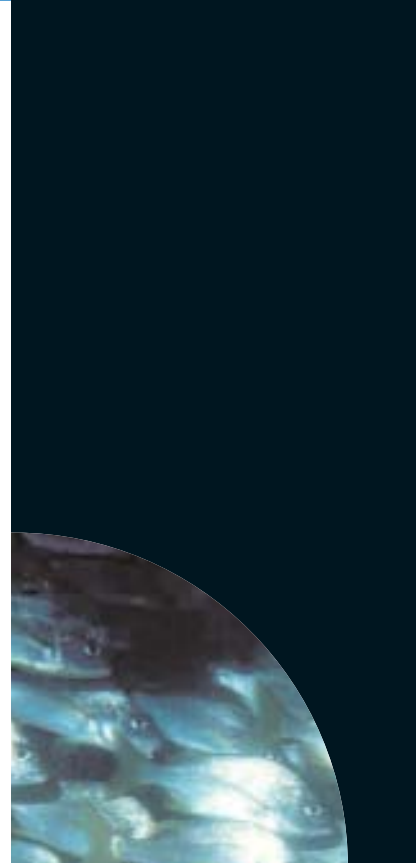
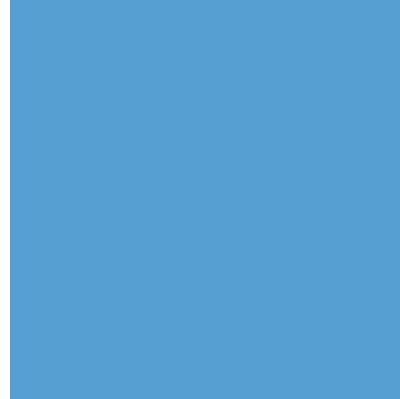


Tecnologías del Mar

Acuicultura Marina

Tendencias tecnológicas
a medio y largo plazo



Fundación OPTI
Juan Bravo, 10 - 4º P
28006 Madrid
Tel.: 91 781 00 76
Fax: 91 575 18 96
<http://www.opti.org>

El presente informe de prospectiva ha sido realizado por la Fundación OPTI y ejecutado por AINIA conforme al convenio de colaboración establecido con la Dirección General de Investigación e Desenvolvimento de la Consellería de Innovación, Industria y comercio de la Xunta de Galicia.

Este documento ha sido elaborado por:

Jackie Sánchez-Molero Fernández
Belén Baviera Puig
AINIA

La fundación OPTI y la Xunta de Galicia agradecen sinceramente la colaboración ofrecida por todos aquellos que con sus respuestas han hecho posible la realización de este informe, y en especial a los componentes del panel de expertos.

© Fundación OPTI y AINIA
Fecha: marzo 2005
Depósito legal:

Índice


INTRODUCCIÓN	4
OBJETIVOS.....	5
EL SECTOR.....	7
METODOLOGÍA	12
RESULTADOS GENERALES.....	16
CLASIFICACIÓN DE TEMAS EN FUNCIÓN DE SU FECHA DE MATERIALIZACIÓN.....	20
GRANDES TENDENCIAS Y TECNOLOGÍAS CRÍTICAS.....	26
CONCLUSIONES.....	38
ANEXO I: EL PANEL DE EXPERTOS	42
ANEXO II: RESULTADOS DEL CUESTIONARIO.....	44



Introducción

Este estudio de prospectiva sobre “*Acuicultura Marina*” se enmarca dentro de un proyecto más ambicioso para analizar las principales tendencias de futuro relacionadas con las Tecnologías del Mar. Estas tecnologías constituyen un tema de estudio de relevante importancia para nuestro país, sobre el cual existen pocas visiones integradoras que analicen los retos científico-tecnológicos relacionados con el amplio abanico de tecnologías relacionadas con el mar. De la misma forma, estas disciplinas no han contado con la atención que se merecen, en cuanto a estudios de prospectiva se refiere, dentro del ámbito internacional.

Por estas razones y, dado su fuerte impacto a nivel nacional y autonómico, se considera interesante la realización de



un gran proyecto de prospectiva, patrocinado por las Comunidades Autónomas de Canarias y Galicia. En el caso del presente estudio, ha sido fruto de un convenio de colaboración entre la Fundación OPTI y la Asociación Centro Tecnológico de Ciencias Marinas. El conjunto del proyecto *Tecnologías del Mar* abarca cuatro estudios de prospectiva:

- Tecnologías de Observación y Control del Medio Marino
- Tecnologías Pesqueras.
- Acuicultura.
- Industria Transformadora de Productos del Mar.

El ámbito del estudio relacionado con la *Acuicultura Marina* comprende, en líneas generales, los desarrollos tecnológicos para la mejora de la producción, detección de patologías y desarrollo de nuevos sistemas, teniendo en cuenta aspectos como la calidad, respeto al medio y las aplicaciones de la genética y la biotecnología.

Este estudio de prospectiva, planteado con un horizonte temporal de 15 años, pretende servir de material de reflexión para todos aquellos que desde diversos ámbitos trabajan en el desarrollo de la investigación y la innovación tecnológica. Con ello, la Fundación OPTI cumple uno de sus objetivos fundacionales al proporcionar información de utilidad para que los responsables de la toma de decisiones en la Administración y las empresas puedan elaborar las estrategias de actuación más convenientes, para afrontar los retos que se avecinan.



Objetivo del estudio

El estudio de prospectiva que se plantea tiene, como objetivo principal, identificar y valorar las tendencias de investigación y los desarrollos tecnológicos dentro del ámbito de la Acuicultura Marina, con el fin de conocer el futuro de esta disciplina y, en la medida de lo posible, establecer medidas que incidan en su óptimo progreso. En concreto, se abordarán las siguientes cuestiones:

- Visión estratégica de futuro sobre las posibilidades de desarrollo de estas tecnologías y su impacto a nivel nacional
- Identificación de tendencias y tecnologías relacionadas
- Detección de oportunidades y nuevas áreas de actividad
- Diálogo e intercambio de opiniones
- Identificación de actuaciones

El ámbito del estudio abarca los desarrollos tecnológicos relacionados con los sistemas de cultivo, control de patologías, genética de las especies, control de calidad y aspectos medioambientales. Además, serán tratados en particular los siguientes aspectos relacionados con la Acuicultura:

- Sistemas de cultivo y engorde, alimentación y nutrición
- Patologías. Control de enfermedades infecciosas
- Tecnologías de producción de nuevas especies
- Genética y biotecnología: Selección genética de especies.
- Equipamientos y artefactos para diferentes sistemas y fases de producción. Plataformas *off-shore*
- Control de calidad, trazabilidad
- Medio ambiente: utilización de subproductos como parte del proceso

Con los resultados de este ejercicio de prospectiva se pretende ayudar a la planificación de las empresas del sector, permitiendo establecer vías de actuación basadas en la disposición de la información sobre las tecnologías emergentes y las áreas científicas relevantes. Asimismo, dichos resultados constituyen una herramienta de consulta para la toma de decisiones relacionadas con las políticas de I+D por parte de la Administración y las empresas, permitiendo así explotar los conocimientos con los que se cuenta en la actualidad. Estos resultados, del mismo modo, analizan el impacto de los avan-

ces científico-tecnológicos en el campo de la Acuicultura e identifican marcos y estrategias de futuro en el sector.

Los resultados del proyecto quizás no sean visibles en un corto plazo pero sí a medio plazo, permitiendo establecer prioridades de financiación en proyectos de I+D+i, y facilitando el conocimiento de la evolución y líneas de investigación en el sector de la acuicultura marina.

El sector

La Acuicultura se define en el Reglamento (CE) nº 2792/1999 del Consejo como la cría o cultivo de organismos acuáticos con técnicas encaminadas a aumentar, por encima de las capacidades naturales del medio, la producción de los organismos en cuestión; éstos serán, a lo largo de toda la fase de cría o de cultivo y hasta el momento de su recogida, propiedad de una persona física o jurídica.

En el ámbito europeo y según la Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo "Estrategia para el desarrollo sostenible de la acuicultura europea" del año 2002 (COM (2002) 511 final), la producción de la acuicultura europea representa el 3% de la mundial. Actualmente, el valor de la producción es de 2.500 millones de euros al año, que representa el 27% del valor de la producción pesquera total de la Unión; en términos de volumen de producción, supone el 17%.

En cuanto a las especies de agua salada que se producen en el ámbito de la Unión Europea, los moluscos (mejillones, ostras y almejas) representan más del 60% del volumen de la acuicultura total pero sólo el 30% de su valor. Es un subsector ampliamente extendido en las costas de la UE. En cuanto a los peces que se producen, el salmón lidera la producción, tanto en cantidad como en valor y hay que destacar el rápido aumento en los últimos quince años de la cría de lubina y dorada en el Mediterráneo.

En la Comunicación de la Comisión citada anteriormente, se cifra en 80.000 trabajadores, con jornada completa o reducida, las personas que emplea la acuicultura en la UE, que equivalen a 57.000 empleos de jornada completa. Destaca de este modo, el papel socioeconómico que la acuicultura tradicional desempeña en zonas de la Unión como Galicia. Esta región es el principal centro europeo de cría de mejillones y rodaballos, y en ella el número de puestos de trabajo de la acuicultura es de 13.500 aproximadamente, sin contar los empleos indirectos.

En cuanto a perspectivas de futuro, la estrategia de la Comisión para un desarrollo sostenible del sector de la acuicultura Europea tiene los siguientes objetivos:

- Crear empleos seguros a largo plazo, especialmente en las zonas dependientes de la pesca
- 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

La Acuicultura española queda englobada en ese ámbito, con sus particulares características. Según la Junta Nacional Asesora de Cultivos Marinos, JACUMAR, Órgano del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, la acuicultura española ocupa el puesto 14 del ranking mundial de productores acuícolas y supone en volumen el 25% de la producción europea.

En el año 2003 y según datos de la Secretaría General de Pesca Marítima, la producción acuícola española se situó en torno a las 280.000 toneladas, de las cuales 25.113 corresponden a peces, 254.667 a moluscos, excepto bancos naturales, y 115 toneladas a crustáceos.

Cuadro I. Producciones de acuicultura marina en España (2003) según Comunidades Autónomas (Tm)

Comunidades Autónomas	Peces	Moluscos*	Crustáceos	Total Comunidad Autónoma
Andalucía	6.459,13	202,02	115,15	6.776,30
Asturias	67,90	375,50	—	443,40
Baleares	65,70	51,32	—	117,02
C. Valenciana	4.576,70	239,80	—	4.816,50
Canarias	2.493,60	—	—	2.493,60
Cantabria	154,00	82,17	—	236,17
Cataluña	1.714,31	2.015,74	—	3.730,05
Galicia	3.191,18	251.700,21	—	254.891,36
Murcia	5.932,63	—	—	5.932,63
Pais Vasco	458,00	—	—	450,00
Total General	25.113,15	254.666,76	115,15	279.895,06

Fuente: Secretaría General de Pesca Marítima (MAPYA)

* excepto bancos naturales

En cuanto a especies, las más características son el mejillón en las rías gallegas, el rodaballo en el Norte de España y la dorada y la lubina en el Sur y Levante de España y Canarias.

En los últimos ocho años el Volumen de producción de peces en la acuicultura marina ha ido en aumento constante, mientras que las producciones de crustáceos y moluscos han sido más oscilantes. En este último grupo, el mejillón supone más del 90% del volumen total de moluscos producidos en España.

