

# ANEXO IV

**JACUMAR  
JUNTA NACIONAL ASESORA DE CULTIVOS MARINOS**

**PLANES NACIONALES DE CULTIVOS MARINOS**

**INFORME FINAL**

**Título: ACUICULTURA INTEGRADA: EXPERIENCIA  
PILOTO PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS DE  
CULTIVOS MULTI-TROFICOS**

## **RESUMEN EJECUTIVO**

---

### **1.- DATOS ADMINISTRATIVOS**

**TITULO: ACUICULTURA INTEGRADA: EXPERIENCIA PILOTO PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS DE CULTIVOS MULTITRÓFICOS (2007-2011)**

### **FECHAS DE REALIZACIÓN**

Inicio: 2007

Finalización: 2011

### **DATOS DEL COORDINADOR DEL PROYECTO**

Nombre y Apellidos: Daniel Acosta Camacho

Organismo/ Centro: :Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente.

Junta de Andalucía / Dirección General de Pesca y Acuicultura.

Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente.

Correo electrónico: [daniel.acosta@juntadeandalucia.es](mailto:daniel.acosta@juntadeandalucia.es)

### **Comunidades Autónomas participantes**

Andalucía, Baleares, Canarias, Cataluña, Galicia, Murcia.

## 2.- RESULTADOS TECNICOS DEL PLAN NACIONAL

### 2.1. OBJETIVOS

Objetivo general: Evaluar la aplicación de sistemas de cultivos integrados multitróficos en acuicultura en España.

Objetivos específicos:

- Evaluar la efectividad de los sistemas de cultivos multitróficos desarrollados en jaulas en mar abierto y en instalaciones de cultivo en tierra.
- Probar la eficacia de este tipo de cultivos sobre la calidad de la columna de agua en zonas de cultivo.
- Evaluar la mejora de la competitividad y/o rentabilidad de este tipo de cultivos sobre la actividad normal de la empresa.
- Analizar las repercusiones negativas o positivas para la producción, o para las instalaciones.
- Identificar las especies (y sistemas) más interesantes según las zonas de cultivo (en tierra, y en mar).

### 2.2. METODOLOGÍA (muy resumida)

El fundamento último de los sistemas AMTI es el de hacer un mejor aprovechamiento de los recursos, retirando el posible exceso de materia orgánica generada en el cultivo acuícola principal mediante la incorporación de cultivos secundarios; proporcionando por tanto una mejora en el medio adyacente, una diversificación de especies, y un beneficio económico añadido a la empresa.

Pero para la implantación de los AMTI, entre otras cuestiones, lo primero es evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de estos sistemas en España. Para ello se han ejecutado diferentes experiencias a las que se les ha realizado un seguimiento integral con el que determinar los aspectos necesarios para el desarrollo de los AMTI a nivel nacional como medida de mejora en la competitividad de las empresas acuícolas.

La metodología seguida se ha planteado con el siguiente esquema de trabajo para todas las CCAA

Las actuaciones en todas las CCAA han seguido la siguiente estructura, sin perjuicio de que cada grupo participante, en función de las actividades proyectadas, haya adaptado dicha estructura a sus necesidades:

ACTUACION 1: Diseño y planificación de la experiencia. Caracterización Ambiental del entorno natural.

ACTUACION 2: Puesta en marcha y desarrollo del sistema de cultivo integrado.

ACTUACION 3: Seguimiento de la experiencia de cultivo integrado.

ACTUACIÓN 4: Interpretación de resultados, conclusiones y difusión los mismos.

## 2.3. RESULTADOS

### **Resultado 1: Evaluación de la efectividad de los sistemas de cultivos multitróficos desarrollados en jaulas en mar abierto y en instalaciones de cultivo en tierra.**

*Este resultado es de carácter técnico/tecnológico, y se ha obtenido a partir del estudio de los sistemas de cultivo empleados en mar, en tierra y en marismas transformadas.*

#### ❖ Sistemas empleados en mar.

Analizando los sistemas empleados podemos exponer que cada uno de ellos ha funcionado mejor o peor en función de las inclemencias meteorológica, las especies objetivos y otras cuestiones detalladas en el informe final extenso

Los sistemas en mar más adecuado para la implantación de un sistema IMTA básico consiste en un entramado principal con jaulas de peces, y adyacentes a estos sistemas de long-lines de moluscos y macroalgas, orientados en función del eje de la dirección de la corriente predominante. Aún así, también pueden implantarse sistemas más complejos con la incorporación de equinodermos, holoturias, abalón, etc.. que deberán ser valorados por la empresa y que se comentarán más adelante en el resultado de mejora de la competitividad.

#### ❖ Sistemas empleados en tierra.

Considerando las dinámica de una planta de acuicultura convencional la complementación con este sistema no vería modificado la estructura original y principal de la instalación. Sin embargo, habría que tener algunas en cuenta algunas consideraciones a la hora de realizar tratamiento normales de limpieza y profilaxis del cultivo de peces, como por ejemplo aislar los sistemas de macroalgas que son más susceptibles a los compuestos disueltos, considerar la necesidad de tener luces adecuadas o luz natural para la realización de la fotosíntesis y crecimiento de las macroalgas y fitoplancton que crece en el sistema por la materia orgánica presente y que beneficia también a los moluscos, etc..

