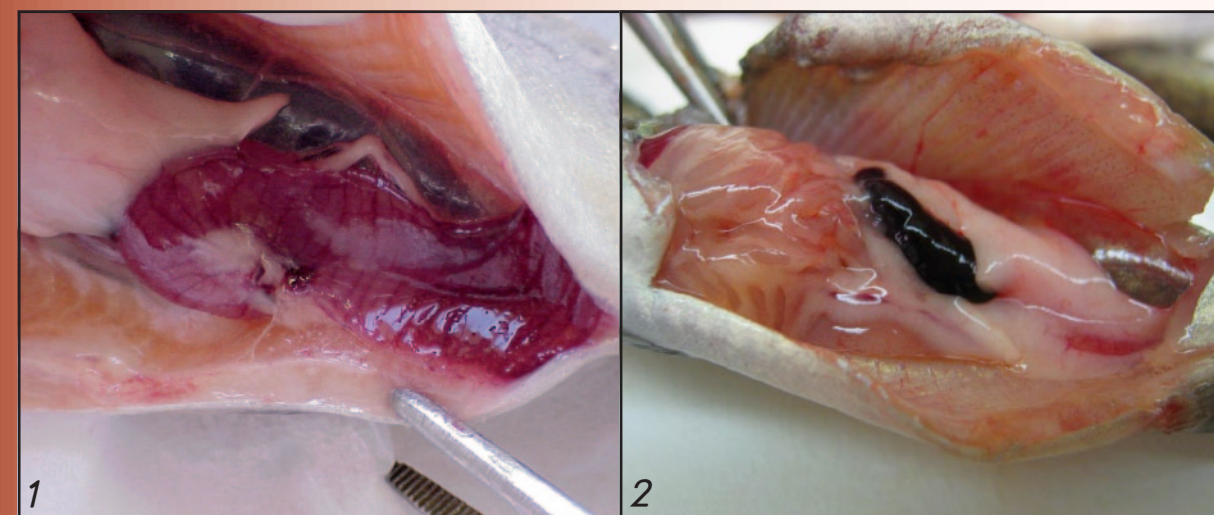


Figura 5.4: La imagen 1 muestra el estado de la porción distal de intestino de una trucha arco iris con enteritis hemorrágica. La imagen 2 un intestino sano alimentado con el pienso enriquecido con prebióticos

© Grupo Dibaq

gástrica. Se debe a la rotura del equilibrio de la flora intestinal a causa del estrés, la temperatura o el nivel de oxígeno inadecuados en el agua, la tasa de alimentación, etc.

La inclusión de aditivos funcionales en la dieta piscícola se presenta como una de las alternativas más eficaces para prevenir estos procesos en la producción de trucha arco iris³. La utilización de sustancias de acción prebiótica en el alimento ha demostrado que ayuda a prevenir su aparición, mejorando la estructura laminar de las microvellosidades del intestino y contribuyendo a mejorar sustancialmente los índices productivos. Por todo ello, se valora como un excelente alimento finalizador.

Además, gracias a la selección de materias primas en las que se han incorporado fuentes de proteína pre-digerida de vegetales, se ayuda a reducir los aportes proteicos que tradicionalmente se incluían a partir de harinas de pescado. La mayor digestibilidad proteica del alimento favorece también el mantenimiento de una mejor calidad del agua, debido a la menor eliminación de amoníaco por parte de los peces al medio. Los resultados de esta investigación sirven para diseñar un alimento piscícola de utilización habitual y su empleo está especialmente indicado en los periodos de alimentación más intensos, reduciendo el estrés de la alimentación y manteniendo a los peces en un estado saludable, con un aparato digestivo preparado para aguantar los planos de alimentación más exigentes, con la garantía de lograr la máxima transformación del alimento entregado.

³Desarrollado en 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.

6. Medicamentos en acuicultura

Acompañando la expansión de la acuicultura, se ha producido un incremento progresivo en la incidencia y gravedad de las enfermedades infecciosas, especialmente las de etiología bacteriana. Hoy por hoy, las patologías causadas por virus, bacterias y parásitos representan las principales pérdidas económicas de las explotaciones piscícolas, motivadas en primer lugar por la muerte o devaluación comercial de los peces enfermos, en segundo lugar por el descenso asociado de la producción y en tercer lugar por los gastos de tratamiento, profilaxis y control sanitario (Blanco *et al.*, 2004).

El medio acuático en el que se desarrolla la piscicultura representa un contexto totalmente distinto al medio terrestre donde los microorganismos, y en especial las bacterias, juegan un papel extremadamente importante (Padros y Furones, 2002). No obstante, en el medio acuático existe un número relativamente reducido de bacterias consideradas como patógenas obligadas de peces. La gran mayoría son oportunistas, microorganismos que en determinadas condiciones pueden actuar como patógenos. Entre estas condiciones destacan la sobrepoblación, la inmunosupresión debida al estrés o los contactos forzados entre diferentes especies piscícolas cuando se trata de policultivos, los cambios de temperatura o el manejo, son algunas de las situaciones estresantes que pueden desencadenar su aparición (Meyer, 1991; Balcázar *et al.*, 2006).

En lo que se refiere al riesgo de contaminación de patologías hay que señalar que las instalaciones con una buena calidad de agua, densidades de cultivo apropiadas y estrategias de alimentación eficaces reducirán los niveles de estrés de los peces cultivados y las posibilidades de que transmitan o amplifiquen patologías en el medio salvaje. Mediante un riguroso control de los

vectores que pueden transmitir dichas patologías al medio natural (p.ej. prevención de escapes, control de depredadores, adecuada gestión de subproductos animales, aplicación de correctas técnicas de limpieza y desinfección, etc.) es posible mantener este riesgo controlado.

6.1. Productos terapéuticos

El uso de medicamentos (antibióticos, vacunas, pesticidas, desinfectantes y anestésicos) destinados al tratamiento de las enfermedades de los peces y para facilitar su manejo y modular su crecimiento es poco sofisticado. Los medios de administración incluyen el tratamiento del agua, la incorporación de estos productos en la alimentación animal



Figura 6.1: Trucha con un cuadro típico de proceso septicémico de etiología bacteriana

(piensos medicados), o su inyección en el mismo pez (Stuart, 1983). También el número de medicamentos autorizados y comercializados destinados al tratamiento de las patologías de peces es escaso, principalmente debido a su escaso margen de beneficio como el impacto ambiental de nuevos medicamentos (Shao, 2001).

El uso continuado de productos terapéuticos para el control de procesos infecciosos o parasitarios no está exento de limitaciones o efectos indeseables, como la aparición de cepas bacterianas resistentes, la transferencia de estas resistencias a otras especies bacterianas presentes en los ecosistemas marinos, así como la posibilidad de que estas cepas bacterianas resistentes pasen a la cadena alimentaria humana. Los productos terapéuticos pueden tener también un efecto ecológico negativo debido a su acumulación en el suelo y sus posibles efectos tóxicos sobre otras especies acuícolas diferentes a la especie diana a la que van dirigidos. Estos efectos ecológicos adversos van a depender de una serie de factores tales como la capacidad de persistencia en el medio ambiente, los productos generados en su biodegradación y su **capacidad para acumularse en los tejidos animales**. Todo ello ha llevado a limitar su utilización con fines profilácticos, sustituyéndose su uso por una mejora en las condiciones de manejo e higiénico sanitarias de las explotaciones, así como el uso de vacunas.



Figura 6.2: Detalle de una máquina utilizada para la vacunación automatizada de truchas

La utilización de antibióticos, generalmente de un tratamiento indiscriminado y afectando también a peces no afectados (Smith, 2001), empieza a ser cuestionable debido principalmente a la detección de cepas resistentes, y su posible interacción con el ambiente acuático como por su influencia en la salud del consumidor; también relacionados con su **vida media en el medio ambiente** (la oxitetraciclina, por ejemplo, es tan estable que su vida media no puede ser determinada (Hektoen *et al.*, 1995); por el contrario, el florfenicol, tiene una vida media estimada de sólo 4,5 días (Shao, 2001).

6.2. El empleo de productos biológicos (vacunas)

Los peces no tienen médula ósea ni nódulos linfáticos. Sin embargo, se ha observado que tras enfrentarlos a un desafío antigénico, son capaces de generar anticuerpos específicos, así como una respuesta mediada por células (Lamers, 1985), gracias a la participación en su sistema inmune de otros órganos como el timo, los riñones y el bazo. La capacidad de **vacunación de los peces es una tendencia creciente ya que puede ayudar a disminuir el uso de antibióticos**.

La estrategia de la vacunación depende de la epidemiología de la enfermedad en la zona, del propio proceso de producción y manejo e higiene de la instalación acuícola, de la especie a vacunar así como de su estado, y se pueden utilizar tres métodos distintos: por inyección, por inmersión o por administración oral de la vacuna. Cada uno tiene ventajas e inconvenientes con respecto al nivel de protección, al tamaño del pez, a la relación coste-eficacia (la vacunación será aplicada si el coste que se espera por la enfermedad es mayor que el coste de vacunar) y la estructura y manejo de la instalación acuícola (Gudding *et al.*, 1999).

Aún queda un campo importante pendiente de explorar en el empleo de vacunas antivirales y frente a parásitos y su uso comercial (Dixon, 1997; Lorenze y Olesen, 1997; Winton, 1997). En el caso de las vacunas frente a parásitos tampoco existe hasta la fecha ninguna vacuna antiparasitaria comercial (Secombes y Chappell, 1996; Woo, 1996), siendo necesario una **cooperación entre la investigación** básica y aplicada. Este es el caso de los procesos originados por flexibacterias, en los que la propia producción del antígeno, así como la incapacidad de los peces vacunados (debido a su tamaño) para desarrollar una adecuada respuesta inmune, son condiciones que hasta el momento han limitado el desarrollo de vacunas efectivas. Finalmente, la investigación que se está efectuando en el campo de la acuicultura sobre aspectos como la utilización de rutas alternativas de vacunación (ej. anal), la posible aplicación de vacunas de DNA o vacunas recombinantes, o el uso de inmunoestimulantes e inmunomoduladores puede proporcionar logros importantes en un futuro próximo.

7. Prevención del *fouling*

Las superficies inmersas en ambiente acuático son rápidamente colonizadas por organismos en un proceso tipo denominado *biofouling* (Persoone, 1971). En 20 minutos de inmersión, una superficie se “transforma” a través de macromoléculas como las proteínas presentes en el agua. Las bacterias la colonizan en unas horas, poco después lo harán las algas unicelulares, protozoos y hongos (Relini, 1990). Estos tempranos colonizadores forman el *biofilm*, que es una colección de organismos acoplados frecuentemente referidos como *microfouling* o *slime* (Costerton *et al.*, 1995). Finalmente una capa de *macrofouling* coloniza la superficie, compuesto por multitud de especies de algas pardas y verdes, invertebrados como cirrípedos, mejillones, ascidias e hidrozooos.

7.1. Antecedentes y justificación del trabajo

El *fouling* en las estructuras inmersas en el agua supone un alto coste para los acuicultores y otras industrias en el ambiente acuático cálido (Hodson *et al.*, 1997), como las ligadas al creciente cultivo de especies como la tenca (*Tinca tinca*) o la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en jaulas y hormigón. Hasta la fecha, era una cuestión poco relevante para las IAC por centrarse éstas en especies de aguas con temperaturas invernales muy bajas, pero será necesario adelantarse a los problemas venideros sobre la base del conocimiento existente acerca del *fouling* en ambientes marinos.

El crecimiento del *fouling* puede interferir en la naturaleza de las estructuras sumergidas, incrementando su peso y acelerando su corrosión. Los métodos de cultivo actualmente empleados implican el confinamiento de los peces en balsas/jaulas con sistemas de redes/hormigón para su contención. El *fouling* puede obstaculizar el libre flujo de agua y reducir los niveles de oxígeno dentro de las jaulas o deformar las mallas y disminuir el espacio disponible generando mayor estrés en los peces. Eventualmente se puede producir el desgarramiento en las redes por mayor peso y el escape de los peces.

Hay muchas formas de luchar contra el *fouling*⁴, pero fundamentalmente se basan en limpieza mecánica de las superficies afectadas y en tratamientos con pinturas *antifouling*.

Las pinturas *antifouling* son productos formadores de películas que producen una lixiviación controlada de los productos biocidas que contienen. Este mecanismo tiende a lograr que los biocidas se disuelvan durante toda la vida útil de la película creando, sobre la superficie de la pintura, una microcapa donde la concentración del biocida impide la fijación de larvas o esporas. Existen pinturas de matriz soluble o insoluble a base de biocidas inorgánicos y pigmentos metálicos, pinturas de baja energía superficial, pinturas de disolución por abrasión a base de óxido de tributilestaño o libres del mismo.

Hay una gran variedad de polímeros que pueden ser efectivos como las resinas vinílicas, las acrílicas, los caucho-acrílicos y los epoxídicos. Estas pinturas se diferencian además por el tipo de

⁴El proyecto de investigación CRAB (*Collective Research on Aquaculture Biofouling*) está buscando soluciones.

biocida que contienen, orgánico ó inorgánico. Siliconas, poliuretanos y tecnologías enzimáticas aún no se usan en la acuicultura debido a sus altos costes.

La legislación es cada vez más restrictiva con el uso de sustancias químicas para las pinturas, y muchos países tratan de abolirlas completamente. Como ya se ha explicado, hay fórmulas para proteger las sustancias sumergidas sin necesidad de aplicar sustancias químicas al medio. La legislación europea pertinente a este apartado está ampliamente recogida en la Directiva 2008/105/CE⁵ y Directiva 76/769/CEE⁶ así como en el Reglamento 782/2003/CEE⁷.

Por ello, será importante innovar y extender prácticas mecánicas eficientes – ej. aprovechar los conteos y trasposos de peces entre tanques para lavar éstos con una máquina de presión -, incorporar en los cultivos un porcentaje reducido de especies herbívoras que devore las algas que van proliferando en los tanques o aprovecharse de otros procesos como la competencia entre bacterias y organismos superiores por nutrientes, intercambio de oxígeno, luz e incluso en la segregación de metabolitos secundarios para inhibir la colonización de sus vecinos (Pawlik, 1992).

7.2. Inhibición del *biofilm* en la instalación acuícola *Golden Fish*

La preparación del sustrato a invadir por el *biofilm* es la etapa crucial en su desarrollo, (Persoone, 1971) para cual, en la lucha contra el *fouling* una manera sencilla es inhibir sus primeras fijaciones con estructuras que dificulten las primeras colonizaciones.