Cuadro 2. Estadísticas de Producción en Acuicultura Marina en España (Toneladas métricas)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Peces	7842,1	7961,8	10967,3	14498,3	17792,2	20924	24719,4	25113,15
Crustaceos	226,4	246,6	184,8	137,8	110	115,3	126,5	115,15
Moluscos	198325,9	201992,2	273926	273099,9	260722,6	256518,2	268986,7	254666,7
Total	206394,4	210200,6	285078,1	287736,0	278624,8	277557,5	293832,6	279895,0

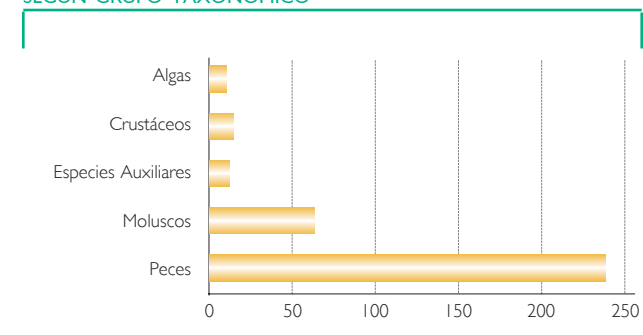
Fuente: Secretaría General de Pesca Marítima (MAPYA)

Dada la actual demanda de pescado por parte de los consumidores, la acuicultura se perfila como una vía para mantener e incrementar dicho consumo y satisfacer las demandas, constituyendo además una fuente de empleo.

La acuicultura española ha pasado de ser un sector marcadamente tradicional, centrado en economías familiares de bajo desarrollo tecnológico, a una industria moderna altamente tecnificada, con empresas competitivas en el mercado mundial y con un grado creciente de diversificación.

En nuestro país, la acuicultura cuenta con numerosos centros de I+D, tanto públicos como privados, así como Departamentos e Institutos Universitarios, que centran su actividad en este sector y que se encuentran repartidos por toda nuestra geografía. Este aspecto dota a España de una gran capacidad investigadora en esta materia, que se refleja en el alto número de proyectos de I+D en diferentes especies marinas que se llevan a cabo. En el Gráfico 1 se muestra la distribución de proyectos de I+D en acuicultura durante los años 1998 al 2002, censados por el Observatorio Español de Acuicultura, OESA; según grupos taxonómicos.

GRÁFICO 1. DISTRIBUCIÓN DE PROYECTOS DE I+D CENSADOS SEGÚN GRUPO TAXONÓMICO



En lo que se refiere al sector empresarial, las empresas en España cuentan con tecnólogos cualificados y cabe destacar el gran número de asociaciones en las que se aglutinan los empresarios a nivel regional e incluso local. Sin embargo, la aplicabilidad industrial de muchas tecnologías en nuestro país es todavía baja por diversos motivos (desconocimiento de la misma, falta de investigación, etc.) o bien ésta prefiere importarse. A pesar de que ya ha mejorado bastante en los últimos años, es necesaria una mayor colaboración entre el mundo empresarial y el científico, y conseguir una mejor conexión y apoyo entre ambos, especialmente con las PYMEs, motores de la generación de empleo y riqueza en un país.

Metodología

Para la realización de este estudio se ha seguido la siguiente metodología de trabajo:

a) **Síntesis documental.** Como información de partida para la preparación del ámbito del estudio, se han analizado las más recientes tendencias y estudios realizados en los principales países productores y generadores de tecnología y en el propio ámbito nacional y su entorno, identificando las tecnologías actuales en uso y los principales indicadores económicos del sector, así como las áreas científico-tecnológicas consideradas clave para el futuro desarrollo del sector.

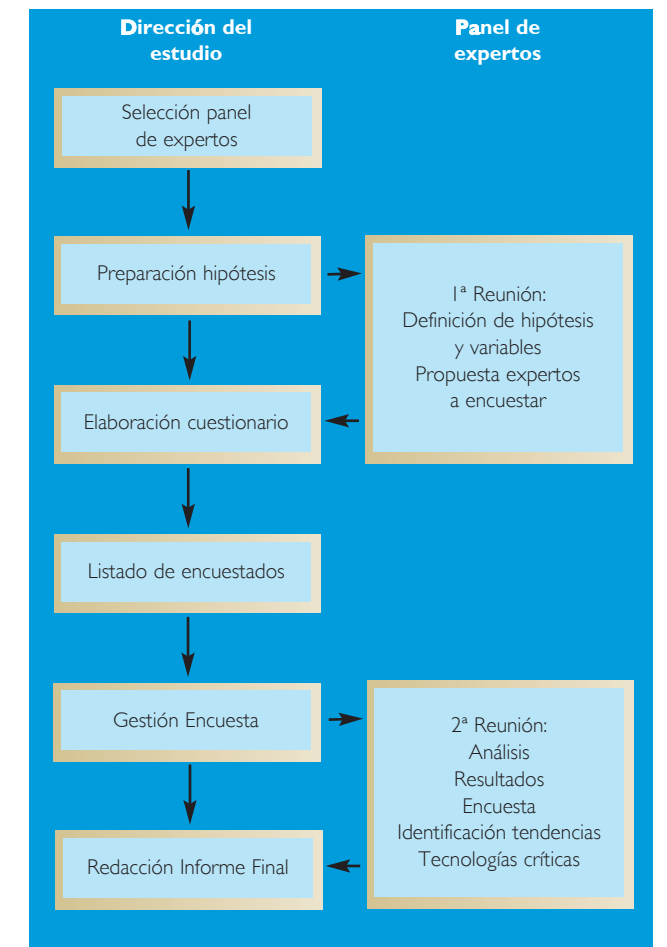
b) **Panel de expertos.** Para llevar a cabo este estudio de prospectiva se ha requerido la creación de un seleccionado panel de expertos compuesto por profesionales de reconocido prestigio en relación con la Acuicultura Marina, procedentes de centros tecnológicos y centros de investigación, universidades, empresas y sector industrial. Con su colaboración, se definieron las tendencias tecnológicas para desarrollar una visión de futuro sobre el sector objeto de estudio y se confeccionó un primer borrador del cuestionario. Cada uno de los expertos planteó una serie de temas referentes a su área de conocimiento. En ellos se trataban las técnicas de fabricación y aplicaciones más innovadoras y trascendentes, así como todos aquellos posibles acontecimientos que pudieran influir de forma significativa en la evolución del sector. Este panel de expertos, que quedó constituido por 20 especialistas (ver Anexo I), constituye en gran parte la clave del éxito de este ejercicio de prospectiva y se ha reunido en dos ocasiones a lo largo del periodo de ejecución del estudio.

c) **Cuestionario.** Se trataba de valorar, mediante cuestionario, el grado de importancia de las tecnologías seleccionadas como críticas, así como estimar su fecha de materialización y la posición de España respecto a varios factores competitivos. Un total de 37 temas quedaron recogidos en el cuestionario (ver Anexo II). Por último, cada experto propuso personas que podrían responder el cuestionario, cuyas respuestas permitirían contrastar diversas opiniones. El objetivo consistía en seleccionar una población lo más heterogénea posible en cuanto a procedencia profesional, distribución geográfica y perfil, es decir, investigadores, fabricantes y usuarios. De este modo, los resultados obtenidos tienen una mayor validez a escala territorial y recogen las opiniones de diferentes ámbitos de la sociedad.

d) **Análisis estadístico de la encuesta.** 49 investigadores y expertos tanto del sector público como privado han participado en esta encuesta. En esta etapa se realizaron los cálculos de resultados, el análisis de medias y modas, explicación de las desviaciones y extracción de conclusiones generales sobre los cuestionarios recibidos.

e) **Conclusiones y redacción del informe final.** Mediante el envío de este cuestionario, y su posterior análisis, conjuntamente con el panel de expertos, se valoró el grado de importancia de las tecnologías y aplicaciones seleccionadas, estimando su fecha de materialización y determinando las capacidades españolas respecto a las europeas. En una segunda reunión del panel de expertos se analizaron los resultados estadísticos de la encuesta, al tiempo que se elaboraron las conclusiones y recomendaciones que se recogen en este documento.

En la siguiente figura se muestra de forma gráfica el procedimiento seguido en cualquier estudio de prospectiva.



Variables

El cuestionario recoge 37 temas de futuro, es decir, una serie de hipótesis relacionadas con el desarrollo tecnológico del sector de la Acuicultura, sobre las que se invita a reflexionar a los consultados. En cada uno de estos temas, se plantean una serie de variables. En el presente estudio se han elegido las siguientes:

Nivel de conocimiento

Se refiere al grado de conocimiento o experiencia que el encuestado posee sobre cada tema y que debe autoevaluar como:

- **Alto:** significa que se considera experto o posee un conocimiento especializado sobre el tema.
- **Medio:** si posee un buen conocimiento pero no se llega a considerar experto.
- **Bajo:** si ha leído literatura técnica o escuchado a expertos relacionados con el tema.

Esta variable ha servido para descartar las opiniones vertidas por aquellos expertos que consideran su nivel de conocimiento bajo, conforme a su propia autoevaluación. Bajo este criterio, sólo se han tabulado las respuestas aportadas por los consultados con un grado de conocimiento alto y medio, con el fin de que prime la calidad de las respuestas en el estudio.

Horizonte temporal

Se refiere al momento en que el tema propuesto se va a implantar o llevar a cabo de manera bastante generalizada. El horizonte temporal abarca hasta más allá del año 2020 y ha sido dividido en tramos de cinco años. También se incluyó la opción de “Nunca” para el caso en que se opine que no llegará a implantarse.

Para el análisis de esta variable, se ha registrado como fecha de materialización correspondiente a cada hipótesis la moda de las respuestas recibidas, es decir, aquel intervalo temporal de cinco años en el que se agrupa un mayor número de opiniones de los expertos consultados.

Amplitud del campo de aplicación

Con esta variable se pretende consultar a los expertos participantes en el estudio acerca de la extensión que el tema en cuestión tendrá en el sector. Se distingue entre:

- No se aplicará.
- Aplicación testimonial.
- Aplicación media.
- Aplicación a gran escala.

Medidas para el desarrollo

Esta variable hace referencia a las medidas que pueden impulsar la implantación o el desarrollo de los temas propuestos. Se han elegido cinco:

- **Estímulos de la Administración.** En el caso de que se considere importante el impulso por parte de la Administración.
- **Movilidad de científicos/tecnólogos entre la Administración y el sector privado,** si opina que es necesario fomentar este intercambio de profesionales para alcanzar el tema que se plantea.
- **Aspectos formativos,** en el caso que se considere necesario tomar medidas relacionadas con la formación de los profesionales (o futuros profesionales) involucrados en el aspecto propuesto.
- **Creación de redes nacionales e internacionales,** que faciliten el intercambio de conocimiento.
- **Cooperación entre industria-centros de observación y tecnológicos.** Sólo se permitió seleccionar máximo de dos de las cinco medidas propuestas, es decir aquellas que, en la opinión del experto, puedan tener un mayor impacto en el desarrollo que se plantea.

Posición de España respecto a otros países

Con ello se pretende saber cuál es su opinión sobre cada uno de los temas propuestos, respecto a la posición de España en relación con otros países de nuestro entorno. Dicha posición esta referida a dos aspectos:

- **Capacidad científica y tecnológica,** es decir, el potencial de desarrollo científico y tecnológico existente.
- **Aplicabilidad industrial,** es decir, la capacidad de las empresas para transformar los desarrollos científicos y tecnológicos en nuevos procesos y productos puestos en el mercado. También deberá tenerse en cuenta la existencia de un tejido industrial con capacidad propia de producción y comercialización de dichos productos.

Para cada uno de los temas, los encuestados debían otorgar una valoración entre 1 y 4 en cada una de las capacidades sometidas a su opinión. Entre los cuatro valores discretos ofrecidos como formato de respuesta, las puntuaciones 1 y 2 corresponderían a una capacidad menos favorable, las puntuaciones 3 y 4 corresponderían a una capacidad favorable de las empresas españolas en relación a las europeas. De esta manera, a cada tema le corresponden cuatro modas (aquellas puntuaciones registradas con la mayor frecuencia entre los encuestados), una para cada capacidad juzgada.