En *Golden Fish*, la primera y única instalación de tilapias en jaulas flotantes de Egipto, situada en el lago de Alfayum y con una producción de 1000 toneladas anuales, se llevó a cabo un caso piloto.

La zona se encuentra sometida a regulares corrientes superficiales de SE de 0,1 - 0,14 nudos. La temperatura (a -3 m) fluctúa entre 18 y 31°C y el oxígeno disuelto varía entre 4 y 6,5 mg/l en el momento más crítico. La salinidad es del 1‰ y la turbidez imposibilita ver el disco de Secchi entre 0,4 y 1 m de profundidad.

En *Golden Farm* se colocó una serie de cabos de nylon politrenzado de 16 cm de mena en los bidones de flotación atados entre sí formando una circunferencia, de tal modo que este nuevo aro de nylon pudiera moverse libremente a lo largo del bidón de flotación de la unidad de cultivo por la corriente en el lago y su oleaje. Igualmente se colocó este tipo de estructuras en las pasarelas

⁵ Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2008 relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, por la que se modifican y derogan ulteriormente las Directivas 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE y 86/280/CEE del Consejo, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE.

⁶ Directiva 76/769/CEE del Consejo, de 27 de julio de 1976, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los estados miembros que limitan la comercialización y el uso de determinadas sustancias y preparados peligrosos.

⁷ Reglamento 782/2003/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de abril de 2003, relativo a la prohibición de los compuestos organoestánicos en los buques.



Figura 7.1: Localización (punto rojo)

pasarelas de trabajo donde se colocaron los cabos flotantes el desarrollo del *fouling* fue casi nulo, estancado en la etapa de desarrollo de algas primarias. Sin embargo, en “estructuras testigo”, el *fouling* avanzó como de costumbre cubriendo la totalidad de las jaulas y llegando a un desarrollo de estructura calcárea.

El poder conseguir una deceleración del proceso *fouling* sin añadir pinturas *antifouling* con base química, es un avance para paliar en gran parte la problemática, y conlleva menos efectos ambientales.



Figura 7.2: Vista de las instalaciones

de trabajo y alimentadores a demanda.

Este movimiento en un sustrato aún por colonizar logró impedir la libre fijación de larvas en el agua, retrasando dramáticamente el desarrollo del *biofilm* en las estructuras de trabajo. La experiencia duró 6 meses en los que se comprobó cómo en los soportes de flotación, así como en las

8. Generación de residuos y almacenamiento de productos

Como cualquier otra actividad, la acuicultura, si no es gestionada correctamente, puede tener una interacción negativa sobre el medio ambiente. La puesta en marcha de unos sencillos protocolos, minimiza el riesgo de contaminación ambiental. Para ello, debe ser redactado y puesto en marcha un Plan de Gestión de Residuos.

Por otro lado, unas incorrectas prácticas de almacenamiento del pienso, provocarán una degradación del producto, una posible contaminación cruzada y una pérdida de sus cualidades nutricionales. Como consecuencia, el crecimiento de los animales será peor; se incrementará la incidencia de patologías, la calidad del agua disminuirá y, en definitiva, se producirá una reducción de la rentabilidad de la explotación. Por último, aumentará la cantidad de residuos vertidos al medio por un menor aprovechamiento del alimento y por tanto se producirá una mayor interacción con el medio ambiente.

8.1. Plan de Gestión de Residuos

El objetivo del Plan de Gestión de Residuos es el establecimiento de procedimientos que eviten que los residuos lleguen al Medio Ambiente. Debe garantizar que los subproductos animales y de otro origen no destinados al consumo humano sean tratados, almacenados y eliminados higiénicamente mediante procedimientos que no constituyan una fuente de contaminación directa o indirecta y que, aquellos residuos que así lo exija la legislación, sean retirados y eliminados por una empresa autorizada. A tal fin, los residuos generados en el proceso, han de ser retirados al punto de almacenamiento hasta su evacuación, lo antes posible, con objeto de evitar acumulaciones que supongan una fuente de contaminación del producto.

El Plan de Gestión de Residuos, se debe basar en el principio de las **tres R: Reducción, Reutilización y Reciclaje**. En este sentido, es clave estudiar los productos a utilizar, para seleccionar aquellos con una menor cantidad de residuo y una menor peligrosidad. De manera prioritaria, se deben utilizar materiales reciclables.

Es importante una correcta formación de los trabajadores de la empresa para la minimización y correcta gestión de los residuos y la contaminación.

El establecimiento de un programa de prevención de enfermedades, redundará en su menor incidencia y, por tanto, en una menor necesidad de utilización de medicamentos veterinarios, reduciendo de manera significativa la cantidad de este tipo de residuos, además de reducir la mortalidad, y por tanto la cantidad de bajas a gestionar.

La utilización de tecnología de recirculación permite la reutilización del agua reduciendo el consumo de este preciado bien, además de permitirnos el mantenimiento en unas condiciones constantes de cultivo reduciendo algunos gastos, como puede ser el de calentamiento del agua.

Todos aquellos pequeños gestos que podamos hacer, dentro de nuestras posibilidades, re-

dundarán en una menor interacción con el medio ambiente. Por ejemplo, la utilización de *Big-bags* para el pienso, en lugar de sacos, reduce la cantidad de residuos plásticos producidos.

Por último las explotaciones acuícolas, se deben mantener en unas correctas condiciones de limpieza para evitar malos olores que puedan producir molestias a la población.

8.2. Categorización de residuos y directrices para su manejo y gestión

Se deberán identificar y categorizar los residuos producidos en la instalación para su correcta separación y tratamiento.

Como norma general, los productos deben ser retirados por un gestor autorizado. En caso de pequeñas cantidades, estos residuos pueden ser retirados por el personal de la instalación y ser trasladados hasta un Ecoparc o el contenedor apropiado.

Todas las zonas de almacenamiento de residuos, deben estar correctamente identificadas y deben ser conocidas por el personal de la empresa. Se recomienda la realización de un plano de la instalación en el que se señalen las diferentes zonas de almacenamiento de los diferentes residuos. Muchos gestores de residuos, facilitan los contenedores apropiados en función del residuo a almacenar. Estos contenedores poseen las características adecuadas para el almacenamiento de los residuos de manera fácil y segura.

Los residuos generados en el proceso, han de ser retirados al punto de almacenamiento hasta su evacuación, lo antes posible, con objeto de evitar acumulaciones que supongan una fuente de contaminación del producto acuícola.

Las mortalidades deben ser retiradas de manera periódica y almacenadas hasta su retirada por un gestor autorizado por la Administración. A ser posible, se almacenarán en sistemas de congelación o refrigeración. Con ello, se reduce la degradación del residuo (y los malos olores), la frecuencia de recogida del gestor autorizado y el coste de su servicio. Se deberá establecer un plan de emergencia para el caso de mortalidades masivas, que permita asegurar su correcta retirada.

Residuos plásticos, envases de medicamentos, fangos y lodos, residuos peligrosos y papel, cartón y madera se almacenarán adecuadamente hasta su retirada por gestores autorizados.

8.3. Almacenamiento de productos

Se deberán seguir las recomendaciones del fabricante en lo referente a las condiciones de almacenamiento y se deberán separar convenientemente para evitar la contaminación cruzada.

Se debe registrar la información necesaria sobre los productos almacenados. Como mínimo, se registrará el nombre del proveedor, la identificación completa del producto, la cantidad, la fecha de recepción y el número de lote.

El pienso se debe almacenar lejos de cualquier fuente de contaminación biológica, química o física, protegido de las plagas y del acceso y anidamiento de animales, y nunca en contacto directo con el suelo. Se recomienda almacenarlo separándolo por tipo y por lotes. Se deberá mantener un sistema de control de la trazabilidad del pienso que permita un control exhaustivo del stock y su caducidad además de establecer un programa de control de plagas.

El pienso medicado, en cumplimiento de la legislación vigente, debe estar separado físicamente del pienso sin medicar y su naturaleza debe indicarse de manera inequívoca. En el libro de registro de tratamientos medicamentosos debe incluirse la fecha de prescripción, la identificación del medicamento, el diagnóstico, la dosis y la cantidad, nombre e identificación del proveedor, periodo de supresión, identificación y número de ejemplares que se han tratado, así como las fechas de aplicación del tratamiento.

Los productos desinfectantes se almacenarán en una zona separada del pienso y el alimento, en las condiciones indicadas por el fabricante. Los productos peligrosos se identificarán claramente con las etiquetas adecuadas y en condiciones apropiadas para evitar riesgos personales y sobre el medio ambiente.

8.4. Conclusiones

La puesta en marcha de un **Plan de Control de Residuos, minimizará en gran medida el riesgo de contaminación** del medio natural debido a la actividad acuícola.

Además, se minimizará el riesgo de transmisión de enfermedades y se reducirá el impacto de las mismas en la explotación.

Las correctas prácticas durante el almacenamiento de los productos mejorarán la producción en varios ámbitos. En primer lugar, se reducirá el riesgo de una contaminación cruzada de los mismos, así como el riesgo de un posible vertido de productos peligrosos. Por otro lado, se reducirán las pérdidas por mermas en el pienso y, por tanto, las pérdidas económicas asociadas, que en la mayor parte de las ocasiones son debidas a incorrectas condiciones en el almacenamiento. Además, un incorrecto almacenamiento de los piensos, puede ser causante de problemas patológicos de los peces.

La utilización de productos biodegradables o reutilizables, reducirá en gran medida el impacto de la actividad sobre el medio ambiente.

9. Transporte

El transporte de peces es una parte integral de la producción acuícola, ya sea para el engorde o sacrificio de peces vivos o para el transporte del producto final a los puntos de venta. Existe legislación de la Unión Europea sobre los procedimientos adecuados para el transporte de animales vivos (Reglamento CE 1/2005⁸), así como de productos agroalimentarios, pero hay poca información sobre la sostenibilidad del proceso, sobre todo en el ámbito de la acuicultura continental Mediterráneo.

Como se ha comentado en capítulos anteriores, la acuicultura se lleva a cabo en sistemas muy diversos y los procesos de transporte varían mucho entre lugares y especies. Este capítulo proporciona las directrices sobre el control de los distintos factores que influyen en el transporte y para minimizar los efectos del transporte sobre el medio ambiente para lograr una acuicultura más sostenible.

Al tratarse del transporte de productos inocuos, no aplican las recomendaciones sobre el transporte de productos peligrosos que podrían dañar significativamente al medio ambiente (ej. en el caso de accidentes). Por tanto, las principales interacciones con el medio ambiente se detectan en relación con la infraestructura de transporte (abordado en el capítulo dirigido a la selección del sitio) y el consumo energético correspondiente al transporte.

9.1. Transporte de peces vivos

Muchos productores pueden tener la necesidad de transportar peces vivos. Esto normalmente se lleva a cabo por carretera, usando camiones especializados con tanques. Normalmente el transporte causa estrés en los animales, que puede perdurar varios días (Davis & Parker, 1986; Chandroo *et al.*, 2005; Jonsson *et al.*, 1999). Debido a la correlación entre el estrés de los peces y su salud, es importante minimizar la cantidad de potenciales agentes inductores de estrés, así como minimizar la duración de la exposición a los mismos.

Por ello, durante el transporte se debe controlar la densidad animal, la calidad del agua en cuanto a su contenido en oxígeno y dióxido de carbono (Erikson *et al.*, 1997), así como la acumulación de amonio y restos de materia orgánica. SCAHAW (2002) recomienda como cuestiones adicionales optimizar el camión o vehículo de transporte para asegurar el mínimo contacto humano-pez y tener un sistema de monitorización de la calidad del agua y de las condiciones de los peces. Además, se debe controlar que no haya cambios de temperatura importantes entre el agua de engorde y el agua usada para el transporte, ni cambios bruscos en iones disueltos ni en las características de la exposición a la luz, como por ejemplo pasar de relativa oscuridad a luz intensa (Mork & Gulbrandsen, 1994).

⁸ Reglamento (CE) n° 1/2005 del Consejo, de 22 de diciembre de 2004, relativo a la protección de los animales durante el transporte y las operaciones conexas y por el que se modifican las Directivas 609/1986/CEE y 93/119/CE y el Reglamento (CE) n° 1255/97.

Entender las condiciones ambientales que afectan negativamente a los peces puede ayudar a establecer protocolos nuevos para reducir el estrés, mejorar la salud de los peces y ayudar a una mayor sostenibilidad. Disminuir la mortalidad y aumentar la proporción de peces sanos depende de un transporte responsable, así como un manejo adecuado pre- y post-transporte.

9.2. Transporte del pescado al punto de venta

El manejo sostenible del pescado post-sacrificio conlleva un mejor conocimiento de los procesos y puntos críticos involucrados. Generalmente el sacrificio tiene lugar justo antes de introducir el pescado en la sala de procesado y de empaquetado. Posteriormente se llevan las cajas a los puntos de venta. Durante este proceso existen riesgos graves a evitar como la inmersión prolongada en agua, el aplastamiento y las temperaturas extremas (altas o bajas).

El pescado no debería estar en contacto con agua puesto que afectará negativamente la calidad del músculo. También es importante que los peces no se amontonen en diferentes puntos del procesado o en tanques o cajas de transporte. Para potenciar un proceso eficiente y sostenible, es crucial cuidar estos aspectos al final de la cadena de producción, puesto que pérdidas importantes es este eslabón malogrando todo el trabajo anterior. Finalmente, aunque es importante mantener la temperatura del pescado dentro de un rango, preferiblemente 1-2°C (cadena del frío), en muchos casos se puede reducir el consumo de hielo (y su correspondiente huella ecológica). El hielo usado para transportar pescado requiere su propia fabricación, gastos de transporte y trabajo de retirado, los cuales se pueden reducir con un uso responsable (ej. no usando en exceso y/o usando cajas isoterma).

9.3. Recomendaciones

La **trazabilidad facilita la mejora de la calidad del producto**, y también del proceso de producción y de su sostenibilidad, además de proveer al producto de un sello de calidad y garantizar la seguridad alimentaria del producto final “desde la granja a la mesa” (*from the farm to the fork*). Debido a la dificultad y el coste para la identificación individual de los peces durante el transporte, se recomienda hacer el seguimiento del pescado con documentos de movimiento y etiquetas en las cajas de transporte, conforme al reglamento de la Unión Europea para la identificación de productos acuícolas (Council Regulation EC/2065/2001), y usando protocolos de etiquetado e identificación de productos acuícolas (Moretti *et al.*, 2003).

Por otro lado, cabe recomendar seleccionar **vehículos de transporte eficientes**, hacer un uso también eficiente de los mismos y **controlar al máximo la cadena del frío**, para así reducir el consumo energético durante la carga y el transporte de los peces y productos.