Resultados generales

El cuestionario fue enviado a 190 expertos y profesionales relacionados con el sector de la Acuicultura, siendo respondida por 49 de ellos, lo que representa una tasa de respuesta del 25.8% (ver gráfico 1)

Entre los expertos que han respondido el cuestionario, en su mayoría de género masculino (78% de las respuestas recibidas), la mayor parte proceden de Centros de I+D, dado el alto número de Centros de Investigación dedicados a este sector en nuestro país. Se trata de expertos localizados mayoritariamente en Galicia (43%) y en menor medida en Comunidad Valenciana y Andalucía. En este sentido, se aprecia que la mayor parte de las respuestas provienen de las comunidades autónomas que cuentan con el mayor número de científicos y tecnólogos en centros, universidades y empresas según el OESA. Los gráficos 2 y 3 muestran estos resultados.

GRÁFICO 1. CUESTIONARIOS ENVIADOS Y RECIBIDOS

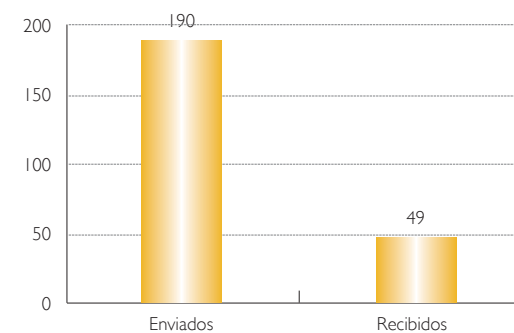


GRÁFICO 2. PROCEDENCIA PROFESIONAL

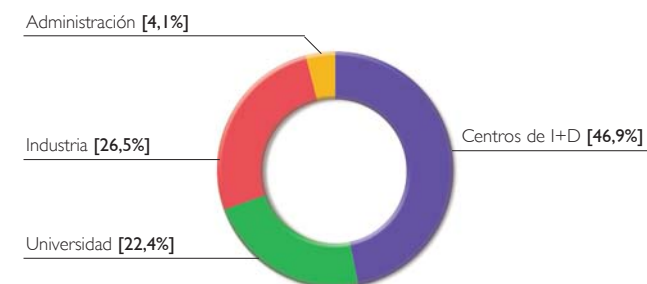
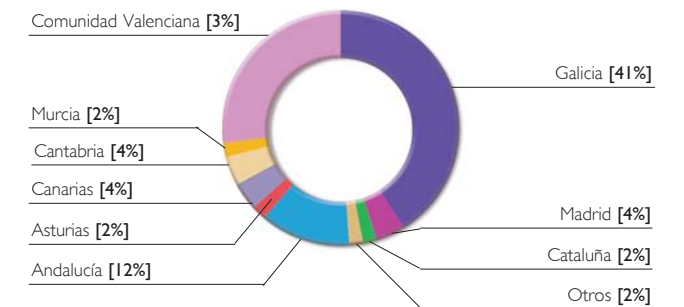


GRÁFICO 3. PROCEDENCIA GEOGRÁFICA



En lo que se refiere al nivel de conocimiento manifestado por los expertos, los datos revelan que las hipótesis en las que se muestra un desconocimiento mayor son aquellas relacionadas con la genética y la biotecnología, incluso en las relacionadas con patologías y detección de enfermedades. En el caso de las primeras, este tipo de tecnologías se encuentra aún en una fase inicial de su desarrollo, por lo que generan mayor incertidumbre y los participantes en el cuestionario las sitúan en un horizonte temporal más lejano.

En líneas generales, la mayoría de los temas están situados en el corto y medio plazo, lo que da una idea de la importancia de los mismos para el desarrollo inmediato del sector así como de la necesidad de impulsar estas tendencias. En cuanto a la capacidad científica y tecnológica, se encuentra ligeramente mejor que la capacidad industrial para absorber estos desarrollos por empresas españolas. En los gráficos 4 y 5 se muestran los resultados generales del estudio en estos campos.

GRÁFICO 4. HORIZONTE DE MATERIALIZACIÓN

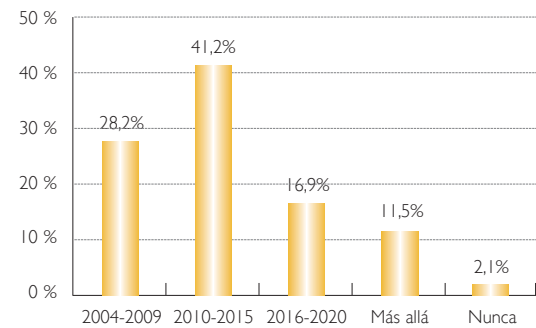
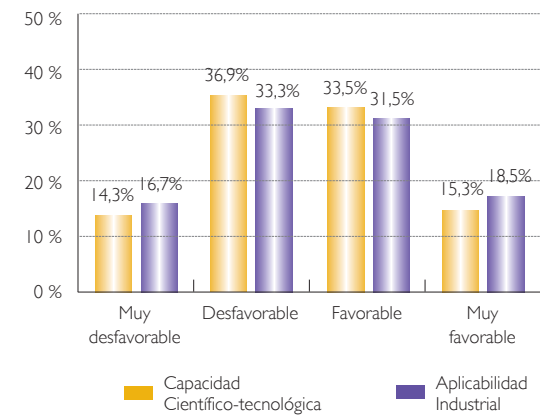
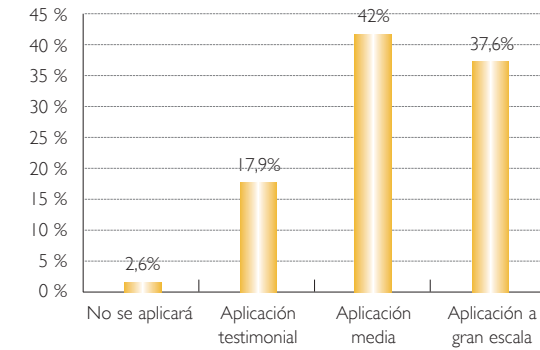


GRÁFICO 5. POSICIONAMIENTO DE ESPAÑA



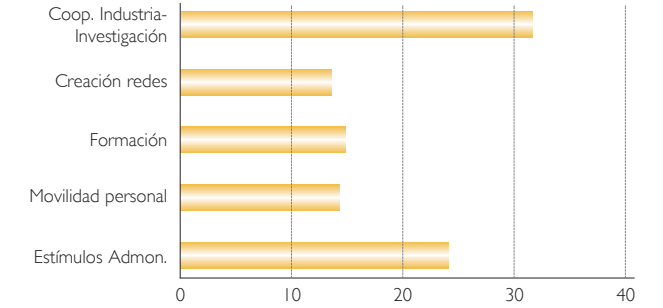
La mayor parte de las hipótesis del cuestionario han sido consideradas de aplicación media o a gran escala (más del 75% de las respuestas) lo que refleja la importancia de dichas hipótesis para el desarrollo futuro de la industria. En líneas generales, la aplicación testimonial de las hipótesis ha ido ligada a un grado de conocimiento bajo por parte de los participantes o bien, a tecnologías que por el momento son poco rentables para la industria y que necesitarán de un mayor desarrollo para poder ser aplicadas a gran escala. El escaso porcentaje de respuestas en cuanto a la no aplicación de las hipótesis, refleja que los temas seleccionados en el cuestionario son de actual preocupación, tanto para grupos de investigación como para la industria. En el gráfico 6 se reflejan los resultados generales en cuanto a amplitud del campo de aplicación.

GRÁFICO 6. AMPLITUD DEL CAMPO DE APLICACIÓN



La última variable del cuestionario referida a las medidas idóneas para contribuir al desarrollo de la hipótesis que se planteaban, arroja los resultados que se reflejan en el gráfico 7. En él podemos observar que la medida con mayor porcentaje ha sido la cooperación entre la industria y los centros de observación y tecnológicos. Esto es acorde con el gran número de centros de I+D, así como departamentos universitarios, que investigan en España existiendo en muchas ocasiones un cierto desfase entre éstos y las empresas privadas. Los estímulos de la Administración se consideran más importantes en líneas generales, en aquellos aspectos relacionados con requisitos legislativos o bien, en las ocasiones en que la acuicultura tiene que convivir con otras actividades como el turismo. Esto no deja de lado a otras medidas como los aspectos formativos, la movilidad de científicos y tecnólogos y la creación de redes tal y como muestra el gráfico.

GRÁFICO 7. MEDIDAS PARA EL DESARROLLO



Clasificación de los temas en función de su fecha de materialización

De los 37 temas que componen el cuestionario enviado a los profesionales del sector, 7 de ellos se sitúan en un horizonte de materialización a corto plazo, entre 2005 y 2009, lo que implica un 19% del total de hipótesis planteadas. El 68% de los temas se sitúa en el intervalo de los años 2010-2015, mientras que los restantes se materializarán más allá de 2016. En particular sólo uno de los temas se materializará en el horizonte temporal 2016-2020 y para 4 de ellos, el 11%, se fija su horizonte de materialización más allá de 2020.

Estas cifras ponen de manifiesto la relevancia de los temas planteados en el estudio en el sector de la acuicultura, ya que para un 87% de las tecnologías analizadas se espera su materialización en los próximos 10 años.

Se presentan a continuación la totalidad de los temas planteados, según su fecha de materialización, indicando el área tecnológica en la que se encuadran.

Los temas cuya fecha de materialización está más próxima, son aquellos en los que la industria tiene un mayor grado de desarrollo. En general son temas sobre los que o bien va a entrar

en vigor una normativa obligatoria próximamente, como la trazabilidad, o bien porque se espera su aplicación a gran escala, dada su importancia y rentabilidad para la industria.

Horizonte temporal 2004-2009

Nº	Texto hipótesis	Tema clave
2	Los conocimientos en el metabolismo de las distintas especies cultivables permitirán el desarrollo de dietas o patrones alimenticios que mejoren las tasas de conversión del alimento y el índice de crecimiento.	Desarrollo de dietas y patrones alimenticios
3	En los piensos se reducirá la dependencia de los aceites y harinas de pescado sustituyéndolas parcialmente por alternativas como fuentes vegetales, concentrados, etc.	Tecnologías de alimentación y nutrición
7	En los próximos años se aplicarán nuevas tecnologías de preengorde de semilla de moluscos (bateas, recirculación) que incrementarán más del 20% la producción de moluscos.	Sistemas de cultivo y engorde
11	Se desarrollarán y aplicarán métodos de diagnósticos basados en técnicas moleculares para la detección rápida de diferentes especies y agentes patógenos.	Biología Molecular
12	Se desarrollarán y aplicarán habitualmente vacunas orales o de otros tipos para prevención de enfermedades víricas, bacterianas y parasitarias.	Patología de especies
33	Se apostará por el establecimiento de las denominaciones de origen o de calidad como método de fidelización de consumidores y de lucha contra la competencia	Calidad
34	Será habitual la implantación de medidas de trazabilidad de los productos de la acuicultura para garantizar la seguridad del consumidor final.	Trazabilidad

La mayor parte de las hipótesis del cuestionario han sido clasificadas en este horizonte temporal. En muchos temas se está investigando actualmente y se espera obtener resultados favorables para su materialización en el medio plazo. En otros temas, la aplicación debe ampliarse a otras especies o grupos para ampliar su conocimiento y conseguir una

materialización más inminente. La investigación sigue siendo necesaria en estos temas para poder rentabilizar muchas de las tecnologías implicadas, así como contar con la experiencia de otros países con un mayor grado de desarrollo en algunos aspectos.

Horizonte temporal 2010-2015

Nº	Texto hipótesis	Tema clave
1	La mejora de conocimientos sobre los requerimientos biológicos de las especies actualmente en cultivo permitirá aumentar sustancialmente los rendimientos de la producción de semillas, post-larvas y alevines, aplicándolos en la cría (malformaciones, supervivencia, reducción del impacto de patógenos, necesidades fisiológicas, etc.).	Biología de las especies marinas
4	Se desarrollarán y utilizarán microalgas y sus productos derivados con mejores cualidades nutricionales y mayor capacidad de crecimiento para uso en la alimentación de especies acuícolas.	Tecnologías de alimentación y nutrición
5	Se sustituirá en la alimentación de crías de peces marinos las dietas basadas en rotíferos y artemias por piensos microparticulados con características técnicas y metabólicas adecuadas.	Tecnologías de alimentación y nutrición
6	Se desarrollarán nuevos sistemas de engorde intensivo de bivalvos en parques, zonas intermareales y estanques.	Sistemas de cultivo y engorde
8	Se desarrollarán nuevos productos funcionales a través de las modificaciones en la dieta de peces que varíen las cualidades del producto final.	Desarrollo de dietas
9	Se reducirá de forma sustancial la susceptibilidad a enfermedades a través del equilibrio adecuado de nutrientes y la inclusión de inmunoestimulantes y probióticos en la dieta.	Desarrollo de dietas
14	Se desarrollarán y validarán ensayos funcionales y métodos químicos para la detección de biotoxinas marinas en moluscos, lo que reducirá el uso de bioensayos con animales.	Biología de las especies marinas

Horizonte temporal 2010-2015

Nº	Texto hipótesis	Tema clave
15	Se desarrollarán modelos numéricos para la predicción de la evolución de la toxicidad de origen fitoplactónico, lo que facilitará la gestión de los episodios tóxicos.	Toxicología
16	Se desarrollarán tecnologías de depuración y eliminación de biotoxinas y patógenos en moluscos.	Toxicología
17	El desarrollo de las técnicas de producción en criadero de nuevas especies producirá un aumento en la diversificación de la oferta en el mercado.	Diversificación de nuevas especies
18	Se generalizará el empleo de técnicas que permitan obtener progenies monosexo o estériles para acelerar su crecimiento y evitar la maduración sexual (por ejemplo, mediante cambios de temperatura en ciertas fases del desarrollo).	Tecnologías de producción
19	Se diversificarán los productos de la acuicultura con la producción de especies de rápido crecimiento para su comercialización en forma de filetes y otros transformados.	Tecnologías de producción
20	La preocupación por el bienestar animal y la calidad del producto hará que se generalicen procedimientos, que abarcarán todo el proceso de producción hasta el sacrificio para la venta, compatibles con la sensibilidad actual por el trato hacia los animales de producción.	Tecnologías de producción
21	El uso de marcadores moleculares será una práctica habitual para acelerar programas de selección genética y mejora de las características de especies de interés industrial.	Biología molecular
22	Se conocerá el genoma completo y se dispondrá de mapas genéticos de especies de interés acuícola.	Biología celular y molecular
23	Se conocerá la regulación génica de procesos biológicos esenciales (como la reproducción, desarrollo larvario, la nutrición y la inmunidad innata) y se aplicará en la práctica para superar obstáculos en la producción de especies.	Biología celular y molecular
27	Se desarrollarán y utilizarán nuevos materiales, diseños, técnicas y tratamientos que aumenten la actual eficiencia y alarguen la vida útil de redes y jaulas.	Nuevos materiales

Horizonte temporal 2010-2015

N°	Texto hipótesis	Tema clave
28	Las mejoras tecnológicas (mantenimiento, manejo, rentabilidad, etc.) en las jaulas alta mar (entre 40 y 50 metros de profundidad) harán que éstas supongan el 50% del total de estructuras de cultivo en mar abierto.	Equipamientos para la producción
29	Como consecuencia del desarrollo de los cultivos en zonas cada vez más expuestas, se mejorarán y diseñarán equipamientos auxiliares (embarcaciones, equipos de control, etc.) que sirvan de apoyo a las instalaciones en alta mar.	Equipamientos para la producción
30	Las mejoras tecnológicas (diseño, mantenimiento, manejo, rentabilidad, etc.) en las "líneas flotantes" para moluscos harán que éstas supongan la mayoría de las nuevas estructuras de cultivo en mar abierto.	Equipamientos para la producción
31	Se mejorará la planificación en la selección de zonas óptimas para ubicar instalaciones flotantes a través de la integración de información técnica (GPS; imágenes de satélite, etc.) junto con factores socioeconómicos y geofísicos.	Gestión integrada de las zonas costeras
32	Será habitual el empleo de análisis de imágenes (análisis de contorno), métodos no manipulativos, para la gestión de instalaciones (evaluar el crecimiento, control de alimentación, estimación de pérdidas, etc.) que permitan obtener datos on line y reducir el trabajo manual.	Métodos no manipulativos
35	El incremento de los conocimientos y mejoras técnicas (interacción de patógenos y flora, acumulación de metabolitos, modificación de piensos empleados, abaratamiento de equipos, etc.) permitirán que sean habituales los sistemas de recirculación del agua en instalaciones en tierra.	Tecnologías medioambientales
36	La reducción de los residuos por unidad de producción será del 25% a través de la mejora en la eficiencia productiva (mejor aprovechamiento del alimento, reducción de emisiones al agua, aprovechamiento de efluentes en la producción de macroalgas, etc.).	Tecnologías medioambientales
37	Se desarrollarán tecnologías de extracción y valorización de los lodos respetuosas con el medio ambiente.	Tecnologías medioambientales

Los temas clasificados con una fecha de materialización más lejana, son en general hipótesis cuyo desarrollo depende de los avances de otras tecnologías relacionadas o bien son técnicas aún muy incipientes con un bajo grado de desarrollo. Se ha observado también que en general, aquellas

tecnologías relacionadas con la genética y la biotecnología, han sido clasificadas en estos apartados coincidiendo con un nivel de conocimiento bajo por parte de los participantes en el cuestionario.

Horizonte temporal 2016-2020

N°	Texto hipótesis	Tema clave
25	Se utilizará y será habitual la hibridación entre especies próximas para producir individuos de características mejoradas	Tecnologías de producción

Horizonte temporal más allá de 2020

N°	Texto hipótesis	Tema clave
10	Será común la utilización de organismos acuicultivados para su empleo como biofactorías en la producción de proteínas, hormonas, sustancias antitumorales o vacunas.	Biología de las especies marinas
13	El desarrollo de vacunas recombinantes (proteínas antigénicas específicas) y vacunas de ADN (insertan una secuencia genética que confiere inmunidad específica) serán la terapia preventiva más común para inmunización contra enfermedades víricas.	Desarrollo de vacunas
24	Se emplearán moléculas reguladoras de distintas fases de la biología (reproducción, metamorfosis, etc.) para controlar cada uno de estos procesos.	Biología celular y molecular
26	Las técnicas de trasplante de células de la línea germinal se generalizarán como método de ayuda a la selección genética, conservación de lotes, producción de nuevas especies y recuperación de especies en peligro de extinción.	Biología celular y molecular

Grandes tendencias y tecnologías críticas



Una vez analizados los resultados de las encuestas, de los 37 temas planteados, los expertos seleccionaron 16 temas que consideran claves para el futuro del sector. Dichos temas se presentan a continuación, agrupados en función de su pertenencia a alguna de las siguientes tendencias tecnológicas, claves en el futuro de la industria transformadora del pescado:

- Sistemas de cultivo, engorde, alimentación y nutrición
- Patologías. Control de enfermedades infecciosas. Detección de algas nocivas
- Tecnologías de producción de especies
- Genética y Biotecnología: Selección genética de especies
- Equipamientos y artefactos para diferentes sistemas y fases de producción. Plataformas off-shore.
- Control de calidad, trazabilidad.

Como complemento a los cuadros que se presentan a continuación, se incluyen una serie de análisis y matizaciones sobre los temas seleccionados. Esta información ha sido aportada por los participantes en el panel de expertos y ayuda a la mejor definición y comprensión de las tecnologías tratadas. En ocasiones se hace referencia a otros temas, que aunque no han sido seleccionados, presentan aspectos de relevancia o están parcialmente incluidos en los seleccionados.

Tendencia I: Sistemas de cultivo, engorde, alimentación y nutrición.

Nº	Hipótesis	Fecha de materialización	Capacidad científico-tecnológica	Aplicabilidad industrial	Amplitud del campo de aplicación
2	Los conocimientos en el metabolismo de las distintas especies cultivables permitirán el desarrollo de dietas o patrones alimenticios que mejoren las tasas de conversión del alimento y el índice de crecimiento.	2004-2009	Desfavorable	Desfavorable	Gran escala
3	En los piensos se reducirá la dependencia de los aceites y harinas de pescado sustituyéndolas parcialmente por alternativas como fuentes vegetales, concentrados, etc.	2004-2009	Desfavorable	Favorable	Gran escala
7	En los próximos años se aplicarán nuevas tecnologías de preengorde de semilla de moluscos (bateas, recirculación) que incrementarán más del 20% la producción de moluscos.	2004-2009	Favorable	Desfavorable	Gran escala
1	La mejora de conocimientos sobre los requerimientos biológicos de las especies actualmente en cultivo permitirá aumentar sustancialmente los rendimientos de la producción de semillas, post-larvas y alevines, aplicándolos en la cría (malformaciones, supervivencia, reducción del impacto de patógenos, necesidades fisiológicas, etc.).	2010-2015	Desfavorable	Desfavorable	Gran escala
6	Se desarrollarán nuevos sistemas de engorde intensivo de bivalvos en parques, zonas intermareales y estanques	2010-2015	Desfavorable	Desfavorable	Gran escala

La optimización de la alimentación y engorde de las especies juega un papel fundamental en la acuicultura. En este sentido es importante el avance en los conocimientos en la biología de las especies que permitan mejorar el rendimiento de la producción para su aplicación en la cría. En general, existe un nivel de desconocimiento de las causas que originan problemas como las malformaciones o el impacto de patógenos en la acuicultura marina. Actualmente el nivel de investigación es muy bajo, por lo que se hace necesario un esfuerzo en I+D, tanto en centros especializados como en las empresas.

En nivel de desarrollo de los piensos, al igual que el conocimiento del metabolismo de determinadas especies como los salmónidos, es muy alto. Sin embargo, todavía debe investigarse mucho más en otras especies de producción en España. Además, las empresas encuentran problemas a la hora de aplicar dichos conocimientos.

Las diferencias existentes entre las especies y sobre todo entre las condiciones de laboratorio y las condiciones reales en el mar (densidades, temperaturas, etc.), hacen necesario que se incrementen las líneas de investigación en el metabolismo de los animales, en las condiciones reales de cultivo con el fin de poder mejorar el rendimiento en la alimentación de los peces.

Progresivamente, la sustitución de harinas y aceites de pescado por alternativas de origen vegetal irá en aumento. Actualmente ya se han empleado aceites vegetales en la formulación de los piensos, pero el producto obtenido es de escasa calidad, ya que su utilización afecta a la calidad organoléptica del producto final. Sin embargo, se han llevado a cabo experiencias en programas europeos con especies como la dorada, dando resultados positivos, que sería necesario extender a otras especies.

Por otra parte, existen dos problemas que se pueden plantear por parte del consumidor frente a estas tecnologías. Por un lado, la reacción de los consumidores frente a este tipo de alimentación puede no ser positiva, al no considerarse natural que los animales se alimenten de otra fuente que no sea el pescado. La elaboración de estos piensos puede repercutir sobre el precio final del producto y parece muy improbable que el consumidor quiera pagar más por un pescado alimentado de esta manera. Estos hechos hacen que, en España, aún haya un amplio campo en el que es necesario investigar en relación con este ámbito.

El uso y desarrollo de microalgas y de sus productos derivados en la alimentación de especies acuícolas, es todavía una técnica muy incipiente sobre la que no existe un gran desarrollo. Sin embargo, dada la importancia de éstas como componente primordial de la dieta de muchas especies, cabe esperar una mejor utilización en la alimentación. En cuanto a las dietas basadas en piensos microparticulados, como sustitución de aquellas basadas en rotíferos y artemias, se espera que en el medio plazo se mejoren las tecnologías existentes para al menos sustituir parcialmente el alimento vivo.