10. Riesgos y accidentes

Evitar los accidentes y reducir los riesgos al mínimo es una tarea indispensable para mantener la acuicultura como una actividad sostenible (ej. Oslo and Paris Commissions, 1994). Buscar la mejora de los procesos con el fin de mantener bajo control dichos riesgos redundará en beneficios no sólo para el medio ambiente, sino también para las empresas piscícolas (ej. Bondad-Reantaso *et al.*, 2008; Davies, 2000). Esta es una tarea compleja, que implica diferentes actores y requiere medidas preventivas.

Riesgos	HACIA la acuicultura	DESDE la acuicultura
Tormentas, lluvias intensas y avenidas, incendios forestales, sol/calor intenso	x	
Suministro de agua: Usos ilegales de agua y conflictos/ competencia con otros usos del agua	x	x
Vertidos químicos/ contaminación	x	x
Patologías	x	x
Depredadores	x	
Introducción de especies exóticas: escapes		x
Alteración de ecosistemas: Interacciones con la biodiversidad y la fauna		x

Tabla 10.1 Ejemplos de riesgos

Entre los riesgos meteorológicos figuran las tormentas que, a través de la bajada de la presión atmosférica, pueden dar lugar a una disminución de la disponibilidad de oxígeno en el agua, las lluvias intensas que pueden originar avenidas y afectar a una IAC, el sol que puede causar quemaduras en las aletas dorsales, y los golpes de calor que pueden provocar la elevación de la temperatura del agua reduciéndose el oxígeno disponible.

Un incendio forestal puede afectar directamente la IAC, o de manera indirecta ser causante de una disminución drástica del caudal de agua cuando ésta se usa para apagar el fuego. Además pueden empeorar la calidad del agua al haber mayor erosionabilidad y escorrentía superficial, arrastrándose sedimentos hasta la IAC.

El suministro de agua, en calidad y cantidad, es vital para la acuicultura. Pese al dimensionamiento de la planta para un cierto caudal de trabajo (normalmente el asociado a la concesión otorgada) es importante tener presente la estacionalidad del recurso (menores caudales en verano). La falta de caudal es un riesgo importante asociado muchas veces a usos no-autorizados (o ilegales) del agua (ej. Dworak *et al.*, 2010) o la construcción y el inadecuado funcionamiento de centrales hidroeléctricas y embalses.

Los vertidos directos o indirectos, tanto crónicos como accidentales o puntuales (ej. construcción o mantenimiento de infraestructuras), orgánicos o químicos, también representan un riesgo para el cultivo de peces. Es también importante tener presente el riesgo biológico asociado a las patologías cuyo origen puede estar fuera de las instalaciones (FIP, 2003).



Figura 10.1: Debido a las lluvias de junio de 2010 se produjo una crecida extraordinaria del río Turia que originó importantes daños en una instalación acuícola. La fuerza del agua, junto con la llegada de troncos, ramas, piedras y demás materiales, dañó la presa, el azud de entrada y el canal de la instalación, arrastrando unos 12 m de longitud del camino de acceso desde la instalación a la presa y unos 4 m de ancho del camino con servidumbre de paso que rodea a la instalación. El agua se introdujo debajo de parte de los estanques y los descalzó. Además, se produjo una entrada de lodos en los tanques, que ocasionó una pequeña mortandad de peces. El gasto en la limpieza de las instalaciones fue elevado. Durante el tiempo que duró la riada se tomaron todas las precauciones necesarias para proteger a los peces y se siguieron las indicaciones para conseguir las pruebas sobre el origen y el resultado de los daños. (a y b) Vista de la toma y el azud de la instalación acuícola antes y después de la crecida. (c y d) Conducción a la instalación. Zona en que desapareció el camino y el muro de mampostería 2,0 m. (e) Daños en los estanques

Otro de los riesgos son los depredadores, como las aves (ver European Parliament, 2008 sobre el caso específico e importante de los cormoranes) y otros depredadores que pueden causar daños directos (ej. depredación, traumas) e indirectos (ej. generación de estrés y transmisión de enfermedades infecciosas).

En cuanto a los riesgos asociados a una IAC, hay varios que pueden afectar negativamente al medio acuático: derrames accidentales (ej. por rotura de contenedores de desinfectantes u otros productos químicos), alteraciones de los patrones de caudal, introducción de patologías, etc. Sus efectos dependerán de varios factores, como la magnitud de la descarga, la composición química de los efluentes (ej. sólidos en suspensión, materia orgánica, etc.) y las características de las aguas receptoras (ej. tasa de dilución, tiempo de residencia, calidad del agua, sensibilidad de especies acuáticas).

Un escape de individuos (de especies exóticas) desde las IAC, puede tener efectos negativos en la biodiversidad del entorno, por la invasión de hábitats (y la competencia por el territorio y alimento), la depredación sobre individuos salvajes y especies autóctonas, la transmisión de patógenos y las posibles modificaciones genéticas de las poblaciones salvajes.

10.1. Gestión del riesgo en la acuicultura

Los riesgos derivados de las instalaciones acuícolas pueden ser minimizados o mantenidos bajo control con una adecuada planificación, que incluya un análisis de riesgos, las medidas preventivas apropiadas y los planes de emergencia derivados en los que se detallen las acciones a llevar a cabo en caso de accidentes.

Un enfoque integrado del control del riesgo puede también conducir a la mejora de la rentabilidad y la sostenibilidad del sector, además de mejorar la percepción del público de la acuicultura como una actividad responsable, sostenible y respetuosa con el medio ambiente (Poseidon Aquatic Resource Management Ltd. *et al.*, 2006).

El **Análisis de Riesgos Ambientales** es un método objetivo, sistemático, estandarizado y justificable para evaluar la probabilidad de consecuencias negativas que ocurren debido a una acción o actividad y la magnitud probable de las consecuencias. Debe identificar los riesgos y sus agentes causantes, estimar la magnitud del posible daño y valorar su importancia. Se puede realizar siguiendo la norma española UNE 150008, de Análisis de Riesgos Ambientales, y obtener así una minimización del riesgo y una disminución de accidentes, además de evitar un proceso de responsabilidad medioambiental.

En general, las **estrategias de gestión del riesgo abarcan su eliminación, su reducción y control, su retención y transferencia y/o la comunicación del riesgo**. Las medidas concretas pasan generalmente por racionalizar el empleo de los recursos (naturales y artificiales), disminuir la generación de residuos y facilitar su reutilización, así como minimizar el impacto ambiental ne-

gativo de las emisiones atmosféricas, los ruidos y los vertidos a las aguas. Acorde con los riesgos comentados anteriormente, se pueden plantear las siguientes medidas:

- Frente a los escapes, la prevención es fundamental. Siempre que sea posible **es preferible criar en tierra**, donde el riesgo de escapes es inferior al de jaulas, realizar un buen mantenimiento de las instalaciones, implantar medidas de control y mantener un buen estado sanitario de las mismas con el fin de evitar contaminaciones de patologías al medio. La cría de animales estériles tendrá un menor impacto genético
- Para evitar los efectos indeseados de lluvias intensas, puede plantearse de manera preventiva un **análisis de la zona de inundación para la selección del sitio** y es importante que la administración acometa los necesarios trabajos de limpieza en los cauces en las zonas cercanas a la IAC para evitar la acumulación de residuos
- Para reducir los riesgos por falta de caudales entrantes, pueden instalarse **sistemas de recirculación en la IAC**
- Con el mismo objetivo de evitar el riesgo por la falta de caudales entrantes, en las pequeñas **instalaciones hidroeléctricas** que pudieran existir en el mismo tramo fluvial, se pueden establecer **medidas preventivas** como: instalar un módulo regulador en la toma para asegurar que el caudal ecológico establecido no pueda ser derivado a la cámara de carga; colocar topes en las compuertas de las centrales para evitar que en caso de disparo no programado de los equipos queden cerrados por completo esos dispositivos; o construir sistemas by-pass de funcionamiento automático para devolver los caudales no turbinados al río, sin interrupción del régimen fluyente



1.1. Ecosistemas, flora y fauna

Resulta evidente el estrecho vínculo existente entre acuicultura y la protección de especies, hábitats, biodiversidad y ecosistemas: la acuicultura se fundamenta en un medio ambiente limpio para trabajar y la calidad de sus productos depende estrechamente de la calidad del medio en que son cultivados. Pero sin duda alguna, al igual que otras muchas actividades económicas, la acuicultura produce alteraciones en la calidad de las aguas.

El objetivo de este capítulo es exponer las interacciones existentes entre la acuicultura continental y la flora, fauna y hábitats del entorno, así como proponer recomendaciones al respecto, que sirvan de apoyo a gestores, productores y usuarios de la región mediterránea.

El grado de interacción entre la actividad acuícola y el medio ambiente es función, en su mayor parte, de los siguientes factores (MAPA, 2007):

- El grado de intensificación con que se realiza el cultivo y la extensión que ocupa, pues ambos factores influyen en la generación y concentración de residuos
- Las especies cultivadas, ya que condicionan el tipo de alimentación que se administra y la conservación de la biodiversidad del entorno
- Las técnicas y buenas prácticas en el manejo que serán diferentes para cada clima, especie, tipo de sustrato, etcétera

1.1.1. Marco legal

En la actualidad, la normativa aplicable al desarrollo de la acuicultura es extensa. En las siguientes tablas se recogen las principales normas en la UE que regulan los temas clave (Hedley & Huntington, 2009), destacando en primer lugar las que afectan a la conservación de las especies, hábitats y, en especial, el mantenimiento de la calidad del agua.

TEMA CLAVE	NORMA	OBSERVACIONES
Estado y calidad del agua	Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco sobre el Agua (DMA) ⁹	Mandato principal: lograr un buen estado químico y ecológico de las aguas
	Directiva 2006/44/CE ¹⁰	Requerimientos de calidad del agua para su aptitud para la vida de los peces
Especies exóticas invasoras	Reglamento (CE) 708/2007 ¹¹	Marco regulador que garantice al medio acuático la debida protección contra los riesgos asociados al uso de especies exógenas en acuicultura
Conservación de la naturaleza	Directiva 79/409/CE ¹² y Directiva 92/43/CE ¹³	La protección de determinadas especies puede crear limitaciones a la producción acuícola

Tabla 1.1.1 Marco legal (1)

⁹ Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario para la protección de las aguas superficiales.

¹⁰ Directiva 2006/44/CE del Consejo de 6 de septiembre de 2006, relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces.

¹¹ Reglamento (CE) n° 708/2007 del Consejo, de 11 de junio de 2007, sobre el uso de las especies exóticas y las especies localmente ausentes en la acuicultura.

¹² Directiva 79/409/CE del Consejo, de 2 de abril de 1979, relativa a la conservación de las aves silvestres.

¹³ Directiva 92/43/CE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.

En segundo lugar, la actividad acuícola está supeditada a los procesos de la evaluación de los efectos ambientales que deben ser determinados a priori, para lograr la acuicultura sostenible y tener en cuenta la diversidad de los agentes involucrados e interesados en estos procesos.

TEMA CLAVE	NORMA	OBSERVACIONES
Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)	Directiva 2001/42/CE ¹⁴	Exige una evaluación ambiental formal también de los planes y programas relativos a la pesca y acuicultura que puedan tener repercusiones negativas sobre el medio ambiente
Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	Directiva 97/11/CE ¹⁵	Existen grandes variaciones en los procedimientos de EIA, tanto entre estados miembros como en el propio ámbito regional, y por tanto pueden existir diferencias normativas o procedimentales ¹⁶

Tabla 11.2 Marco legal (2)

Entre las propuestas para la conservación del hábitat y de la biodiversidad, es necesario identificar una óptima **ubicación de las instalaciones** que minimice los posibles efectos adversos relacionados con la calidad y con la cantidad del efluente. También es necesario llevar a cabo un plan de **prevención de riesgos ante la introducción de especies exóticas** mediante un diseño adecuado que minimice la posibilidad de escapes de las IAC y mediante la **domesticación** de los organismos cultivados para que no sean capaces de sobrevivir en condiciones silvestres. Otro aspecto a considerar es la importancia de **reducir** gradualmente la dependencia de **capturas silvestres** y, de esta forma, aliviar en parte la presión sobre las estas poblaciones.

En cuanto a las **alteraciones sobre el hábitat y la flora en el entorno**, debe fomentarse la protección de la cubierta de vegetación ribereña, con especial hincapié en los individuos adultos y singulares. Cuando la protección no sea posible, se debe intentar regenerar la cubierta vegetal utilizando especies autóctonas con estructuras vegetales semejantes a las del entorno. Frecuentemente, las IAC afectan también a la fauna, en especial la terrestre. El grado de afección depende de la sensibilidad del hábitat, especialmente en la nidificación y cría, y de las especies. Debe evitarse la localización de la IAC en lugares especialmente sensibles para la fauna pues, aunque los vallados de los recintos pueden ser una de las medidas preventivas más efectivas frente a la depredación de la carga piscícola, reducen la movilidad de la fauna en las zonas estratégicas de paso de los animales, especialmente los microvertebrados.

En cuanto a la **viabilidad de captación de agua** a lo largo del año, ha de quedar reflejada en el estudio de impacto ambiental. Esta captación puede realizarse o a través de un azud o bien desde pozo o surgencia (MAPA, 2002). Cada una de estas formas de captación genera efectos sobre el

¹⁴Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de junio de 2001, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente.

¹⁵Directiva 97/11/CE del Consejo de 3 de marzo de 1997 por la que se modifica la Directiva 85/337/CEE relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.

¹⁶Los contenidos básicos que debe incluir un EIA de un proyecto de acuicultura se pueden consultar en [URL] http://www.fao.org/fishery/legal/framework/nalo_spain/es.

medio que pueden ser reducidos en la fase de diseño y construcción, previo al funcionamiento de la IAC. Así, la construcción de un azud implica una alteración del caudal circulante aguas abajo y un efecto barrera para el paso de especies piscícolas migratorias, la proliferación de macrófitos en el agua embalsada y la modificación en la alternancia de mesohábitats fluviales. Por otro lado, la extracción de agua a través de pozos puede alterar las características y nivel de la capa freática. Se debe, por tanto, analizar las distintas formas de captación y utilizar aquella que tenga un menor impacto sobre el medio.

11.2. Buenas prácticas en la acuicultura para la sostenibilidad del hábitat

11.2.1. ECOPACT – Código de prácticas ambientales para empresas y profesionales irlandeses de la acuicultura

El objetivo de ECOPACT (BIM, 2003) es promover el desarrollo sostenible y responsable de la acuicultura en Irlanda, pues, si se gestiona de forma apropiada, puede existir en armonía con la naturaleza y conservar y mejorar su entorno.