En cuanto a los sistemas para moluscos, el desarrollo de sistemas de engorde en parques, zonas intermareales y estanques, contempla el paso de un sistema de explotación natural tradicional a uno de carácter más industrial, lo cual es de gran importancia. Frente a esto, la Administración juega un papel fundamental ya que es la responsable de la emisión de licencias que permitan este desarrollo, así como del control de estas áreas.

El desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías de preengorde de semilla de moluscos, como las bateas o la recirculación forzada, irá en aumento en los próximos años dada la gran labor de investigación que se está llevando a cabo.

Tendencia II: Patologías. Control de enfermedades infecciosas. Detección de algas nocivas.

Nº	Hipótesis	Fecha de materialización	Capacidad científico-tecnológica	Aplicabilidad industrial	Amplitud del campo de aplicación
12	Se desarrollarán y aplicarán habitualmente vacunas orales o de otros tipos para prevención de enfermedades víricas, bacterianas y parasitarias	2004-2009	Desfavorable	Desfavorable	Gran escala
11	Se desarrollarán y aplicarán métodos de diagnósticos basados en técnicas moleculares para la detección rápida de diferentes especies y agentes patógenos	2004-2009	Favorable	Desfavorable	Media
9	Se reducirá de forma sustancial la susceptibilidad a enfermedades, a través del equilibrio adecuado de nutrientes y la inclusión de inmuoestimulantes y probióticos en la dieta	2010-2015	Desfavorable	Favorable	Gran escala
14	Se desarrollarán y validarán ensayos funcionales y métodos químicos para la detección de biotoxinas marinas en moluscos, lo que reducirá el uso de bioensayos con animales	2010-2015	Favorable	Favorable	Gran escala
15	Se desarrollarán modelos numéricos para la predicción de la evolución de la toxicidad de origen fitoplactónico, lo que facilitará la gestión de los episodios tóxicos.	2010-2015	Desfavorable	Favorable	Gran escala
16	Se desarrollarán tecnologías de depuración y eliminación de biotoxinas y patógenos en moluscos	2010-2015	Favorable	Favorable	Gran escala

Las enfermedades infecciosas han causado pérdidas económicas significativas en el sector de la acuicultura, debido principalmente a la mortalidad de los animales, los costes de tratamiento y al descenso en la producción que conlleva. Por ello las enfermedades de las especies acuicultivadas es un aspecto crítico en la gestión y la viabilidad de la acuicultura. La prevención y el control de las enfermedades es un elemento crítico para esta industria.

Mientras que los tratamientos tradicionales se han basado en el uso de productos químicos y antibióticos, nuevas alternativas están siendo estudiadas. Una alternativa a la prevención de las enfermedades es el desarrollo de vacunas. Aunque ya existen algunas vacunas desarrolladas, es necesario mejorar su eficacia y también el modo de aplicación. Sin embargo, el desarrollo se enfrenta a ciertas limitaciones legales existentes. Se prevé un desarrollo anterior de las vacunas bacterianas frente a las víricas, cuyo desarrollo se espera en un horizonte más lejano. En éstas últimas, las vacunas recombinantes y de ADN se plantean como una de las mejores vías de inmunización, aunque es necesario profundizar en las investigaciones que se llevan a cabo en este campo. Las vacunas se consideran, no obstante, como una parte de la medicina preventiva, siendo necesarios otros métodos para luchar contra la enfermedad cuando ésta tenga lugar.

En cuanto al diagnóstico de enfermedades, los métodos basados en técnicas moleculares representan una alternativa eficaz a los métodos bioquímicos. Sin embargo, en España la aplicabilidad industrial de estos métodos es todavía desfavorable, dado el elevado coste que supone para la empresa privada aplicar estas técnicas. Así pues, su implantación a gran escala vendrá condicionada por el avance científico, que reducirá los costes de su aplicación y por la capacidad para trasladar estas técnicas del campo científico

al industrial. En la actualidad, la capacidad científica de nuestro país sigue un desarrollo mayor a corto plazo que la aplicación industrial.

Debido a la reducción del número de antibióticos permitidos por la legislación europea, así como el riesgo que supone su uso por el posible desarrollo de cepas resistentes, una de las alternativas, entre otras técnicas, es la reducción de la susceptibilidad a enfermedades a través de la dieta. Esto se consigue a través del equilibrio adecuado de nutrientes y la inclusión de inmunoestimulantes y probióticos en las mismas, de manera que la mortalidad de los animales sea menor. Por este motivo, resulta de gran interés la elaboración de dietas equilibradas que permitan conseguir dicho objetivo.

Los inmunoestimulantes son sustancias que potencian el sistema inmunitario y que aumentan la resistencia frente a enfermedades infecciosas. Su modo de acción es generalizado al incrementar el conjunto de las defensas del animal. Actualmente no existe un gran conocimiento de su modo de actuación. Algunas de estas sustancias se están empleando en la alimentación de los animales, pero el método de cultivo en jaulas hace que el reparto entre los peces de estos productos sea desigual. Sin embargo, existen precedentes en la industria del salmón, en la que estos productos unidos a las mejores técnicas de gestión de los peces, han contribuido a disminuir radicalmente el uso de antibióticos.

El uso de probióticos también se perfila como un método de gran utilidad en acuicultura. Su empleo puede contribuir a mejorar la calidad microbiológica de los animales. Para que este método pueda desarrollarse y aplicarse de un modo más amplio, se hace necesario el estudio de sus mecanismos concretos de acción.

La utilización de organismos acuicultivados para su empleo como biofactorías en la producción de proteínas, hormonas o vacunas es un aspecto importante y que puede tener importancia a muy largo plazo, a pesar de que en estos momentos no existe una demanda empresarial al respecto. En lo que se refiere a la detección de biotoxinas marinas en moluscos, actualmente determinados centros especializados en nuestro país están desarrollando y validando ensayos funcionales y métodos químicos, con el fin de reducir los bioensayos con animales. La capacidad científica y tecnológica en España, así como la aplicabilidad industrial, es considerada favorable.

En cuanto a la predicción de la evolución de la toxicidad de origen fitoplactónico, el desarrollo de modelos numéricos facilitará la gestión de los episodios tóxicos. Actualmente se han desarrollado ya modelos numéricos para algunos grupos tóxicos, como por ejemplo el PSP en mejillón y se está trabajando en la validación de los mismos y en el desarrollo de otros modelos. Esta gestión de episodios tóxicos contribuirá a adoptar medidas para evitar futuros problemas, contribuyendo a disminuir los problemas de gestión de la producción y comercialización que actualmente se están padeciendo.

Las tecnologías que mejoran la eficiencia de los procesos de reducción/eliminación de biotoxinas y de patógenos en moluscos, experimentarán un desarrollo a corto-medio plazo. Actualmente, los métodos de eliminación de biotoxinas son caros, por lo que se propone buscar nuevas formas de depuración más económicas. Si éstas se desarrollan, su aplicación será a gran escala.

Cabe diferenciar las tecnologías de reducción y/o eliminación que se refieren a biotoxinas de las de patógenos. La génesis del problema es distinta: mientras que las biotoxinas surgen como un proceso natural, los patógenos son debidos a la actividad antropogénica sobre el medio. Además, el impacto en la industria y en el mercado (consumidor) es distinto, así como son diferentes los procesos de investigación.

Las tecnologías relacionadas con biotoxinas, como reparqueo y eviscerado, están siendo ya aplicadas. Igualmente se han desarrollado y validado tecnologías que permiten la reducción y/o eliminación de patógenos ampliamente utilizadas por el sector. Todo ello sigue un proceso de desarrollo que continúa buscando tecnologías más eficientes.

Tendencia III: Tecnologías de producción de especies.

Nº	Hipótesis	Fecha de materialización	Capacidad científico-tecnológica	Aplicabilidad industrial	Amplitud del campo de aplicación
20	La preocupación por el bienestar animal y la calidad del producto, hará que se generalicen procedimientos, que abarcarán todo el proceso de producción hasta el sacrificio para la venta, compatibles con la sensibilidad actual por el trato hacia los animales de producción	2010-2015	Favorable	Favorable	Gran escala

La generalización de procedimientos que abarquen todo el proceso de producción y que sean compatibles con la sensibilidad por el trato hacia los animales de producción, es una tendencia ya observada en otros países como Inglaterra. En España se espera que en el medio plazo se generalice esta tendencia. De hecho en el "Libro Blanco de Acuicultura" ya se expresó una gran sensibilidad en ese sentido. Además, este aspecto es contemplado por la Comisión Europea desde el VI Programa Marco.

La Administración debe ser la responsable del cumplimiento de estas premisas, a través de la vigilancia, la promoción de la I+D y la formación al consumidor.

Por otro lado, el empleo de técnicas que permitan obtener progenies monosexo o estériles, como por ejemplo los

cambios de temperatura en ciertas fases del desarrollo, se generalizará en el medio-largo plazo, con el fin de acelerar el crecimiento de las mismas y evitar su maduración sexual. Sin embargo, la materialización del uso de estas técnicas a gran escala depende del crecimiento que alcancen los animales y para qué especies se logre. Las especies en las que más interés existe para la aplicación de estas técnicas son la dorada y la lubina.

La diversificación de los productos ofertados al consumidor es muy importante y el rápido crecimiento una prioridad para todas las especies. La domesticación de nuevas especies (merluza, bacalao, atún, etc.) será fundamental para la competitividad y la conservación de las poblaciones naturales.

Tendencia IV: Genética y Biotecnología: Selección genética de especies.

Nº	Hipótesis	Fecha de materialización	Capacidad científico-tecnológica	Aplicabilidad industrial	Amplitud del campo de aplicación
21	El uso de marcadores moleculares será una práctica habitual para acelerar programas de selección genética y mejora de las características de especies de interés industrial	2010-2015	Desfavorable	Desfavorable	Media

En el campo del uso de marcadores moleculares para acelerar programas de selección genética y mejora de las características de especies de interés industrial, la capacidad científica española es alta. Actualmente esta técnica ya se está utilizando, aunque su aplicabilidad industrial y horizonte temporal de aplicación depende de cada especie. No obstante, con el fin de mejorar la capacidad industrial, son necesarios estímulos por parte de la Administración para la formación de redes que contribuyan a la cooperación entre las empresas y los centros de I+D y Universidades y al mismo tiempo un esfuerzo en I+D por la empresa, que deberá disponer sistemas de tanques independientes para selección de stocks experimentales.

Actualmente se está empezando a secuenciar el genoma de unas pocas especies. A más largo plazo se espera conocer la regulación génica de procesos biológicos esenciales

(como la reproducción, desarrollo larvario, la nutrición y la inmunidad innata) con el fin de aplicarlo para superar obstáculos en la producción de especies.

También en un horizonte temporal más lejano, se conocerá el genoma completo y se dispondrá de mapas genéticos de especies de interés acuícola. En este sentido ya se están logrando avances, aunque las patentes de las proteínas de los genes pueden suponer algún problema.

Recientemente han sido utilizadas en Japón las técnicas de transplante de células de la línea germinal como método de ayuda a la selección genética, conservación de lotes, producción de nuevas especies y recuperación de especies en peligro de extinción. Sin embargo en nuestro país esta técnica se generalizará a muy largo plazo.

Tendencia V: Equipamientos y artefactos para diferentes sistemas y fases de producción. Plataformas off-shore.

Nº	Hipótesis	Fecha de materialización	Capacidad científico-tecnológica	Aplicabilidad industrial	Amplitud del campo de aplicación
27	Se desarrollarán y utilizarán nuevos materiales, diseños, técnicas y tratamientos que aumenten la actual eficiencia y alarguen la vida útil de redes y jaulas	2010-2015	Desfavorable	Desfavorable	Gran escala
31	Se mejorará la planificación en la selección de zonas óptimas para ubicar instalaciones flotantes, a través de la integración de información técnica (GPS; imágenes de satélite, etc.) junto con factores socioeconómicos y geofísicos	2010-2015	Desfavorable	Favorable	Gran escala

El desarrollo y uso de nuevos materiales, diseños, técnicas y tratamientos que aumenten la actual eficiencia y alarguen la vida útil de redes y jaulas es inminente y su aplicabilidad industrial será alta. En España hay posibilidades para desarrollar estos nuevos materiales, pero es necesario incentivar el interés de las empresas fabricantes de materiales para introducirse en el sector de la acuicultura. Se apunta a la cooperación entre empresas y centros de I+D como herramienta clave para la introducción de estos materiales en la acuicultura.

En la selección de ubicaciones idóneas para instalaciones flotantes intervienen diversos factores técnicos, como la altura, temperatura, cercanía del puerto, etc. Sin embargo, la selección final de estas ubicaciones viene condicionada más por aspectos socioeconómicos, como la existencia de playas turísticas, ubicación de hoteles, etc., que por aspectos técnicos. Estos aspectos hacen necesario el desarrollo de un plan estratégico para la selección de ubicaciones de piscifactorías marinas por parte de la Administración, para poder alcanzar así las tasas de desarrollo esperadas en acuicultura.

España dispone de la capacidad científica necesaria para la aplicación de diversas técnicas (GPS; imágenes de satélite, etc.) en la selección de ubicaciones, pero se hace necesario un tratamiento de la información técnica, socioeconómica y geofísica que contribuya a la planificación de esta selección.

En este sentido, resulta especialmente útil tener en cuenta la experiencia de otros países con industrias de jaulas flotantes consolidadas como Noruega, Escocia o Chile. En la actualidad, España cuenta con una industria de producción en jaulas muy pequeña y aún debe adquirir mayor experiencia para hacer una correcta planificación de ubicaciones.

Las mejoras tecnológicas en cuanto al mantenimiento, manejo, rentabilidad, etc. en las jaulas de alta mar (entre 40 y 50 metros de profundidad) harán que las estructuras de cultivo en mar aumenten considerablemente en los próximos años. Además este aumento estará condicionado por el espacio, cada vez más limitado, disponible cerca de la costa para poner jaulas. Como consecuencia del desarrollo de los cultivos en zonas cada vez más expuestas, se mejorarán y diseñarán equipamientos auxiliares (embarcaciones, equipos de control, etc.) que sirvan de apoyo a las instalaciones en el mar.

Se espera que a medio-largo plazo sea habitual el empleo de análisis de imágenes (análisis de contorno), métodos no manipulativos para la gestión de instalaciones (evaluar el crecimiento, control de alimentación, estimación de pérdidas, etc.) que permitan obtener datos on-line y reducir el trabajo manual con las especies acuicultivadas. Actualmente estas técnicas están desarrolladas para criadero y falta su aplicación a jaulas flotantes. La capacidad científica española en el desarrollo de técnicas de análisis de imágenes es buena. Aún así, son imprescindibles estímulos por parte de la Administración para su aplicación a la acuicultura.

En el cultivo de moluscos, las líneas flotantes ya se están empleando como nuevas estructuras de cultivo, pero sin sustituir a las bateas existentes. Esta tecnología incluso se está exportando al exterior. Sin embargo, falta investigación sobre el comportamiento físico y el rendimiento biológico interanual de líneas flotantes en el Atlántico.

Tendencia VI: Control de calidad, trazabilidad.

Nº	Hipótesis	Fecha de materialización	Capacidad científico-tecnológica	Aplicabilidad industrial	Amplitud del campo de aplicación
33	Se apostará por el establecimiento de las denominaciones de origen o de calidad, como método de fidelización de consumidores y de lucha contra la competencia	2004-2009	Favorable	Muy Favorable	Gran escala

El establecimiento de las denominaciones de origen o de calidad, como método de fidelización de consumidores y de lucha contra la competencia, se dará de una manera clara como elemento de diferenciación y competitividad de los productos. El desarrollo de estos métodos avanzará en paralelo a la formación del consumidor.

Debido a la obligatoriedad desde el 1 de enero de 2005, de la implantación y mantenimiento de sistemas de trazabilidad para los alimentos y piensos en todas las etapas de la producción, transformación y distribución (Artículo 18 del Reglamento CE 178/2002), se prevé el desarrollo de tecnologías para facilitar la implantación de dichas medidas de trazabilidad en el sector de la acuicultura.

Tendencia VII: Medio ambiente

El incremento de los conocimientos y desarrollos técnicos (interacción de patógenos y flora, acumulación de metabolitos, modificación de piensos empleados, abaratamiento de equipos, etc.) permitirán la mejora de los sistemas de recirculación del agua en instalaciones en tierra. La normativa medioambiental será muy estricta en un futuro cercano, y estos temas tendrán una mayor importancia en el horizonte temporal 2010-2015.

El desarrollo de estas técnicas mejoradas dependerá del tipo de cultivo al que vayan a aplicarse, ya que no son necesarias para todas las especies. Aunque ya se trabaja en este aspecto desde hace algunos años, no se considera que lleguen a ser habituales estos sistemas de recirculación.

Las normativas de la UE y el interés de las empresas por reducir los costes en los piensos serán las principales causas para la reducción de los residuos por unidad de producción a través de la mejora en la eficiencia productiva (mejor aprovechamiento del alimento, reducción de emisiones al agua, aprovechamiento de efluentes en la producción de macroalgas, etc.).

Las tecnologías de extracción de los lodos respetuosas con el medio ambiente es un tema que actualmente ya se está llevando a cabo. Sin embargo, la valorización de los mismos implica tecnologías que se materializarán a más largo plazo. En materia de medio ambiente el desarrollo de tecnologías está también condicionado por las normativas que se dictan por parte de la Administración Nacional y la UE.



Conclusiones

Se presentan a continuación las conclusiones, donde se destacan los aspectos más importantes a tener en cuenta en los próximos años, en relación con el sector de la acuicultura.

Sistemas de cultivo, engorde, alimentación y nutrición.

La optimización de los sistemas de alimentación y engorde de las especies, son factores clave en el sector de la acuicultura en España. El avance en los conocimientos de la biología de las especies permitirá un mayor desarrollo del sector, ya que su aplicación en la cría propiciará un aumento de la producción. En este sentido, es necesario un mayor esfuerzo en I+D, tanto por parte de centros especializados como por el sector industrial.

En particular, es necesario fomentar la investigación relacionada con el metabolismo de ciertas especies de producción en España, sobre cuya biología aún existe un gran desconocimiento. Con el fin de que los resultados sean aplicables industrialmente, es imprescindible que las investigaciones se lleven a cabo en condiciones similares a las reales de cultivo en el mar.

El uso de harinas y aceites de pescado para piensos, irá dejando paso a las alternativas de origen vegetal. Aunque ya existen experiencias en la utilización de aceites vegetales, el producto obtenido aún es de escasa calidad, ya que sus cualidades organolépticas finales se ven afectadas. La posible reacción negativa del consumidor frente a este tipo de alimentación para peces, puede suponer un freno al desarrollo de estas tecnologías.

La sustitución parcial del elemento vivo también destaca como una tendencia de futuro, que influirá en el desarrollo a medio plazo de las tecnologías encaminadas a la obtención de piensos microparticulados.

En cuanto a los sistemas para moluscos, destaca el paso de un sistema de explotación natural tradicional a uno de carácter más industrial. Frente a esto, la Administración juega un papel fundamental, ya que es responsable del control de estas áreas y de la emisión de licencias que permitan este desarrollo.

Se prevé una mayor aplicación en los próximos años de nuevas tecnologías de preengorde de semilla de moluscos, como las bateas o la recirculación forzada, así como un mayor desarrollo de este tipo de tecnologías.

Patologías. Control de enfermedades infecciosas. Detección de algas nocivas.

Las enfermedades infecciosas de las especies acuicultivadas causan pérdidas económicas significativas en el sector. Por ello, la prevención y control de enfermedades son factores críticos en la gestión y viabilidad de la Acuicultura en España. Están estudiándose nuevas alternativas a los tratamientos tradicionales, basados en el uso de productos químicos y antibióticos.

En el área de la medicina preventiva, las vacunas se configuran como una alternativa, aunque es necesario mejorar la eficacia y el modo de aplicación de las existentes. En la actualidad, este desarrollo se enfrenta a ciertas limitaciones legales.

Es previsible un desarrollo a más corto plazo de las vacunas bacterianas que de las víricas. En éstas últimas, las vacunas recombinantes y de ADN se plantean como una de las mejores vías de inmunización, aunque es necesario fomentar el avance de las investigaciones en este campo.

En relación con el diagnóstico de enfermedades, los métodos basados en técnicas moleculares se configuran como una alternativa eficaz a los métodos bioquímicos. Sin embargo, en España la aplicabilidad industrial de estos métodos es todavía desfavorable, dado el elevado coste que supone la aplicación de estas técnicas. Su implantación a gran escala vendrá condicionada por el avance científico, que reducirá los costes de su aplicación, y por la capacidad para trasladar estas técnicas del campo científico al industrial.

Debido a la reducción del número de antibióticos permitidos por la legislación europea, así como el riesgo de desarrollo de cepas resistentes, la dieta está siendo una alternativa eficaz en algunos casos, para la reducción de la susceptibilidad a enfermedades. La elaboración de dietas equilibradas que permitan conseguir dicha reducción, es de gran importancia para el sector.

El uso de probióticos también se perfila como un método de gran utilidad en acuicultura. Su empleo puede contribuir a mejorar la calidad microbiológica de los animales. Para que este método pueda desarrollarse y aplicarse, se hace necesario el estudio de sus mecanismos concretos de acción.

En lo que se refiere a la detección de biotoxinas marinas en moluscos, la capacidad científica y tecnológica en España, así como la aplicabilidad industrial se considera favorable.

La gestión de episodios tóxicos contribuirá a minorar los problemas de gestión de la producción y comercialización que actualmente se están padeciendo. El desarrollo de modelos numéricos será de gran ayuda en este sentido.

Se desarrollarán tecnologías que mejoren la eficiencia de los procesos de reducción/eliminación de biotoxinas y de patógenos en moluscos, con una aplicación previsible en el sector a gran escala.

Tecnologías de producción de especies.

La generalización de procedimientos que abarquen todo el proceso de producción y que sean compatibles con la sensibilidad por el trato hacia los animales es una tendencia ya observada en otros países, cuya generalización en España es previsible a medio plazo. La Administración será responsable del cumplimiento de estas premisas, a través de la vigilancia, promoción de la I+D y formación al consumidor.

El empleo de técnicas que permitan obtener progenies monosexo o estériles se generalizará en el medio-largo plazo, con el fin de acelerar el crecimiento de las mismas y evitar su maduración sexual. Sin embargo, la materialización del uso de estas técnicas a gran escala depende del crecimiento que alcancen los animales y para qué especies se logre. Las especies en las que más interés existe para la aplicación de estas técnicas son la dorada y la lubina.

La diversificación de los productos ofertados al consumidor es muy importante y el rápido crecimiento una prioridad para todas las especies. La domesticación de nuevas espe-

cies será fundamental para la mejora de la competitividad y la conservación de las poblaciones naturales.

Genética y Biotecnología: Selección genética de especies.

España tiene una capacidad científica alta en el uso de marcadores moleculares, para acelerar programas de selección genética y mejora de las características de especies de interés industrial. Aunque esta técnica ya se está utilizando, su aplicabilidad industrial y horizonte temporal de aplicación depende de cada especie. No obstante, son necesarios estímulos por parte de la Administración para la formación de redes que contribuyan a la cooperación entre las empresas y los centros de I+D y Universidades. Al mismo tiempo, debe existir un esfuerzo en I+D por parte de la industria.