Se describen los principales tipos de acuicultura en Irlanda, se introduce el concepto de Sistema de Gestión Ambiental y se exponen los aspectos medioambientales a los que se enfrenta la industria acuícola irlandesa, identificando en cada caso su objetivo clave, requerimientos legales y acciones recomendadas para alcanzar el objetivo planteado. La conservación de la naturaleza es uno de los aspectos clave.



Se propone minimizar los impactos sobre los hábitats y las especies en el área de producción, haciendo hincapié en los efectos asociados a los depredadores, a través de las siguientes acciones:

- Comprobar si el emplazamiento se encuentra dentro de algún tipo de espacio protegido, antes de la concesión de nuevas licencias de actuación
- Planificar y observar todas las vías de acceso a las orillas protegidas por los emplazamientos intermareales de cultivo de crustáceos
- Aplicar medidas de control de depredadores dirigidas a especies concretas, evitando efectos adicionales sobre otras especies o hábitats
- Establecer los picos de actividad de las aves y organizar las operaciones de la actividad acuícola en relación a ellos

11.2.2. Interacciones ambientales de la instalación acuícola de Tuéjar (Valencia, España) sobre el hábitat, la flora y fauna

La experiencia relaciona la piscifactoría de Tuéjar (Valencia, España), que pertenece al Servicio de Caza y Pesca de la dirección general de desarrollo sostenido (Generalitat Valenciana), con las propiedades del hábitat, flora y fauna.

Características

Instalaciones acuícolas de reducido tamaño para la investigación y la recuperación de las poblaciones piscícolas naturales. Las especies actuales son la madrilla (*Chondrostoma turien-si*) y la trucha común (*Salmo trutta*).

Los componentes se organizan en función de zonas que se adaptan a las terrazas fluviales. La primera terraza que ocupa la zona norte del emplazamiento contiene el laboratorio de eclosión, mantenimiento, almacén, depósito de agua y línea de pilastras de alevinaje bajo cobertizo. El canal de la acequia de riego de Tuejar y el azud de toma de agua separan la segunda zona, algo inferior y al sur del emplazamiento, con los estanques de engorde y decantadoras de lodos, filtrado y sistemas de oxigenación.



Figura 11.1: Vista exterior general con la adaptación de las instalaciones a las características físicas y paisajísticas del entorno

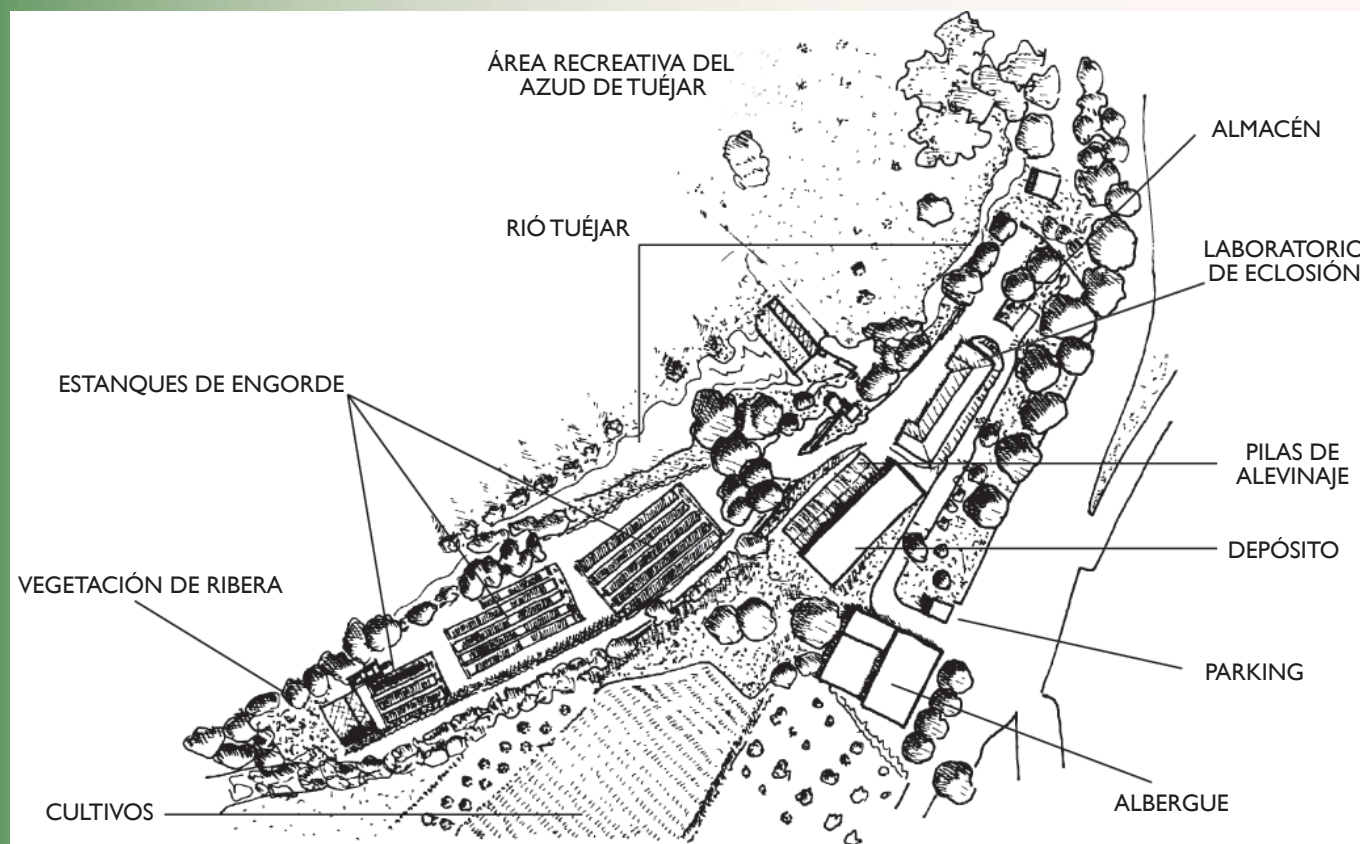


Figura 11.2: Esquema de la distribución interior de IAC en el margen izquierdo del rio Tuéjar



Figura 11.3: Detalles de las instalaciones acuícolas de los estanques de engorde acoplados en la terraza fluvial del río

Buenas prácticas

- Planificación adecuada del emplazamiento por la baja fragilidad visual, alta accesibilidad y baja singularidad y naturalidad de su habitat, flora y fauna
- Buena disposición longitudinal de las instalaciones según las terrazas fluviales de la ribera del río, con una orientación de umbría, aprovechando los desniveles naturales del río
- Adecuada integración visual combinando la vegetación arbustiva de la ribera del entorno, álamos (*Populus alba* y *P. nigra*) y pino carrasco (*Pinus halepensis*)
- Adecuado Sistema de tratamiento de efluentes
- Adaptación de edificios y materiales acordes y compatibles con el entorno

Recomendaciones

- Vigilancia de la condición anaeróbica y reductora de los efluentes
- Control de condiciones de turbidez e iluminación en el agua
- Vigilancia de las dosificaciones y efectos de aquellos productos por la pigmentación, desinfectantes y control de enfermedades
- Mantenimiento de las especies vegetales propias del entorno en cerramientos y áreas anexas
- Mantenimiento de la estructura vegetal del entorno y de la permeabilidad para la fauna en los lugares tradicionales de paso



Figura 11.4: Vista de las instalaciones de la segunda terraza, rodeadas de vegetación arbustiva de la ribera

12. Contaminación del agua

La persistencia de una instalación acuícola depende del aporte regular de agua de entrada de calidad adecuada. Sin embargo, el productor no puede controlar este factor directamente ya que depende de lo que acontezca aguas arriba de la instalación y la contaminación difusa (letal o subletal), el mal funcionamiento de depuradoras o vertidos accidentales pueden causar daños significativos a la producción. Normalmente la responsabilidad sobre estas cuestiones recae en las autoridades ambientales de la zona donde se ubique la instalación, por lo que el productor depende de la correcta implementación de la legislación ambiental correspondiente por parte de éstas.

Por otra parte, la tecnología actual aplicada en las instalaciones de aguas continentales permite caracterizar y tratar de forma efectiva los vertidos residuales que la propia actividad genera y que son una fuente potencial de contaminación aguas abajo de la misma. Los vertidos de una instalación acuícola se caracterizan – además de por los compuestos químicos, tratados en otro capítulo - por un conjunto de compuestos de naturaleza orgánica en forma de sólidos en suspensión, por lo que los sistemas de tratamiento más habituales están formados por algún tipo de balsa de decantación seguido de un sistema de filtración. Un mal funcionamiento de estos sistemas puede dar lugar a una acumulación de lodos orgánicos en el lecho del cauce (ambientes bentónicos anóxicos a causa de la degradación bacteriana de los mismos), así como a problemas de eutrofización a causa del aporte excesivo de nutrientes en el tramo.

El correcto diseño y mantenimiento de estos sistemas de depuración del efluente es esencial para evitar efectos nocivos en el medio receptor y cumplir con los requerimientos ambientales exigidos por la legislación (ambiental y de vertidos, en el caso europeo). Es también el camino hacia la excelencia en la calidad del producto y la sostenibilidad de la actividad.

12.1. Calidad del agua de entrada para la producción

Las especies de cultivo definirán los umbrales o exigencias ambientales del agua y las características de la instalación en sí. En la UE, la Directiva 2006/44/CE¹⁷ diferencia dos clases o calidades generales de agua en función de las especies que en ellas pueden habitar. La siguiente tabla resume sus características:

TIPO DE AGUAS	CARACTERIZACIÓN
Aguas Salmonícolas	Las aguas en las que viven o podrían vivir los peces que pertenecen a especies tales como el salmón (<i>Salmo salar</i>), la trucha (<i>Salmo trutta</i>), el timalo (<i>Thymallus thymallus</i>) y el corégono (<i>Coregonus spp.</i>)
Aguas Ciprinícolas	Las aguas en las que viven o podrían vivir los peces que pertenecen a la familia de los ciprínidos (<i>Cyprinidae</i>), o a otras especies tales como el lucio (<i>Esox lucius</i>), la perca (<i>Perca fluviatilis</i>) y la anguilla (<i>Anguilla anguilla</i>)

Tabla 12.1 Caracterización de las clases de agua según Directiva 2006/44/CE

¹⁷Directiva 2006/44/CE del Consejo de 6 de septiembre de 2006, relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces. (DOL 264 de 25.9.2006). Sustituye y codifica la Directiva 78/659/CEE, ya modificada por la Directiva 91/692/CEE y por el Reglamento (CE) nº 807/2003, reuniendo formalmente estas tres normas. Dado que la DMA derogará en 2013 la Directiva 78/659/CEE, se prevé que también derogue la 2006/44/CE.

Esta diferenciación se establece en función de ciertos parámetros fisicoquímicos que deberán ser controlados: temperatura, oxígeno disuelto, pH, sólidos en suspensión, DBO, contenido en fósforo total, compuestos fenólicos, hidrocarburos, compuestos de nitrógeno y algunos metales. De forma general las aguas salmonícolas tienen una calidad mayor que las aguas ciprinícolas; los valores precisos exigidos que pueden servir como orientación al productor acuícola están contenidos en el Anexo III de dicha directiva.

12.2. Caracterización de los potenciales vertidos

Según la Estrategia para el desarrollo sostenible de la acuicultura europea (COM (2002) 511)¹⁸ y con el objetivo de proteger el medio ambiente, la CE tiene previsto estudiar la posibilidad de extender a la piscicultura las normas relativas al vertido de los nitratos y de facilitar la lucha contra la eutrofización. En cualquier caso, será necesario atender a los requerimientos especificados por la autoridad ambiental competente de la zona donde se ubique la instalación.

Para poder controlar y vigilar los efectos sobre el medio receptor de las aguas utilizadas en el proceso de crianza, es necesario conocer el origen y las características de los vertidos, así como estimar la cantidad de efluente que se va a generar durante la producción.

De forma general, los vertidos acuícolas se caracterizan por la alta presencia de sólidos en suspensión en el efluente de salida de las balsas de producción, causado por los residuos del metabolismo de los peces, los restos no consumidos del pienso o las bacterias y hongos que habitan en los estanques de forma natural. Estos sólidos en suspensión tienen características generales comunes¹⁹, que son determinantes para el tratamiento posterior²⁰. Los aspectos clave que influyen sobre la concentración de sólidos en el efluente son la técnica de alimentación y la calidad del pienso. Para la caracterización del vertido estimado se puede recurrir a cálculos empíricos y a los Factores de Conversión (FCR)²¹.

Una vez caracterizado el vertido, se debe modelizar el impacto estimado sobre el medio receptor, para comprobar que éste queda dentro de los límites marcados por la normativa y permisos y no causa deterioro en el ecosistema, ni afecta negativamente a otros usos aguas abajo. Podría darse incluso el caso de mejorarse ciertos parámetros de la calidad del agua de salida frente a la de entrada. Los efectos más relevantes de los vertidos de una IAC son los siguientes:

¹⁸. Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo, de 19 de septiembre de 2002, «Estrategia para el desarrollo sostenible de la acuicultura Europea» [COM (2002) 511 final - no publicada en el Diario Oficial].

¹⁹. Las partículas producidas en los efluentes de las instalaciones acuícolas tienen densidad muy parecida al agua, facilidad de rotura de los coágulos ante aumentos de presión y diámetros de partículas del orden de 50 a 100 micras.

²⁰. El tratamiento de los efluentes de las balsas de producción suele consistir en sistemas de filtración específicamente diseñados para acuicultura. Suele tratarse de filtros "de tambor" capaces de filtrar grandes volúmenes de agua y con un paso de malla de 60 micras de forma general. Su limpieza periódica es importante para garantizar su correcto funcionamiento.

²¹. El Factor de conversión mide los kilos de pienso seco utilizados para engordar 1 kilo de pescado en fresco, por lo que si lo transformamos en peso húmedo, la proporción de un FCR de 1:1 es equivalente al 3,8:1.