A largo plazo se espera conocer la regulación génica de procesos biológicos esenciales con el fin de aplicar este conocimiento a la superación de obstáculos en la producción de especies. Se conocerá el genoma completo y se dispondrá de mapas genéticos de especies de interés acuícola.

Equipamientos y artefactos para diferentes sistemas y fases de producción. Plataformas off-shore.

El desarrollo de tecnologías que aumenten la eficiencia y alarguen la vida útil de redes y jaulas es inminente y su previsible aplicabilidad industrial es alta. Para propiciar este desarrollo en España es necesario favorecer e incentivar la introducción de las empresas fabricantes de materiales en el sector de la acuicultura. Una mayor cooperación entre empresas y centros de I+D se configura como la herramienta clave para ello.

Dado que en la selección de ubicaciones para instalaciones flotantes intervienen factores tanto técnicos como socioeconómicos, es necesario el desarrollo de un plan estratégi-

co por parte de la Administración, para la selección de ubicaciones de piscifactorías marinas. Ello permitirá alcanzar las tasas de desarrollo esperadas en acuicultura.

Las mejoras tecnológicas en cuanto al mantenimiento, manejo, rentabilidad, etc. en las jaulas en alta mar harán que la utilización de estas estructuras aumente considerablemente en los próximos años. Como consecuencia del desarrollo de los cultivos en zonas cada vez más expuestas, se mejorarán y diseñarán equipamientos auxiliares que sirvan de apoyo a las instalaciones en el mar.

Se espera que a medio-largo plazo sea habitual el empleo de análisis de imágenes, métodos no manipulativos, para la gestión de instalaciones que permitan obtener datos on-line y reducir el trabajo manual con las especies acuícultivadas. Actualmente estas técnicas están desarrolladas para criadero y falta su aplicación en jaulas flotantes. La capacidad científica española en el desarrollo de técnicas de análisis de imágenes es favorable. Aún así, son necesarios estímulos por parte de la Administración para su aplicación a la acuicultura.

Control de calidad, trazabilidad.

El establecimiento de denominaciones de origen o de calidad, se emplearán como métodos de fidelización de consumidores y diferenciación de los productos. Su desarrollo avanzará en paralelo a la formación del consumidor.

Por otro lado, se prevé el desarrollo de tecnologías que faciliten la implantación de sistemas de trazabilidad en el sector de la acuicultura, como respuesta a la normativa existente.

Medio ambiente.

En materia de medio ambiente, el desarrollo de tecnologías está condicionado por las normativas que se dicten por

parte de la Administración Nacional y la UE. Es previsible que la normativa sea cada vez más restrictiva en relación con este tema, por lo que esta tendencia irá cobrando mayor importancia a medio/largo plazo.

CONCLUSIONES GENERALES

Los temas seleccionados para este estudio son, en su mayoría, de gran importancia para el sector de la acuicultura en España. Las seis primeras tendencias que se han expuesto en este apartado de conclusiones, enmarcan cada una de ellas un grupo de tecnologías críticas, cuyo horizonte de materialización se prevé antes de 2015.

La Administración puede jugar un papel fundamental en el desarrollo del sector a través de distintas medidas de apoyo al sector industrial y a los centros de investigación. En este sentido, la evolución de la normativa aplicable al sector es determinante en el desarrollo de ciertas tecnologías, pudiendo suponer un freno en algunas ocasiones.

En la medida que se mejore la relación entre el sector industrial y los centros tecnológicos y de investigación, el desarrollo esperado se producirá más rápidamente. Es fundamental que las investigaciones que se llevan a cabo reproduzcan, del modo más exacto posible, las condiciones que se dan en la aplicación real en mar.

En cuanto al modelo empresarial, es imprescindible fomentar que el sector industrial aumente el número de recursos que destina a I+D.

Anexo I: Panel de expertos

Experto	Entidad
Cristóbal Aguilera	Tinamenor
Luis Cabello	Off-Shore Fish Farm SL
Francisco J. Espinós	Universidad Politécnica Valencia
Jacobo Fernández	Insuiña

Experto	Entidad
Juan Fernández	Xunta de Galicia
Marisol Izquierdo	Universidad de Las Palmas
Miguel Jover	Universidad Politécnica Valencia
Gustavo Larrazábal	Tinamenor
Angeles Longa	Consejo Regulador del Mejillón de Galicia
Julio Maroto	CETMAR
Daniel Montero	Instituto Canario de Ciencias Marinas
Francisco Moyano	Universidad de Almería
Francesc Piferrer	Institut de Ciències del Mar
Pablo Pressa	Universidad de Vigo
Ana Riaza	Stolt Sea Farm
Antonio Rojo	Acuícola Marina
Isaac Santaella	CUPIMAR
Ariadna Sitja-Bobadilla	Instituto de Acuicultura de Torre La Sal
Fernando Torrent	Universidad Politécnica Madrid
Manuel Yúfera	Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía
Julio Carreras	ainia
Jackie Sánchez-Molero	ainia

Anexo II: Cuestionario

	Sistemas de cultivo, engorde, alimentación y nutrición	Nivel de conocimiento			Horizonte temporal				Capacidad Científico-tecnológica			Aplicabilidad industrial			Amplitud del campo de aplicación			Medidas para el desarrollo								
		Alto	Medio	Bajo	2004-2009	2010-2015	2016-2020	Más allá de 2020	Nunca	Muy desfavorable	Desfavorable	Favorable	Muy favorable	Muy desfavorable	Desfavorable	Favorable	Muy favorable	No se aplicará	Aplicación testimonial	Aplicación media	Aplicación a gran escala	Estímulos de la administración	Movilidad de personal	Aspectos formativos	Creación de redes nac. e internac.	Cooperación industria - C.O.T.
1	La mejora de conocimientos sobre los requerimientos biológicos de las especies actualmente en cultivo permitirá aumentar sustancialmente los rendimientos de la producción de semillas, post-larvas y alevines, aplicándolos en la cría (malformaciones, supervivencia, reducción del impacto de patógenos, necesidades fisiológicas, etc.).	30	60	11	41	43	11	4	—	4	57	25	13	13	49	25	15	—	4	45	51	20	20	15	14	30

	Sistemas de cultivo, engorde, alimentación y nutrición	Nivel de conocimiento			Horizonte temporal				Capacidad Científico-tecnológica			Aplicabilidad industrial			Amplitud del campo de aplicación			Medidas para el desarrollo								
		Alto	Medio	Bajo	2004-2009	2010-2015	2016-2020	Más allá de 2020	Nunca	Muy desfavorable	Desfavorable	Favorable	Muy favorable	Muy desfavorable	Desfavorable	Favorable	Muy favorable	No se aplicará	Aplicación testimonial	Aplicación media	Aplicación a gran escala	Estímulos de la administración	Movilidad de personal	Aspectos formativos	Creación de redes nac. e internac.	Cooperación industria - C.O.T.
2	Los conocimientos en el metabolismo de las distintas especies cultivables permitirán el desarrollo de dietas o patrones alimenticios que mejoren las tasas de conversión del alimento y el índice de crecimiento.	26	54	20	46	39	11	4	—	13	50	24	13	11	37	30	22	—	11	22	67	16	17	10	17	40
3	Se desarrollarán y utilizarán microalgas y sus productos derivados con mejores cualidades nutricionales y mayor capacidad de crecimiento para uso en la alimentación de especies acuícolas.	16	60	24	45	34	9	11	—	9	42	31	18	18	29	29	24	—	11	31	58	18	13	9	18	42
4	Se desarrollarán y utilizarán microalgas y sus productos derivados con mejores cualidades nutricionales y mayor capacidad de crecimiento para uso en la alimentación de especies acuícolas.	20	56	24	34	41	14	11	—	5	44	37	14	5	49	39	7	2	20	58	20	20	18	15	12	36
5	Se sustituirá en la alimentación de crías de peces marinos las dietas basadas en rotíferos y artemias por piensos microparticulados con características técnicas y metabólicas adecuadas.	22	40	38	14	52	18	14	2	13	33	42	11	18	29	38	16	2	16	45	36	19	18	14	15	35

	Nivel de conocimiento	Horizonte temporal					Capacidad Científico-tecnológica			Aplicabilidad industrial			Amplitud del campo de aplicación			Medidas para el desarrollo									
		Alto	Medio	Bajo	2004-2009	2010-2015	2016-2020	Más allá de 2020	Nunca	Muy desfavorable	Desfavorable	Favorable	Muy favorable	Muy desfavorable	Desfavorable	Favorable	Muy favorable	No se aplicará	Aplicación testimonial	Aplicación media	Aplicación a gran escala	Estímulos de la administración	Movilidad de personal	Aspectos formativos	Creación de redes nac. e internac.
Sistemas de cultivo, engorde, alimentación y nutrición																									
6	Se desarrollarán nuevos sistemas de engorde intensivo de bivalvos en parques, zonas intermareales y estanques.																								
	33	36	31	32	37	20	5	5	12	40	30	17	20	32	22	25	5	10	42	42	24	17	17	8	33
7	En los próximos años se aplicarán nuevas tecnologías de preengorde de semilla de moluscos (bateas, recirculación) que incrementarán más del 20% la producción de moluscos.																								
	28	39	33	47	41	6	6	—	17	28	39	17	17	36	30	17	3	17	33	47	22	16	17	10	35
8	Se desarrollarán nuevos productos funcionales a través de las modificaciones en la dieta de peces que varíen las cualidades del producto final.																								
	17	46	37	20	33	28	18	—	15	32	40	12	10	27	50	12	—	33	44	23	22	20	10	11	36
Patologías. Control de enfermedades infecciosas. Detección de algas nocivas																									
9	Se reducirá de forma sustancial la susceptibilidad a enfermedades a través del equilibrio adecuado de nutrientes y la inclusión de inmunostimulantes y probióticos en la dieta.																								
	18	53	29	21	39	26	12	2	19	46	23	12	14	37	37	12	2	20	36	41	18	17	19	14	31

	Nivel de conocimiento	Horizonte temporal					Capacidad Científico-tecnológica			Aplicabilidad industrial			Amplitud del campo de aplicación			Medidas para el desarrollo									
		Alto	Medio	Bajo	2004-2009	2010-2015	2016-2020	Más allá de 2020	Nunca	Muy desfavorable	Desfavorable	Favorable	Muy favorable	Muy desfavorable	Desfavorable	Favorable	Muy favorable	No se aplicará	Aplicación testimonial	Aplicación media	Aplicación a gran escala	Estímulos de la administración	Movilidad de personal	Aspectos formativos	Creación de redes nac. e internac.
Patologías. Control de enfermedades infecciosas. Detección de algas nocivas																									
10	Será común la utilización de organismos acuicultivados para su empleo como biofactorías en la producción de proteínas, hormonas, sustancias antitumorales o vacunas.																								
	9	33	58	—	32	27	32	9	26	33	26	14	21	33	26	19	7	42	39	12	25	16	15	16	27
11	Se desarrollarán y aplicarán métodos de diagnósticos basados en técnicas moleculares para la detección rápida de diferentes especies y agentes patógenos.																								
	35	35	30	52	30	17	—	—	22	25	32	20	8	46	33	13	—	7	57	35	20	17	17	20	26
12	Se desarrollarán y aplicarán habitualmente vacunas orales o de otros tipos para prevención de enfermedades víricas, bacterianas y parasitarias.																								
	25	45	29	50	30	10	10	—	22	37	27	12	17	37	32	12	2	7	35	55	19	21	15	11	34
13	El desarrollo de vacunas recombinantes (proteínas antigénicas específicas) y vacunas de ADN (insertan una secuencia genética que confiere inmunidad específica) serán la terapia preventiva más común para inmunización contra enfermedades víricas.																								
	9	39	52	10	33	20	36	—	13	45	32	10	21	34	37	8	3	34	39	24	22	18	14	18	28