TIPO DE VERTIDO	EFECTO
Sólidos orgánicos ²² (comida y heces)	Aumento de turbidez y disminución de entrada de luz en la columna de agua, reduciendo el proceso fotosintético y la concentración de oxígeno disuelto. Daños en las branquias de los peces
	Su depósito favorece la aparición de condiciones anóxicas en el fondo del cauce, pudiendo, en casos extremos, modificar la estructura faunística
	Los fármacos suministrados oralmente que terminan en el ambiente a través de alimento no ingerido y desechos fecales son consumidos por organismos detritívoros → la propia capacidad autodepuradora del medio puede verse reducida por el efecto de antibióticos que inhiben el crecimiento microbiano, llegando incluso a generar patógenos resistentes
Compuestos químicos (limpieza y desinfección tanques)	Uso inapropiado puede alterar la calidad de las aguas, ya que la mayoría presenta un alto grado de toxicidad: son compuestos biocidas empleados contra bacterias, virus o parásitos

Tabla 12.2 Efectos de tipos de vertidos

12.3. Recomendaciones para la reducción de los residuos en los vertidos

Mediante una gestión adecuada del proceso de crianza en la IAC, se puede minimizar significativamente la polución asociada a sus vertidos. Se recomienda:

- **Ubicar las instalaciones** en un área con profundidad y flujo de corriente razonables para facilitar la dispersión y absorción de la materia orgánica por parte del ecosistema
- Aportar la **cantidad adecuada de pienso**, con la formulación óptima y el **granulado, forma y tamaño correctos** (ver capítulo correspondiente)
- **Limpiar periódicamente los estanques de cría**, para gestionar los filtros o la balsa de decantación con el mayor grado de eficiencia posible (evitar limpieza masiva de fondos para no obturar los filtros)
- Promover el desarrollo de **sistemas de recirculación** parcial o total de las aguas de cultivo para reutilizarlas y eliminar la materia orgánica
- Promover la **investigación** para la recuperación, eliminación y reutilización de los residuos sólidos
- Evitar el **uso de antibióticos** como método profiláctico y fomentar la búsqueda y obtención de antibióticos más efectivos y seguros. Establecer planes sanitarios para prevenir el desarrollo de cepas microbianas resistentes a los mismos
- Reducir el uso de **productos químicos persistentes** y sustituirlos por productos biodegradables siempre que sea posible
- **Adaptar el efluente** de la IAC a la capacidad de los ecosistemas y usos del agua aguas abajo del vertido

²². La velocidad de dilución de los desechos de materia orgánica (comida y heces) es mayor en aguas continentales que marinas gracias a las corrientes. A pesar de la escasa información disponible de los efectos de los desechos de las instalaciones acuícolas sobre el medio receptor, parece que estas no contribuyen de manera significativa a la eutrofización o hipernutricación (Pillay, 2004).

13. El paisaje

Las IAC con carácter de nueva implantación, modificación o ampliación de las existentes, introducen nuevos elementos en el paisaje que pueden provocar una interacción no acorde con las propiedades paisajísticas de su entorno. Por ello, su diseño se debe abordar desde el enfoque de la **integración paisajística**, que hace referencia a la inserción armónica de las actuaciones en el paisaje, sin afectar negativamente a sus características esenciales y a su calidad (Busquets, 2009). Ésta pretende evitar:

- La alteración del carácter del paisaje (Swanwick, 2004) y recursos paisajísticos o elementos del territorio cuya protección es prioritaria por su interés ambiental, social o visual
- La modificación significativa de las características visuales del paisaje por los cambios en el *color, textura, línea, forma, dimensión y distribución escénica* de los elementos que configuran el carácter del paisaje
- Los efectos visuales de reflejos, brillos o sombras adversos que distorsionan las condiciones visuales del territorio
- La interferencia de vistas que relacionan paisajes de valor con los emplazamientos accesibles y frecuentados, que constituyen los principales puntos de observación

La decisión de la incorporación de una nueva instalación acuícola no solo debe considerar la magnitud de las interacciones paisajísticas, sino que también debe evaluar su importancia (Wood, 2008) a partir de la opinión o sensibilidad de las poblaciones locales ligadas.

13.1. Principios

La integración paisajística se fundamenta en la valoración de los efectos paisajísticos y visuales provocados por la intervención, comparando la situación previa *–preoperacional–* y la transformada por las acciones de la actividad *–implantación–* considerando aquellas alternativas del proyecto que no afecten negativamente al carácter del lugar o impidan la posibilidad de percibir los *recursos paisajísticos* (IEMA, 2002). Se basa en los siguientes principios generales:

- Cumplimiento de la **legislación vigente y criterios de buenas prácticas** en materia de Paisaje²³. La consideración del paisaje como recurso y del factor humano en la gestión territorial han sido algunas de las determinaciones relevantes de los acuerdos del Convenio Europeo del Paisaje (CEP)²⁴ que insta a la incorporación legislativa y de políticas para promover la **protección, gestión y ordenación de los paisajes**, y a desarrollar un conjunto de buenas prácticas en paisaje
- Consideración de la sensibilidad otorgada al paisaje y la fragilidad visual del territorio en la elección del emplazamiento como consecuencia de la **singularidad, naturalidad y valor social** del territorio. Los paisajes fluviales poseen generalmente un elevado valor escénico, ubicaciones remotas e inaccesibles donde la presencia del hombre es inapreciable y que producen en el observador sensaciones de aislamiento o tranquilidad (Hagget *et al.*, 2009). En estos casos,

²³. La consideración del paisaje en el diseño y ejecución de proyectos comienza, en el caso de la UE, con la legislación relativa a la evaluación de impacto ambiental (Directiva 85/337/CEE), que incluye al paisaje dentro del conjunto de factores ambientales a evaluar.

²⁴. Consejo de Europa (2000). Convenio Europeo de Paisaje [en línea]. http://www.mma.es/portal/secciones/desarrollo_territorial/paisaje_dt/convenio_paisaje/ [consulta].

la calidad escénica del paisaje puede verse afectada negativamente por el efecto visual de la introducción de elementos constructivos y por los ruidos generados en su funcionamiento (SNH, 2008). Por otro lado, en los emplazamientos de baja fragilidad visual situados junto a cauces de ríos en tramos altos encajados, la propia configuración del relieve junto con la vegetación de ribera, contribuyen a integrar la actividad dado el reducido tamaño de la cuenca visual. Es importante analizar la visibilidad de las IAC desde los principales puntos de observación como las carreteras escénicas, rutas turísticas, miradores o lugares de interés histórico o patrimonial. (IEMA, 2002; MMA, 2006)

- **Planificación de la adaptación de los elementos construidos al carácter del paisaje.** Una de las ventajas que presentan las IAC en relación a la integración paisajística es la flexibilidad de diseño de los elementos que la componen. Es posible adaptarlo a las características del entorno en términos de composición espacial de sus elementos, color y textura de los acabados. Si la escala de la actividad excede la de los elementos paisajísticos de su entorno, la instalación se convierte en un elemento dominante y ajeno en el paisaje²⁵
- **Integración paisajística individual y de composiciones del conjunto de instalaciones.** La generación de impactos acumulativos es clave: los efectos de una instalación de pequeñas dimensiones pueden no ser significativos, pero la introducción con repetición de varias con las mismas características puede llegar a alterar el carácter del paisaje de forma inaceptable

13.2. Recomendaciones

Las acciones recomendadas se denominan medidas de integración paisajística, y entre ellas, la elección de una localización apropiada es la más importante (Grant, 2000; SNH, 2008).

13.2.1. Localización de la instalación acuícola continental

Se deben **evitar los paisajes de calidad, frágiles y sensibles**. No se deben comprometer los objetivos de calidad paisajística definidos previamente por el planeamiento territorial para la zona. Se buscarán zonas de baja fragilidad visual o zonas poco sensibles a la actividad, con cuencas visuales pequeñas, pendientes suaves, orientadas a umbrías y en las que la vegetación circundante tenga una estructura que integre las IAC. Se debe aproximar a **espacios accesibles**, minimizando las interacciones derivadas de la creación de nuevas infraestructuras viarias.

Se deben elegir emplazamientos de **baja intervisibilidad**, seleccionando zonas del territorio con cuencas visuales de superficie reducida de modo que la IAC no se vea desde puntos de observación significativos (Visual Resource Management, 2010).

Se debe mantener la integridad de la estructura formal de territorio evitando situar la IAC sobre elementos topográficos prominentes, crestas, riscos, etc., siendo preferibles posiciones inferiores. Se debe elegir emplazamientos que minimicen los **movimientos de tierra** y permitan la

²⁵ La extensión y altura de los elementos construidos de las instalaciones y la orientación y dirección de la distribución de estanques, son buenos indicadores ambientales de su integración visual.

adaptación al perfil del terreno. Dada la proximidad de las instalaciones a los cursos de agua, la adaptación a las terrazas naturales es una medida de integración operativa.

13.2.2. Composición y diseño de la instalación acuícola

Se deben **mantener los elementos del paisaje** que más definen su carácter, evitando eliminar elementos que contribuyan de forma significativa a la calidad visual del paisaje (ej. rocas y vegetación arbórea).

Se debe **adaptar la composición** de las instalaciones a las características dominantes del paisaje, orientándolos en la dirección dominante de los componentes del paisaje: siguiendo la dirección longitudinal del cauce, nunca en la dirección transversal. Se debe **adaptar su patrón constructivo** al de las edificaciones existentes. Si no existen, utilizar el patrón de las formas del terreno, la cubierta del suelo y la vegetación.

Se deben **diseñar las edificaciones** acorde a las propiedades visuales del entorno, adaptándolas en escala, forma, colores y texturas a los componentes existentes en el paisaje, evitando tonalidades cálidas, claras o reflectantes.

13.3. Buenas prácticas de la integración paisajística en la acuicultura

13.3.1. Instalaciones acuícolas continentales de Polinyà del Xúquer

El Centro²⁶ se orienta a la investigación y reproducción para la recuperación de poblaciones (ej. fartet, samaruc, espinoso, anguila, etc.). Su estructura contiene un área de edificios administrativos y el área central con las instalaciones de mantenimiento, almacén, naves de alevinaje y eclosión y el área de estanques de engorde con dos líneas de estanques rectangulares.



Figura 13.1: Vista interior IAC y detalle de los estanques de engorde

²⁶ Pertenece a la Generalitat Valenciana y es sede del centro de experimentación y desarrollo del **Riia** (Red de innovación en industrias acuícolas CV).



Figura 13.2: Esquema de planta y composición de las IAC de Polinyà del Xúquer. Vista aérea del entorno agrícola y urbano de las IAC

Buenas prácticas

- Adaptación de la composición a la matriz del parcelario, caminos y cerramientos del entorno
- Tratamiento de la lámina de agua del surgimiento o *Ullal Gran*, que se deriva por un canal a las acequias de riego
- Las instalaciones son parecidas al urbanizado circundante de baja densidad
- El arbolado y céspedes introducidos suplen al cultivo citrícola y la vegetación natural freatófila

Recomendaciones paisajísticas

- Mejora de vistas e incrementar el *Ullal Gran* o su zona de influencia
- Incorporar la vegetación arbustiva y arbórea entre las instalaciones y las orillas del *Ullal Gran*
- Disminuir el contraste entre las edificaciones, pavimentaciones y estanques, contemplando textura, forma y líneas en su conjunto, semejantes a la matriz agrícola común circundante. Rebajar contrastes de tono y de brillos entre los materiales
- Aumentar las especies naturalizadas o endémicas características de zonas húmedas o de sus riberas



Figura 13.3: Surgencia natural o *Ullal Gran* de Polinyà del Xuquer

14. Huella ecológica

La acuicultura conlleva el consumo de recursos (materias primas, agua, aire limpio) y genera flujos de energía y materiales (insumos y residuos) con diferentes efectos sobre el entorno que, en el marco de la sostenibilidad, han de evaluarse. La Huella Ecológica es un indicador ambiental de reciente desarrollo que permite evaluar esta presión, el establecimiento de buenas prácticas y criterios de ecoetiquetado.

14.1. La huella ecológica

Para establecer una comparación entre la demanda humana de naturaleza con la capacidad regenerativa de la biosfera para proveer recursos y servicios, la Huella Ecológica (Wackernagel & Rees, 1996) mide en hectáreas globales cuánta superficie biológicamente productiva, incluyendo agua y tierra, precisa un individuo, población o actividad para producir todos los recursos que consume y absorber los residuos que genera, empleando la tecnología y prácticas de gestión más frecuentes.

La Huella Ecológica resulta de gran utilidad al medir el efecto de la producción y consumo sobre el medio ambiente y expresarlo en términos fáciles de visualizar (superficie global), permite establecer comparativas, y optimizar los procesos de producción en los distintos eslabones de la cadena de valor en que se genera una parte de huella que es transmitida sucesivamente ("efecto dominó") y que finalmente recibe el consumidor. Además, contribuye a promover un sistema de ecoetiquetado de *huellas apropiadas* para esta actividad.

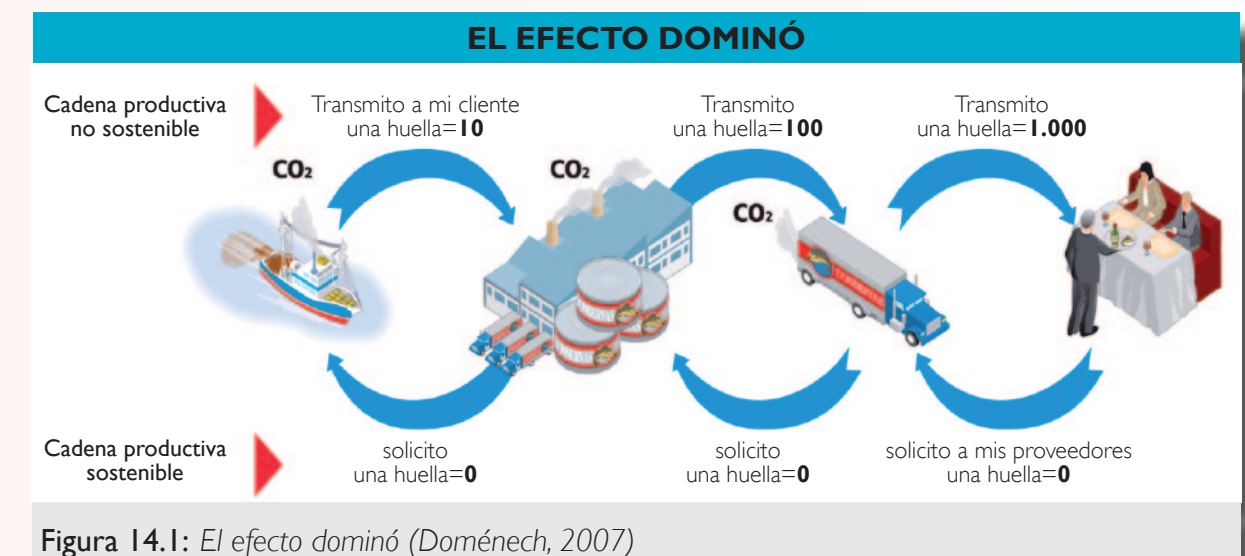


Figura 14.1: El efecto dominó (Doménech, 2007)

El cálculo de la Huella Ecológica requiere estimar los recursos consumidos y los residuos generados, y transformarlos en unidades de superficie productiva (tierra cultivable, bosques y pastos, mar, terreno construido, y energía fósil, o área de bosque necesaria para absorber las emisiones contaminantes (Global Footprint Network, 2009)), mediante factores de productividad. Para

ello existen diversas metodologías, como el método compuesto (Wackernagel & Rees, 1996), la aproximación de componentes (Simmons *et al.*, 2000), el análisis input-output (Bicknell *et al.*, 1998) y el método compuesto de las cuentas contables (MC3) (Doménech, 2007), con diferente complejidad, requerimientos de datos y grado de fiabilidad y detalle.

La valoración de la sostenibilidad de una instalación acuícola se deriva de la estimación de su huella frente a la biocapacidad de la misma, o contrahuella, expresada como la inversión que la empresa realiza en capital natural como compensación a la generación de huella.

14.2. Huella hídrica y de carbono

Otro indicador complementario de sostenibilidad basado en huella que se ha desarrollado recientemente es la Huella Hídrica (Hoekstra *et al.*, 2009), que se estima con arreglo al volumen de agua virtual necesario para la producción de un determinado producto. Aunque a menudo se comparan y contrastan, la Huella ecológica y la Huella Hídrica no son indicadores sustitutivos. La Huella Ecológica no mide flujos de agua. Puesto que éste es un recurso renovable vital, la Huella Hídrica se plantea como un indicador de sostenibilidad en su uso, proporcionando una parte diferente de información en el rompecabezas de la sostenibilidad.

La Huella de Carbono, en cambio, mide la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos directa o indirectamente por la producción acuícola y representa un paso más hacia actividades económicas socialmente responsables. Incluye el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), junto con otros gases como hidrofluorocarbonos (HFC) y perfluorocarbonos (PFC), y se suele expresar en kg de CO₂ equivalentes que se liberan a la atmósfera a lo largo del ciclo de vida. Su análisis permite definir medidas para reducir los consumos energéticos, una mejor gestión de proveedores y una mejor imagen corporativa (ej. etiquetado de los productos).

14.3. Recomendaciones

Un **análisis de las diferentes huellas de la producción acuícola** puede encaminar la actividad hacia la sostenibilidad. Para ello es muy importante delimitar correctamente el ámbito del sistema sobre el que se va a realizar el análisis de huella. El acuicultor conoce bien los procesos y actividades que se llevan a cabo dentro de su actividad. Se han de identificar todos los procesos susceptibles de generar huella para lo cual puede ser de utilidad el dibujo de un mapa de procesos, cuantificando la magnitud de las entradas y salidas.

En la medida de lo posible, se ha de recabar e incorporar información de los proveedores de insumos acerca de la **huella de sus productos**. Se debe mantener una contabilidad correcta, actualizada y coherente de los insumos y residuos de la explotación. De este modo, a la vez que se lleva a cabo un seguimiento apropiado de los estados financieros de la actividad acuícola, es

posible la estimación paralela de la huella ecológica en una contabilidad ambiental de la actividad, con la consiguiente valoración de su nivel de sostenibilidad.

Se han de identificar los procesos que suponen una mayor apropiación de superficie productiva, para ser objeto de mejora. Conviene evaluar la **eco-eficiencia de los métodos de producción** que se vienen utilizando y valorar la posibilidad de implantar métodos alternativos o la adopción de buenas prácticas para reducir la huella, resultando en una mayor sostenibilidad de la explotación.

14.4. Comparación entre sistemas de producción

A partir de la aplicación de metodologías de Evaluación del Ciclo de Vida (LCA, *Life Cycle Assessment*) se comparan dos sistemas de producción de trucha en sistema de circuito abierto (FTF) y un sistema piloto experimental de recirculación del agua (RSF), ambos para una producción anual de 478 Tm de trucha (d'Orbcastel *et al.*, 2009).

El análisis LCA evalúa la contribución ambiental de cada aspecto del sistema de producción específico a partir de los input/output referidos a producción de peces, productos veterinarios y químicos, oxígeno líquido, infraestructura, equipamiento y fuentes de la energía consumida en la instalación (electricidad, gasóleo y gas), evaluándose para cada uno su consumo de materias primas, uso de energía y la producción de emisiones en cada fase del proceso, desde la manufactura hasta su uso.

Los dos sistemas analizados son muy diferentes en lo que concierne al uso del agua, potencial de eutrofización del medio acuático a donde se vierte el efluente de la planta y al uso de energía. En este caso, la alimentación se constituye como el principal indicador a la hora de determinar el balance ambiental de ambos sistemas de producción.

La producción y uso del alimento en un sistema de cultivo de tipo FTF supone un porcentaje muy importante del impacto ambiental producido por la instalación, llegando a alcanzar hasta el 91% del indicador de gases invernaderos. Se analizan, además de dos escenarios básicos (circuito cerrado-circuito abierto), dos sistemas de circuito abierto según las necesidades de bombeo de agua sean elevadas (H-FTF) o reducidas (L-FTF).

En los sistemas de cultivo que utilizan recirculación del agua (RSF), la alimentación genera la mayoría de los impactos ambientales. Una mejora en los valores de la tasa de conversión del alimento (FCR) tiene un efecto positivo sobre la mayoría de los indicadores ambientales.

Las diferencias en el impacto ambiental generado por los sistemas testados con y sin recirculación de agua, en diferentes condiciones de la tasa de conversión del alimento, pueden observarse en la Figura 14.2.

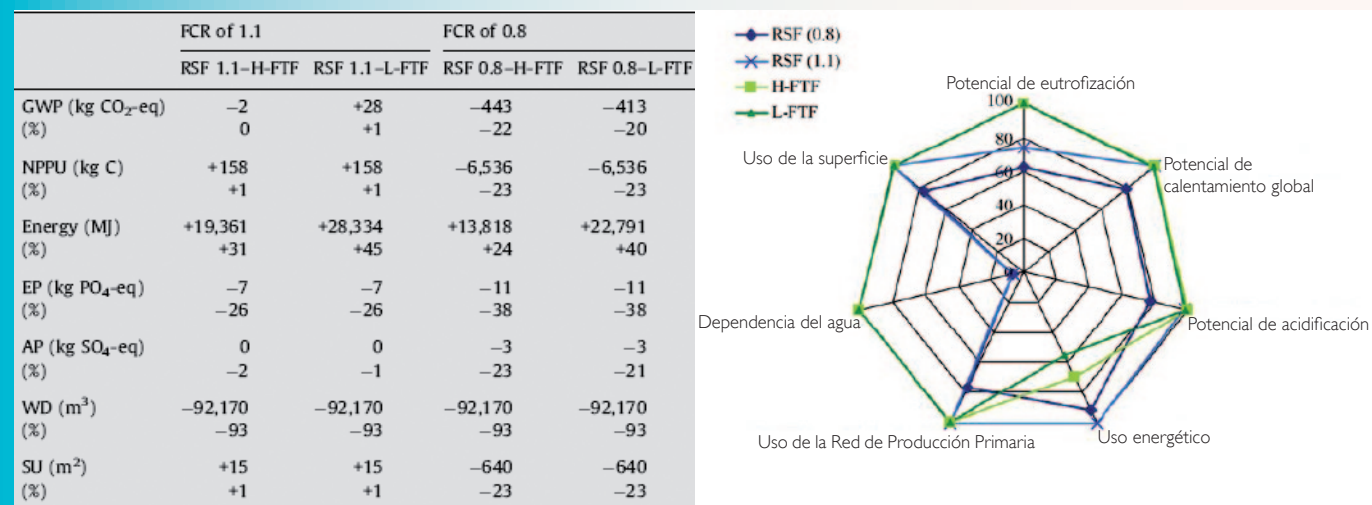


Figura 14.2: Diferencias en el impacto ambiental generado por sistemas de producción de tipo FTF y RSF

Con una tasa de conversión del alimento del sistema RSF de 0.8 frente a 1.1 del sistema tradicional de circuito abierto (FTF), el balance ambiental es, a nivel regional y global, mucho más favorable para el sistema RSF que para el FTF, a excepción del uso de la energía. Así, la dependencia del agua es un 93% más baja en el sistema RSF que en el FTF, así como el potencial de eutrofización, que es entre 26-38% más bajo en el sistema RSF que en el FTF. En contraposición, el sistema RSF consume entre 24-40% más energía que el FTF, debido principalmente al uso de los sistemas de aireación y tratamiento del agua del sistema RSF. El estudio francés plantea así mismo la posibilidad de reducir el uso de la energía de los sistemas RSF a partir de la mejora de los sistemas de aireación y en el diseño de nuevos biofiltros, lo que permitiría reducir el consumo de energía de estos sistemas a niveles de los utilizados en los sistemas FTF.

15. Interacciones socioculturales

La acuicultura continental se presenta en **formatos muy diferentes** en cuanto a tamaño de las instalaciones acuícolas, integración en el medio, especies de cultivo, densidad poblacional, etc. Todo ello contribuye a encontrar un tipo de interrelación sociocultural, e incluso económica, muy diferente.

En aquellas zonas históricamente vinculadas a la acuicultura extensiva o semi-extensiva, y en las que solo se produce una intensificación de la producción, se observa una elevada **integración social** de las empresas, muchas veces de gestión o propiedad local. En áreas de nueva instalación se observa, mayoritariamente, división de opiniones: oportunidad de negocio o de trabajo en la IAC y la transformación vs. agresión al río, en particular cuando la IAC es de un tamaño mayor y más intensiva. En esta percepción también influyen el vínculo histórico y la apreciación culinaria de las especies a cultivar y el formato, ej. las jaulas en embalses y la acuicultura extensiva en grandes lagos que actúan como reservorio de agua para la agricultura, y otros modelos mixtos de instalaciones acuícolas con lagos de pesca deportiva anexa, y la tradición pesquera que potencia las IAC.

Las actividades de **promoción turística** y el turismo rural promueven una mayor integración de las IAC en su entorno para convertirse en un elemento más de dinamización cultural y económica (ej. a través de jornadas de puertas abiertas o visitas a la propia instalación o un incremento de la variedad gastronómica). Las IAC se perciben crecientemente como un elemento que aporta riqueza y no solo consume recursos como el agua. También se favorece la venta de pescado con una referencia clara a su origen de producción, incluso sin distintivos de Denominación de Origen.

También los **lagos de pesca**, una actividad a medio camino entre la producción acuícola y la pesca deportiva, puede fomentar los ingresos y/o la interacción social. Hay piscicultores que preparan una zona anexa con balsas o lagos, vegetación e incluso con zona de picnic, restaurante y columpios. En estas balsas se pueden pescar los peces producidos en la planta, básicamente trucha en aguas frías y carpa, esturión y/o perca en aguas templadas. Generalmente, estos lagos han sido desarrollados por IAC de baja producción, ubicadas relativamente cerca de ciudades o zonas densamente pobladas, con una larga tradición de pesca deportiva fluvial, y con un nivel adquisitivo medio-alto (ej. Valle del Po, Italia) como actividad suplementaria con un creciente peso en la instalación.

De esta manera, IAC gestionadas en interacción con la población local pueden proveer ciertos servicios basados sobre el ecosistema (MEA, 2005) que estrechan los vínculos también con el medio ambiente y favorecen un reconocimiento directo de los bienes y productos facilitados a la comunidad local por un ecosistema en buen estado ecológico.

16. Aspectos económicos

Los **puestos de trabajo** directamente relacionados con la actividad productiva piscícola son pocos y su número depende del tamaño, la producción, el grado de tecnificación y automatización y el procesado del pescado. La actividad piscícola adquiere cierta relevancia en un entorno estrictamente rural, con poca población y pocos puestos de empleo cualificados. Si la producción va acompañada de una sala de procesado, entonces se convierte en un más que importante núcleo de empleo. Otro aspecto a tener en cuenta es la no-estacionalidad de los puestos de trabajo, con producción y ventas homogéneas durante el año.

Puede favorecer también la creación de puestos de trabajo **indirectos** (ej. a través de la venta directa), o el acoplamiento de otras actividades económicas, que ya se han mencionado en el capítulo anterior:

De esta manera, un ecosistema fluvial bien gestionado y conservado puede facilitar servicios ecosistémicos a bajo coste a la comunidad local (MEA, 2005).

Situada en el Valle de Arán (España), la IAC Les cría esturión en cultivo intensivo de producción ecológica, y ha logrado una importante diversificación económica y aceptación social (se puede obtener más información en www.caviarnacarii.es).

Salmo-Pan es una IAC en Pandino (Italia) transformada del cultivo de la trucha hacia el esturión y un lago de pesca.



Figura 16.1: IAC de esturión en Les (Valle de Arán)
© R. Barrera



Figura 16.2: IAC Salmo-Pan
© R. Barrera

17. Anexos

17.1. Abreviaturas

CE	Comisión Europea
DBO	Demanda biológica de oxígeno
EAA	Enfoque Ecosistémico de la Acuicultura (<i>Ecosystem Approach for Aquaculture</i>)
EMC	Evaluación Multicriterio
FAO	<i>Food and Agriculture Organisation</i>
FCR	Factores de Conversión
FIFO	Sistema <i>First In, First Out</i> ("Lo que entra primero, sale primero")
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GIS	Sistemas de Información Geográfica
GISFish	<i>Global Gateway to Geographic Information Systems, Remote Sensing and Mapping for Fisheries and Aquaculture</i> (www.fao.org/fishery/gisfish)
IAC	Instalación Acuícola Continental
OMGs	Organismos Modificados Genéticamente
PNUMA/UNEP	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
UE	Unión Europea
MAPA	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
IUCN	<i>International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources</i>

17.2. Bibliografía y referencias

- AENOR. Norma UNE: 173003:2008. Guía de Prácticas Correctas de Higiene en pesca y acuicultura.
- Balcázar, J.L., de Blas, I., Ruiz-Zarzuela, I., Cunningham, D., Vendrell, D. & Múzquiz, J.L., 2006. The role of probiotics in aquaculture. *Vet Microbiol*, 114: 173–86.
- Beardmore, J.A. & Porter, J.S., 2003. Genetically modified organisms and aquaculture. *FAO Fisheries Circular*, 989.
- Berg, W.J. & Gall, G.A.E. 1988. Gene flow and genetic differentiation among California Coastal rainbow trout populations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45: 122–131.
- Bicknell, K.N.; Ball, R.J.; Cullen, R. & Bigsby, H.R. (1998). New methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand economy"; *Ecological Economics*, 27 (2): 149-160.
- BIM (Bord lascaigh Mhara, Irish Sea Fisheries Board), 2003. ECOPACT. *Environmental Code of Practice for Irish Aquaculture Companies and Traders*.
- Blanco, M.C., 1984. La trucha: cría industrial. Ed. Mundiprensa, Madrid.
- Blanco, M.M., Liébana, P., Gibello, A., Alcalá, C., Fernández-Garayzábal, J.F. y Domínguez, L., 2004. *Principales patologías bacterianas en la piscicultura española*. Disponible en: www.comunidad.veterinaria.org/articulos
- Bondad-Reantaso, M.G.; Arthur, J.R.; Subasinghe, R.P., 2008. Understanding and applying risk analysis in aquaculture. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. No. 519. Rome.
- British Columbia Salmon Farmers Association, 2005. *Code of Practice*.
- Brown, L., 2000. *Acuicultura para veterinarios*. Ed. ACRIBIA.