	Patologías. Control de enfermedades infecciosas. Detección de algas nocivas	Nivel de conocimiento			Horizonte temporal				Capacidad Científico-tecnológica			Aplicabilidad industrial			Amplitud del campo de aplicación			Medidas para el desarrollo								
		Alto	Medio	Bajo	2004-2009	2010-2015	2016-2020	Más allá de 2020	Nunca	Muy desfavorable	Desfavorable	Favorable	Muy favorable	Muy desfavorable	Desfavorable	Favorable	Muy favorable	No se aplicará	Aplicación testimonial	Aplicación media	Aplicación a gran escala	Estímulos de la administración	Movilidad de personal	Aspectos formativos	Creación de redes nac. e internac.	Cooperación industria - C.O.T.
14	Se desarrollarán y validarán ensayos funcionales y métodos químicos para la detección de biotoxinas marinas en moluscos, lo que reducirá el uso de bioensayos con animales.	26	35	39	32	46	19	3	—	19	30	35	16	24	22	38	16	—	16	38	46	28	15	11	18	27
15	Se desarrollarán modelos numéricos para la predicción de la evolución de la toxicidad de origen fitoplanctónico, lo que facilitará la gestión de los episodios tóxicos.	14	40	45	32	50	9	9	—	12	44	32	12	21	29	29	21	—	18	38	44	27	14	18	17	23
16	Se desarrollarán tecnologías de depuración y eliminación de biotoxinas y patógenos en moluscos.	18	36	45	28	50	14	8	—	11	37	43	9	19	33	28	19	—	14	29	57	23	20	16	15	26
Tecnologías de producción de especies																										
17	Se desarrollarán tecnologías de depuración y eliminación de biotoxinas y patógenos en moluscos.	39	56	5	32	54	12	2	—	12	34	34	19	15	29	34	22	—	2	55	42	25	17	16	12	30
18	Se generalizará el empleo de técnicas que permitan obtener progenies monosexo o estériles para acelerar su crecimiento y evitar la maduración sexual (por ejemplo, mediante cambios de temperatura en ciertas fases del desarrollo).	37	46	17	21	55	13	10	—	8	41	36	15	5	49	31	15	3	20	46	31	15	19	17	17	32

	Tecnologías de producción de especies	Nivel de conocimiento			Horizonte temporal				Capacidad Científico-tecnológica			Aplicabilidad industrial			Amplitud del campo de aplicación			Medidas para el desarrollo								
		Alto	Medio	Bajo	2004-2009	2010-2015	2016-2020	Más allá de 2020	Nunca	Muy desfavorable	Desfavorable	Favorable	Muy favorable	Muy desfavorable	Desfavorable	Favorable	Muy favorable	No se aplicará	Aplicación testimonial	Aplicación media	Aplicación a gran escala	Estímulos de la administración	Movilidad de personal	Aspectos formativos	Creación de redes nac. e internac.	Cooperación industria - C.O.T.
19	Se diversificarán los productos de la acuicultura con la producción de especies de rápido crecimiento para su comercialización en forma de filetes y otros transformados.	29	54	17	35	35	27	3	—	13	26	42	18	13	29	32	26	—	10	42	47	27	12	12	7	41
20	La preocupación por el bienestar animal y la calidad del producto hará que se generalicen procedimientos, que abarcarán todo el proceso de producción hasta el sacrificio para la venta, compatibles con la sensibilidad actual por el trato hacia los animales de producción.	27	56	17	37	42	12	2	5	12	27	35	25	17	30	35	17	5	27	30	37	30	4	28	15	22
Genética y biotecnología: Selección genética de especies																										
21	El uso de marcadores moleculares será una práctica habitual para acelerar programas de selección genética y mejora de las características de especies de interés industrial.	30	46	23	36	38	21	2	2	17	44	22	17	15	46	27	12	2	21	45	31	21	16	14	18	31
22	Se conocerá el genoma completo y se dispondrá de mapas genéticos de especies de interés acuícola.	19	48	33	7	43	19	29	2	15	30	32	22	15	46	19	19	2	37	50	10	27	17	11	23	23

	Genética y biotecnología: Selección genética de especies	Nivel de conocimiento			Horizonte temporal				Capacidad Científico-tecnológica			Aplicabilidad industrial			Amplitud del campo de aplicación			Medidas para el desarrollo								
		Alto	Medio	Bajo	2004-2009	2010-2015	2016-2020	Más allá de 2020	Nunca	Muy desfavorable	Desfavorable	Favorable	Muy favorable	Muy desfavorable	Desfavorable	Favorable	Muy favorable	No se aplicará	Aplicación testimonial	Aplicación media	Aplicación a gran escala	Estímulos de la administración	Movilidad de personal	Aspectos formativos	Creación de redes nac. e internac.	Cooperación industria - C.O.T.
23	Se conocerá la regulación génica de procesos biológicos esenciales (como la reproducción, desarrollo larvario, la nutrición y la inmunidad innata) y se aplicará en la práctica para superar obstáculos en la producción de especies.	14	42	44	2	36	33	29	—	17	40	31	12	14	45	26	14	—	29	45	26	23	20	17	18	23
24	Se emplearán moléculas reguladoras de distintas fases de la biología (reproducción, metamorfosis, etc.) para controlar cada uno de estos procesos.	12	41	46	3	32	24	37	5	18	37	37	8	23	36	28	13	8	38	41	13	22	18	18	19	23
25	Se utilizará y será habitual la hibridación entre especies próximas para producir individuos de características mejoradas.	17	34	49	5	26	31	15	23	13	44	33	10	20	28	36	15	28	23	38	10	19	19	13	17	32
26	Las técnicas de trasplante de células de la línea germinal se generalizarán como método de ayuda a la selección genética, conservación de lotes, producción de nuevas especies y recuperación de especies en peligro de extinción.	10	35	55	—	25	19	50	6	20	34	34	11	34	17	29	20	11	50	31	8	26	19	17	21	17

	Equipamientos y artefactos para diferentes sistemas y fases de producción. Plataformas off-shore	Nivel de conocimiento			Horizonte temporal				Capacidad Científico-tecnológica			Aplicabilidad industrial			Amplitud del campo de aplicación			Medidas para el desarrollo								
		Alto	Medio	Bajo	2004-2009	2010-2015	2016-2020	Más allá de 2020	Nunca	Muy desfavorable	Desfavorable	Favorable	Muy favorable	Muy desfavorable	Desfavorable	Favorable	Muy favorable	No se aplicará	Aplicación testimonial	Aplicación media	Aplicación a gran escala	Estímulos de la administración	Movilidad de personal	Aspectos formativos	Creación de redes nac. e internac.	Cooperación industria - C.O.T.
27	Se desarrollarán y utilizarán nuevos materiales, diseños, técnicas y tratamientos que aumenten la actual eficiencia y alarguen la vida útil de redes y jaulas.	18	59	23	42	56	3	—	—	11	43	37	9	23	29	23	26	—	3	31	67	24	14	13	7	41
28	Las mejoras tecnológicas (mantenimiento, manejo, rentabilidad, etc.) en las jaulas alta mar (entre 40 y 50 metros de profundidad) harán que éstas supongan el 50% del total de estructuras de cultivo en mar abierto.	13	46	41	11	39	28	14	8	11	37	43	9	17	29	34	20	3	11	56	31	29	12	11	7	40
29	Como consecuencia del desarrollo de los cultivos en zonas cada vez más expuestas, se mejorarán y diseñarán equipamientos auxiliares (embarcaciones, equipos de control, etc.) que sirvan de apoyo a las instalaciones en alta mar.	24	47	29	36	42	18	3	—	15	24	48	12	12	30	39	18	—	6	61	33	30	9	9	9	42
30	Las mejoras tecnológicas (diseño, mantenimiento, manejo, rentabilidad, etc.) en las "líneas flotantes" para moluscos harán que éstas supongan la mayoría de las nuevas estructuras de cultivo en mar abierto.	20	41	38	19	53	12	12	3	9	31	47	12	9	34	44	12	—	22	53	25	26	10	16	3	44

	Equipamientos y artefactos para diferentes sistemas y fases de producción. Plataformas off-shore	Nivel de conocimiento			Horizonte temporal				Capacidad Científico-tecnológica			Aplicabilidad industrial			Amplitud del campo de aplicación			Medidas para el desarrollo								
		Alto	Medio	Bajo	2004-2009	2010-2015	2016-2020	Más allá de 2020	Nunca	Muy desfavorable	Desfavorable	Favorable	Muy favorable	Muy desfavorable	Desfavorable	Favorable	Muy favorable	No se aplicará	Aplicación testimonial	Aplicación media	Aplicación a gran escala	Estímulos de la administración	Movilidad de personal	Aspectos formativos	Creación de redes nac. e internac.	Cooperación industria - C.O.T.
31	Se mejorará la planificación en la selección de zonas óptimas para ubicar instalaciones flotantes a través de la integración de información técnica (GPS; imágenes de satélite, etc.) junto con factores socioeconómicos y geofísicos.	23	38	38	36	42	18	3	—	12	39	36	12	18	27	39	15	3	12	33	51	36	8	13	10	33
32	Será habitual el empleo de análisis de imágenes (análisis de contorno), métodos no manipulativos, para la gestión de instalaciones (evaluar el crecimiento, control de alimentación, estimación de pérdidas, etc.) que permitan obtener datos on line y reducir el trabajo manual.	13	46	41	19	42	28	11	—	19	31	39	11	19	33	31	17	—	19	50	31	17	15	17	15	37
Control de calidad, trazabilidad																										
33	Se apostará por el establecimiento de las denominaciones de origen o de calidad como método de fidelización de consumidores y de lucha contra la competencia.	40	47	12	67	28	6	—	—	22	30	27	22	22	24	27	27	—	8	34	58	39	7	22	8	24
34	Será habitual la implantación de medidas de trazabilidad de los productos de la acuicultura para garantizar la seguridad del consumidor final.	37	45	17	53	39	8	—	—	17	28	22	33	22	22	22	35	—	3	18	79	34	8	19	10	28

	Medio ambiente: utilización de subproductos	Nivel de conocimiento			Horizonte temporal				Capacidad Científico-tecnológica			Aplicabilidad industrial			Amplitud del campo de aplicación			Medidas para el desarrollo								
		Alto	Medio	Bajo	2004-2009	2010-2015	2016-2020	Más allá de 2020	Nunca	Muy desfavorable	Desfavorable	Favorable	Muy favorable	Muy desfavorable	Desfavorable	Favorable	Muy favorable	No se aplicará	Aplicación testimonial	Aplicación media	Aplicación a gran escala	Estímulos de la administración	Movilidad de personal	Aspectos formativos	Creación de redes nac. e internac.	Cooperación industria - C.O.T.
27	El incremento de los conocimientos y mejoras técnicas (interacción de patógenos y flora, acumulación de metabolitos, modificación de piensos empleados, abaratamiento de equipos, etc.) permitirán que sean habituales los sistemas de recirculación del agua en instalaciones en tierra.	32	46	22	21	63	5	5	5	8	40	32	19	13	32	29	26	3	8	60	29	23	12	20	9	36
28	La reducción de los residuos por unidad de producción será del 25% a través de la mejora en la eficiencia productiva (mejor aprovechamiento del alimento, reducción de emisiones al agua, aprovechamiento de efluentes en la producción de macroalgas, etc.).	32	53	16	35	51	11	3	—	6	42	31	22	9	37	31	23	—	5	57	38	35	9	20	6	31
29	Se desarrollarán tecnologías de extracción y valorización de los lodos respetuosas con el medio ambiente.	16	47	37	31	51	11	6	—	15	30	42	12	21	35	29	15	—	23	40	37	39	11	19	5	27