- Busquets, J., 2009. Els estudis d'impacte i integració paisatgística a Catalunya). En Nogué, J., Puigbert, L. & Bretcha, G. (ed.) *Ordenació i gestió del paisatge a Europa. Plecs de paisatge*. Eines 2, pp. 188-208. Observatori del Paisatge de Catalunya.
- Carmichael, G.J., 1984. Long distance truck transport of intensively reared largemouth bass. *Prog. Fish Culturist*, 46: 111–115.
- Cataudella, S., Massa, F. & Crosetti, D., 2005. Interactions between capture fisheries and aquaculture. Interactions Between Aquaculture and Capture Fisheries: A Methodological Perspective. *Studies and Reviews*, 78: 109-123. Ed. FAO, Roma.
- Chandler, D. P.; Welt, M.; Leung, F.C. & Richland, W.A., 1990. Development of a rapid and efficient microinjection technique for gene insertion into fertilized salmonid eggs. *Technical Report of Batelle Pacific Northwest Laboratory*. pp.1-22.
- Chandroo, K.P., Cooke, S.J., McKinley, R.S. & Moccia, R.D., 2005. Use of electromyogram telemetry to assess the behavioural and energetic responses of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) to transportation stress. *Aquacult. Res.*, 36: 1226–1238.
- Ciccotti, E., 2005. Interactions between capture fisheries and aquaculture: the case of the eel (*Anguilla anguilla* L., 1758). Interactions between Aquaculture and Capture Fisheries: A Methodological Perspective. *Studies and Reviews*, 78: 187-202. Ed. FAO, Roma.
- Costerton, Z.; Lewandowski, D.E.; Caldwell, D.R.; Korber, H. & M. Lappin-Scott, 1995. Microbial Biofilms. *Annual Review of Microbiology*, Vol. 49, Pag 711-745.
- D'Orbcastel, R., Blancheton, J. P. & Aubin, J. 2009. Towards environmentally sustainable aquaculture: Comparison between two trout farming systems using Life Cycle Assessment. *Aquacultural engineering* 40, 113-119.
- Davies, P.E., 2000. Cage Culture of Salmonids in Lakes: Best practice and risk management for Tasmania. *Report to Minister for Inland Fisheries and Inland Fisheries Service*, January 2000.
- Davis, K.B. & Parker, N.C., 1986. Plasma corticosteroid stress response of 14 species of warmwater fish to transportation. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 115: 495–499.
- Dixon, P., 1997. *Fish vaccinology*. Dev. Biol. Stand., Karger, Basel. pp. 221.
- Doménech, J.L., 2007. *Huella ecológica y desarrollo sustentable*. AENOR.
- DPIF, 2005. Best practice environmental management guidelines for the salmonid aquaculture industry. *Fisheries Victoria Management Report Series No. 25*. [Online] URL: www.dpi.vic.gov.au/fishing.
- Dworak, Th., Schmidt, G., De Stefano, L., Palacios, E. & Berglund, M., 2010. *Background Paper to the EU Conference on "Application of EU Water-related Policies at Farm Level"*. Louvain-la-Neuve (Belgium). [Online] URL: http://ecologic-events.de/wfd2010/documents/LLN_backgroundpaper-final220910.pdf.
- Elorrieta, M.A., 1993. *Caracterización y análisis de la variabilidad genética en poblaciones españolas de tenca (Tinca tinca)*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- Erikson, U., Sigholt, T. & Seland, A., 1997. Handling stress and water quality during live transportation and slaughter of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 149: 243-252.
- European Parliament, 2008. Report on the adoption of a European Cormorant Management Plan to minimise the increasing impact of cormorants on fish stocks, fishing and aquaculture (2008/2177(INI)). [Online] URL: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=REPORT&reference=A6-2008-0434&language=EN&mode=XML>.
- FAO, 2004. *National Factsheets*.
- FAO, 2007.
- FAO, 2009. Seafood Price Index. *Proceedings of FAO Workshops on fish prices*. Favignana – Sicily. 28-29 September.
- FAO, 2010. *The potential of spatial planning tools to support the ecosystem approach to aquaculture*. Authors: Kapetsky, J.M., Aquilar-Manjarrez, J. & Soto, D.
- FAO/PNUMA, 1984. Conservación de los recursos genéticos de los peces: problemas y recomendaciones. Informe de la Consulta de Expertos sobre los recursos genéticos de los peces. Documento Técnico de Pesca, 217.
- FEAP (Federation of European Aquaculture Producers) - Aquamedia, 2011. "Production. National Index" Información sobre producción acuícola en el entorno europeo. Acceso restringido a usuarios registrados en web <http://www.aquamedia.org>.
- Fleming, I.A., Agustsson, T., Finstad, B., Johnsson, J.I. & Björnsson, B.T., 2002. Effects of domestication on growth physiology and endocrinology of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 59: 1323–1330.
- FIP (Fondo de Investigación Pesquera, Universidad de Chile & Instituto Tecnológico del Salmón), 2003. Riesgos de introducción de enfermedades infectocontagiosas en salmónidos. Proyecto FIP 2001-08. *Informe Final*. Junio, 2003.
- Global Footprint Network, 2009. Footprint Basics – Overview. [Online] URL: http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/footprint_basics_overview/.
- Grant, A., 2000. Marine Aquaculture and the Landscape: The siting and design of marine aquaculture developments in the landscape. *Scottish Natural Heritage Natural Heritage Management Series* [en línea].
- Gross, M.R., 1998. One species with two biologies: Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the wild and in aquaculture. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55: 131–144.
- Gudding, R., Lillehaug, A. & Evensen, Ø., 1999. Recent developments in fish vaccinology. *Vet Immunol Immunopathol*, 72: 203-12.
- Hagget, C., Fuller, D. & Dunsford, H., 2009. La tranquilat com a indicador de la qualitat del paisatge. En: Nogué, J., Puigbert, L. & Bretcha, G. (ed.) *Indicadores de paisaje: Retos y perspectivas*, pp. 249-274. Observatori del Paisatge de Catalunya.
- Hedenskog, M., Petersson, E. & Järvi, T., 2002. Agonistic behavior and growth in newly emerged Brown Trout (*Salmo trutta* L) of sea-ranched and wild origin. *Aggr. Behav.* 28:145–153.
- Hedley, C. y Huntington, T. 2009. *Restricciones legales y reglamentarias de la acuicultura europea*. Dirección General de Políticas Interiores. Comisión de Pesca del Parlamento Europeo.
- Hektoen, H., Berge, J.A., Homazabal, V. & Yndestad, M., 1995. Persistence of antibacterial agents in marine sediments. *Aquaculture*, 133: 175-84.
- Hodson, S.L., Lewis T.E., Burke C.M June 1997 Biofouling of fish-cage netting: efficacy and problems of in situ cleaning *Elsevier science* Volume 152, Number 1, 1, pp. 77-90.
- Hoekstra, A.Y.; Chapagain, A.K.; Aldaya, M.M. & Mekonnen, M.M., 2009. *Water footprint manual: State of the art 2009*, Water Footprint Network, Enschede, The Netherlands. [Online] URL: <http://www.snh.org.uk/pdfs/publications/heritagemanagement/marineaquaculture.pdf>
- Huntingford, F.A., 2004. *Implications of domestication and rearing conditions for the behaviour of cultivated fishes*. *Journal of Fish Biology*, 65 (Supplement A): 122–142.
- IEMA (Institute of Environmental Management & Assessment), 2002. *Guidelines for Landscape and Visual Impact Assessment*. Institute of Environmental Management & Assessment, Landscape Institute. Ed. Spon Press, London.
- IUCN, 2007. *Guía para el Desarrollo Sostenible de la Acuicultura Mediterránea. I: Interacciones entre la Acuicultura y el Medio Ambiente*. IUCN, Gland, Suiza y Málaga, España. pp. 114.
- IUCN, 2009. *Guide for the Sustainable Development of Mediterranean Aquaculture 3. Aquaculture Responsi-*

- ble Practices and Certification. Gland, Switzerland and Malaga, Spain: IUCN. VI+70 pp.
- IUCN, 2009b. *Guide for the Sustainable Development of Mediterranean Aquaculture. 2: Aquaculture Site Selection and Site Management*. IUCN, Gland, Suiza y Málaga, España. pp. viii+303.
 - Jonsson, S., Brannas, E. & Lundqvist, H., 1999. Stocking of brown trout, *Salmo trutta* L.: effects of acclimatization. *Fish. Manage. Ecol.* 6: 459–473.
 - Lamers, C.H.J., 1985. *The reaction of the immune system of fish to vaccination*. Ed. Agricultural University, Wageningen. pp. 256.
 - Lázaro Cantalejo, C., 2001. *Línea de producción de piensos extrusionados para acuicultura*. Proyecto fin de Carrera. Ingeniería Química. Universidad de Valladolid.
 - Lorenze, N. & Olesen, N.J., 1997. *Fish vaccinology*. Dev. Biol. Stand., Karger, Basel. pp. 201.
 - Maitland, P.S., 1979. The status and conservation of rare freshwater fishes in the British Isles. *Proc. Brit. Freshwat. Fish Conf.*, 1:237–48.
 - Malczewski, J., 1999. *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. Ed. John Wiley & Sons, New York.
 - MAPA, 1999. *II Reunión internacional sobre biología y cultivo de la Tenca*.
 - MAPA, 2002. *La gestión medioambiental en la acuicultura española*. Ed. Mundi-Prensa Libros S.A. pp. 352.
 - MAPA, 2007. *Acuicultura: La Revolución Azul. Instalaciones en tierra*. APROMAR. Observatorio Español de Acuicultura. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
 - MARM, 2007. *El canon de saneamiento y su aplicación en la acuicultura continental española*. ATRUGAL-Asociación Gallega de Piscifactoría de Trucha.
 - MARM, 2008. *Guía de minimización de residuos de acuicultura*. Ed. JACUMAR.
 - MARM, 2008. *Manual práctico de operaciones en la lucha contra las enfermedades de los animales de la acuicultura*.
 - Maura i Rayó, S., 1990. *Los piensos en acuicultura*. Mundo Ganadero, 3: 58-60.
 - MEA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005. *Ecosystem and Human Well-being: Current State & Trends Assessment*. World Resources Institute, Washington, D.C. [On line] URL: <http://www.millenniumassessment.org/en/Condition.aspx>.
 - Meyer, F.P., 1991. Aquaculture disease and health management. *J Anim Sci*, 69: 4201-8.
 - MMA, 2003. *Manual de buenas prácticas ambientales en la familia profesional: pesca y acuicultura*.
 - MMA, 2006. *Guía para la elaboración de estudios del medio físico*. Madrid, España.
 - Moretti, V.M., Turchini, G.M., Bellagamba F., Caprino, F., 2003. Traceability Issues in Fishery and Aquaculture Products. *Veterinary Research Communications*, 27 Suppl. 1: 497–505.
 - Mork, O.I. & Gulbrandsen, J., 1994. Vertical activity of 4 salmonid species in response to changes between darkness and 2 intensities of light. *Aquaculture*, 127: 317–328.
 - Naylor, R., Hindar, K., Fleming, I.A., Goldberg, R., Williams, S., Volpe, J., Whoriskey, F., Eagle, J., Kelso, D. & Mangel, M., 2005. Fugitive salmon: assessing the risks of escaped fish from net-pen aquaculture. *Bioscience*, 55 (5): 427-437.
 - Nielsen, T. & Prouzet, P., 2008. Capture-based aquaculture of the wild European eel (*Anguilla anguilla*). Capture-based aquaculture. *FAO Fisheries Technical Paper*, 508: 141-167.
 - Oslo and Paris Commissions, 1994. *BEP for Aquaculture Best Available Techniques (BAT) and Best Environmental Practice (BEP) Series*. Best Environmental Practice for Chemicals from Aquaculture. 1994. [Online] URL: http://www.ospar.org/documents/dbase/publications/p00023_BEP-E.pdf.
 - Padrós, F., Furones, M.D., 2002. Patología bacteriana en piscicultura. *Actualidad SEM*, 34: 13-21.
 - Pawlik, J.R., 1992. Chemical ecology of the settlement of benthic marine invertebrates. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 30:273-335.
 - Persoone, G., 1971. Ecology of fouling on submerged surfaces in a polluted harbour. *Vie et milieu*, 22 (Suppl. 2): 613-636.
 - Petersson, E., Jaurvi, T., Steffner, N. G. & Ragnarsson, B., 1996. The effect of domestication on some life history traits of sea trout and Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology*, 48: 776–791.
 - Pickering, A.D., 1993. Growth and stress in fish production. *Aquaculture*, 111 (1-4): 51-63. Genetics in Aquaculture IV.
 - Pillay, T.V., 2004. *Aquaculture and the environment*. 2nd ed. Ed. Wiley-Blackwell.
 - Pillay, T.V., 2005. *Aquaculture and Practices*.
 - Poseidon Aquatic Resource Management Ltd., Atkins Consultants, The Hellenic Centre for Marine Research, Napier University & Pescares Italia SRL, 2006. *Some aspects of the environmental impact of Aquaculture in sensitive areas. Final report*.
 - Relini, 1990. Colonisation patterns of hard substrata in the Loano artificial reef (West Ligurian Sea). *Atti della prima riunione del gruppo GFCM sulle barriere artificiali*. *FAO Fish. Rep* 428: 108-113.
 - Rokey, G., 1995. Tecnología de la extrusión e implicaciones nutricionales. *XI Curso de especialización FED-NA*, Barcelona, Spain.
 - Ryman, N. & Stahl, G., 1980. Genetic Changes in Hatchery Stocks of Brown Trout (*Salmo trutta*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37(1): 82–87.
 - Ryman, N. & Stahl, G., 1981. Genetic perspectives of the identification and conservation of Scandinavian stocks of fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38 (12): 1562-1575.
 - Ryman, N., 1981. Conservation of genetic resources: experiences from the brown trout (*Salmo trutta*). *Fish Gene Pools. Ecol. Bull.* Stockholm, 34: 61-74.
 - Sadovy de Mitcheson, Y. & Liu, M., 2008. Environmental and biodiversity impacts of capture-based aquaculture. *Capture-based aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper*, 508: 5-39.
 - SCHAW (Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare), 2002. *The welfare of animals during transport (details for horses, pigs, sheep and cattle)*. Brussels. European Commission.
 - Secombes, C.J., Chappell, L.H., 1996. Fish immune responses to experimental and natural infection with helminth parasites. *Annu Rev Fish Dis*, 6: 167–77.
 - Shao, Z., 2001. Aquaculture pharmaceuticals and biologicals: current perspectives and future possibilities. *Advan Drug Deliv Rev*, 50:229–43.
 - Simard, F.; Ojeda, J. & R. Haroun, 2008: The sustainable development of Mediterranean aquaculture: Problems and perspectives. *Options Méditerranéennes, Series B*, No. 62: 113-124.
 - Simmons, C.; Lewis, K.; Barrett, J., 2000. Two feet—two approaches: a component-based model of ecological footprinting. *Ecological Economics*, 32: 375–380.
 - Smith, P., 2001. *Assessing the risks associated with the use of antimicrobial agents in aquaculture. Proceedings of the OIE International Conference on Risk Analysis in Aquatic Animal Health, Paris (France)*, 8-10 February 2000. Office International des Epizooties (OIE), pp. 175-84.
 - SNH (Scottish Natural Heritage), 2008. *Guidance on Landscape/Seascape Capacity for Aquaculture* [Online] URL: <http://www.catpaisatge.net/fixers/guies/aquicultura/aquaculture.pdf>.
 - Strategic Framework for Scottish Aquaculture, 2006. *A code of good practice for Scottish finfish aquaculture*.
 - Stuart N.C., 1983. Treatment of fish diseases. *Vet Rec* 112: 173–7.
 - Svåsand, T., Crosetti, D., García-Vázquez, E. & Verspoor, E., 2007. *Genetic impact of aquaculture activities on native populations*. Genimpact final scientific report (EU contract n. RICA-CT-2005-022802).
 - Soto, D., Aguilar-Manjarrez, J., Hishamunda, N., 2007. Building an ecosystem approach to aquaculture. *FAO/Universitat de les Illes Balears, Expert Workshop. 7–11 May 2007, Palma de Mallorca, Spain. FAO*

Fisheries and Aquaculture Proceedings. No. 14. Rome, 221 pp.

- Swanwick, C., 2004. The assessment of countryside and landscape character in England: an overview. In: Bishop, K., Philipps, A. (ed.) *Countryside Planning. New Approaches to Management and Conservation*, pp. 109-124. Earthscan, London.
- Tave, D., 1999. Inbreeding and brood stock management. *FAO Fisheries Technical Paper*, 392. Ed. FAO, Roma.
- UNEP, 2011. *Green Economy Report. Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. Part I-Investing in natural capital: Fisheries*. pp. 79-111.
- Vargas, R., 2003. Evaluación preliminar del método utilizado en la determinación de la flotabilidad de alimentos piscícolas. *Agronomía Mesoamericana*, 14 (2), 193-199.
- Vela, S., Ojeda, J., 2007. *Acuicultura: La revolución azul*. APROMAR. 364 pp.
- *Visual Resource Management*, 2010. [Online] URL: <http://www.blm.gov/nstc/VRM/>.
- Vuorinen, J., 1984. Reduction of genetic variability in a hatchery stock of brown trout, *Salmo trutta* L. *J. Fish Biology*, 24:339-348.
- Wackernagel, M. & Rees, W.E., 1996. *Our ecological footprint: reducing human impact on the earth*. New Society Publishers.
- Wallace, M.P., 2000. *Retaining natural behaviour in captivity for reintroduction programmes. Behaviour and Conservation*: 300-314. Ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- Winton, J.R., 1997. *Fish vaccinology*. Dev. Biol. Stand., Karger, Basel, pp. 211.
- Woo, P.T.K., 1996. Protective immune response of fish to parasitic flagellates. *Annu Rev Fish Dis*, 6: 121-31.
- Wood, G., 2008. Thresholds and criteria for evaluating and communicating impact significance in environmental statements: 'See no evil, hear no evil, speak no evil?' *Environmental Impact Assessment Review*, 28, pp. 22-38.

17.3. Información sobre los autores

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, criando principalmente anguila aunque también otras especies como doradas, lubinas, esturiones y tilapias. 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.

Josep Cerdà i Mulet es Licenciado en Veterinaria por la Universidad de Zaragoza (1980). Jefe Departamento de Sanidad Animal del Instituto de Biología Animal de les Illes Balears, Conselleria d'Agricultura i Pesca del Govern Balear (desde 1986). Fundador y Director Técnico de las empresas "CARPEIX POLLENÇA S.A.T." (1981), Centro de Acuicultura de Ciprínidos; y de "LLACUNATS DINÀMICS S.L." (2008). Es Vicepresidente de la "Asociación Española de Ciprinicultores y Acuicultura Continental" (2007).

Lucas Domínguez Rodríguez es Licenciado y Doctor en Veterinaria por la Universidad Complutense de Madrid (UCM). Catedrático de Universidad, adscrito al Departamento de Sanidad Animal de la Facultad de Veterinaria (UCM), donde ejerció como director del Departamento du-

rante 13 años (1989-2001). Actualmente es director del Centro de Vigilancia Sanitaria Veterinaria (VISAVET). Sus líneas de trabajo están relacionadas con: Patógenos intracelulares (Mycobacteria, Salmonella, Listeria), Resistencias y alternativas al uso de antimicrobianos, Ictiopatología y Taxonomía bacteriana.

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.

José Francisco Fernández-Garayzabal es Licenciado y Doctor en Veterinaria por la Universidad Complutense de Madrid (UCM). Catedrático de Universidad adscrito al Departamento de Sanidad Animal de la Facultad de Veterinaria y miembro del Centro VISAVET de la UCM. Sus líneas de trabajo están relacionadas la taxonomía bacteriana y con la detección, caracterización y tipificación de bacterias patógenas de interés veterinario, incluidas las principales bacterias patógenas de peces.

Francisco Galiana Galán es Doctor Ingeniero de Montes por la Universidad Politécnica de Madrid y profesor titular de universidad del Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria en la Universitat Politècnica de València. Además, es subdirector del área forestal de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural.

Jesús Gómez Fernández, nacido en Amposta (Tarragona) en el año 1969, es Licenciado en Ciencias Biológicas por la Universidad de Barcelona. Trabajó entre 1993 y 2000 como director técnico en Aquadelt SA, entre 2000 y 2006 como director técnico y posteriormente gerente de la empresa Caviar Nacarii, y en el año 2006 entró a trabajar en la Generalitat de Catalunya, siendo actualmente el responsable de pesca y acuicultura en las Comarcas del Delta del Ebro.

Aina Berta Hernández Mascarell es Licenciada en Ciencias del Mar y Ciencias Ambientales. Desde la finalización de sus estudios su actividad profesional, tanto desde el Depto. de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de la UPV donde trabajó los primeros años, como desde Tecnomá donde trabaja en la actualidad, se ha centrado en el campo de los proyectos y de la investigación relacionados con el medio ambiente, tanto en el ámbito de las aguas continentales (caudales ecológicos y estudios poblacionales de ictiofauna) como costeras y marinas (impactos ambientales de distintas actividades).

José María Hernández Torres es Ingeniero Agrónomo por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) y Postgrado en Ingeniería de Agua (MTU) y se ha centrado en el campo de proyectos de consultoría e investigación en Calidad de Aguas, Hidráulica y el Medio Ambiente, ej. planificación hidrológica, la aplicación de Directivas Europeas de calidad de las Aguas, la ecohidráulica y la limnología.

Manuel Herrero Álvaro es Ingeniero Agrónomo por la Universidad Politécnica de Valencia y

está especializado en ingeniería hidráulica y medio ambiente. Durante los últimos años ha estado trabajando en diversos proyectos de investigación en temas relacionados con la gestión eficiente del agua y la sostenibilidad, en el ITA (España) y SINTEF (Noruega). Actualmente es consultor de planificación ambiental en Tecnomia S.A. (Grupo TYPESA).

Jordi López Ramón es actualmente Director Técnico Veterinario de la Agrupación de Defensa Sanitaria Acuicultura de la Comunitat Valenciana (ADS ACUIVAL). Es Licenciado en Veterinaria, Coordinador del Comité Técnico de la Federación Española de Agrupaciones de Defensa Sanitaria de Acuicultura (FEADSA) y Gerente de la Red de Innovación en Industrias Acuícolas de la Comunitat Valenciana (RIIA).

Antonio López Santalla es Ingeniero de Montes. Dirige programas y proyectos relacionados con la gestión de los sistemas naturales y del medio rural, incluyendo la gestión forestal, restauración fluvial e hidrológica, recuperación paisajística o desarrollo del medio rural. Actualmente es Jefe de proyectos del Departamento de Ingeniería Ambiental y Forestal de Tecnomia S.A. (Grupo TYPESA) y presidente de la Asociación Territorios Vivos.

Eloy Meseguer Hernández es Licenciado en Biología Marina, Universidad de Alicante. Curso de Postgrado "Estudios Morfológicos En Teleósteos Marinos", Universidad de Alicante. Curso de Doctorado en Ciencias Del Mar, Universidad de Alicante. Actualmente trabaja en Dibaq-Diproteg en el área técnico comercial desarrollando proyectos de Acuicultura en Egipto, Libano, Sudán; Túnez y Dubai.

José Ramón Molina Moreno es Licenciado en Ciencias Biológicas (1990), tiene 21 años de experiencia relacionados con la ordenación de los recursos naturales y de espacios protegidos, en especial los relacionados con la Red Natura 2000. Ha participado en numerosos estudios y proyectos de ingeniería civil en el medio terrestre y marino, en los aspectos del procedimiento de EIA y en el desarrollo de anejos de medidas correctoras y compensatorias. Es Jefe de Proyectos del Departamento de Planificación Ambiental de Tecnomia S.A. (Grupo TYPESA).

Elena Palacios Nieto es Ingeniero Técnico Forestal e Ingeniero de Montes con tres años de experiencia en proyectos de consultoría y planificación ambiental, diseño de procesos de participación pública y elaboración de guías sobre la restauración de hábitats naturales. Trabaja actualmente en el Departamento de Planificación Ambiental de Tecnomia S.A. (Grupo TYPESA).

Susana Portela Gaute. Tras haber desempeñado cargos de responsable de calidad y laboratorio en el sector de la acuicultura continental, desde 2006 es Gerente de ATRUGAL, Organización de Productores de Trucha de Galicia y Agrupación de Defensa Sanitaria Ganadera (ADSG). Es Licenciada en Biología por la Universidad de La Coruña. Máster en Ciencia y Tecnología Ambiental por la UDC. Miembro de la Comisión de Medio Ambiente de la Federación Europea de Productores de Acuicultura (FEAP).

Francisco Javier Ruiz Sánchez es Licenciado y Doctor en Ciencias Biológicas por la Universitat de València. Entre 1992 y 2007 ha trabajado en la Conselleria de Medi Ambient y en la Conselleria de Agricultura, Pesca i Alimentació de la Generalitat Valenciana. En 2007 trabajó como técnico en la Associació Valenciana de Empreses de Piscicultura (AVEMPI). De 2008 a 2010 ha sido Delegado de la Oficina Pescaplus Mediterráneo (Fundación Innovamar – Universitat Politècnica de València). Desde 1999 es Profesor Asociado en la Universitat de València.

José María Santiago Sáez, biólogo, 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).

Guido Schmidt es Dr.-Ingeniero de Planificación Ambiental, y gestiona programas y proyectos para entender mejor, prevenir y/o resolver conflictos sobre el uso del suelo y de recursos naturales; así como perfilar o apoyar procesos participativos hacia socioecosistemas sostenibles. Actualmente es Director del Departamento de Planificación Ambiental de Tecnomia (Grupo TYPESA).

Rafael Seiz Puyuelo es licenciado en Ciencias Ambientales. Ha trabajado en descontaminación de aguas/suelos en emplazamientos afectados por compuestos orgánicos e hidrocarburos, y desarrolla actualmente proyectos relacionados con la gestión del agua, especialmente en el campo de planificación y gestión de aguas continentales, en el Departamento de Planificación Ambiental en Tecnomia (Grupo TYPESA).

José Luis Tejedor del Real es Licenciado en Veterinaria y Doctor en Microbiología 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, empresa española dedicada a la nutrición, bienestar y salud animal y con presencia comercial en más de 50 países de todo el mundo y que ahora culminan con éxito el proyecto CENIT ACUISOST "Acuicultura Sostenible".

Fernando Torrent Bravo es Doctor Ingeniero de Montes. 25 años trabajando en la industria de la acuicultura marina y continental. Profesor de acuicultura en la ETSI de Montes, de la UPM. Chairman del Área "Integración con el medio ambiente" de la Plataforma Europea de Acuicultura. Consejero y consultor del grupo líder español de acuicultura CULMAREX S.A. desde 1990.

María Vallés Planells es Dr.-Ingeniero Agrónomo y Prof. Col. del Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria (DIRA) de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural (ETSIAMN) en la Universitat Politècnica de València (UPV).

Ana Isabel Vela Alonso. Licenciada y Doctora en Veterinaria por la Universidad de Zaragoza (UNIZAR). Profesora Titular de Universidad, adscrita al Departamento de Sanidad Animal de la Facultad de Veterinaria y miembro del Centro VISAVET de la UCM. Sus líneas de trabajo están centradas en la Identificación y Caracterización de bacterias responsables o asociadas con la enfermedad animal, trabajando en la descripción de nuevas especies y géneros bacterianos o en el estudio de diferentes poblaciones bacterianas, incluidas las patógenas para peces.

Morris Villarroel Robinson es Licenciado en Bioquímica y Doctor en Biología de McGill University (Montreal, Canadá). Actualmente es Profesor titular interino de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, donde imparte clases de Acuicultura, Fisiología y Bienestar animal. Es Presidente de la Sociedad Española de Acuicultura y lidera varios proyectos relacionados con el bienestar animal en peces, incluyendo el efecto de factores como el transporte, el ayuno y la calidad del agua sobre el estrés de los peces y sobre la calidad del producto final.



© Tecnomia/José María Hernández



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE,
Y MEDIO RURAL Y MARINO