Por tanto, y tras las experimentaciones el sistema de cultivo empleado permite mantener en perfectas condiciones y con unas cifras de crecimiento y supervivencia varias especies comerciales sustentadas únicamente con el efluente de la planta de cultivo de peces.

#### ❖ Sistemas empleados en marismas transformadas.

En base a esta conformación general, la marisma se convierte en sí misma en el sistema físico de cultivo, siendo un sistema con una proliferación de vida muy importante por la cantidad de materia orgánica que hay presente. Por tanto, lo interesante es encontrar cuáles pueden ser las ubicaciones dentro de ésta de especies complementarias al cultivo principal y que puedan proporcionar un beneficio económico y ambiental. Por ello, los experimentos se han basado en el cultivo asociado de moluscos, detritívoros y algas debido a que las marismas tienen un flujo continuo de agua y gran proliferación materia orgánica e inorgánica. Se han probado sistemas de cultivos para los moluscos sobre fondo directo o bien mediante sistemas suspendidos por flotación y la utilización de cestillas flexibles, habiéndose conseguido mejores resultados con este sistema de cultivo



## **Resultado 2: Identificación de las especies (y sistemas) más interesantes según las zonas de cultivo (en tierra, y en mar).**

*Este resultado es de carácter biológico, y se ha obtenido a partir de las experimentaciones que se han hecho de cultivando numerosas especies de diferentes niveles tróficos.*

Se han identificado numerosas especies que pueden ser susceptibles de incorporar a los sistemas IMTA por su capacidad de extracción de nutrientes, demanda en los mercados, y conocimiento de su ciclo de vida y por tanto parámetros de cultivo. A lo largo de los años de trabajo del Plan, las CCAA han trabajado también en la búsqueda de especies interesantes para los sistemas IMTA, estando reflejado en las experimentaciones específicas en los anexos. Por lo que en la exposición de los resultados se detallarán principalmente grupos de especies probados, combinaciones interesantes y curiosidades más destacadas.

Concretando, las especies de cultivo identificadas han sido:

**PECES:** Las propias de las instalaciones de acuicultura donde se han desarrollado las experimentaciones. Dorada, lubina, corvina, peces planos, etc..

**FILTRADORES:** Moluscos como mejillón, ostión, ostra, almejas, zamburiña.

**SEDIMENTÍVOROS:** Equinodermo como la holoturia, cnidario como la anémona, numerosos poliquetos.

**EXTRACTORES COMPUESTOS DISUELTOS:** macroalgas verdes, rojas y pardas.

**ESPECIES COMPLEMENTARIAS:** Equinodermo como el erizo, molusco como el abalón y pulpo.

## **Resultado 3: Determinación de la eficacia de este tipo de cultivos sobre la calidad de la columna de agua en zonas de cultivo.**

*Este resultado es de carácter ambiental, y se ha obtenido a partir de las medidas de los efluentes en las instalaciones de cultivo, y su posterior medida tras la incorporación y funcionamiento de los sistemas IMTA. También se han realizado estudios de isótopos radiactivos para ver la presencia de C y N en los grupos tróficos que aprovechan los desechos de los peces.*

Son ya numerosos los estudios que determinan que la solución a la eutrofización no es la dilución sino la extracción y conversión a través de la diversificación de especies en las instalaciones de acuicultura.

En base a ello, y con los experimentos desarrollados los resultados obtenidos muestran que los grupos de filtradores, sedimentívoros y macroalgas incorporan tanto carbono como nitrógeno que proviene de las heces de los peces y/o del pienso suministrado a éstos de manera directa o indirecta.

#### **Resultado 4: Evaluación de la mejora de la competitividad y/o rentabilidad de este tipo de cultivos sobre la actividad normal de la empresa.**

*Este resultado es de carácter económico y se han estimado cuáles tendrían que ser las cuestiones a valorar para que los sistemas AMTI proporcionasen una mejora en la rentabilidad de la empresa.*

Para evaluar la mejora de la competitividad y/o rentabilidad de los sistemas AMTI en la empresa acuícola sería necesario una mayor escala temporal del Plan; ya que mediante las experiencias en estos años se han podido verificar los objetivos técnicos, biológicos y ambientales. Pero tener resultados en cuanto a la mejora del nivel competitivo que han supuesto estos experimentos a la empresa no se pueden obtener. Ello es debido a que las escalas de los experimentos, aunque en algunos casos se ha asemejado a nivel piloto, no han alcanzado el nivel productivo normalizado de una empresa real.

Sin embargo, si se han podido estudiar, en casos concretos, las cuestiones que la empresa tendría que considerar para que los sistemas AMTI pudiesen proporcionar ese valor añadido de mejora de competitividad y rentabilidad. Estas cuestiones son el diseño de la instalación (en el informe extenso hay diseños de sistemas AMTI simples y complejos), el dimensionamiento, el plan de producción, la estrategia de comercialización.

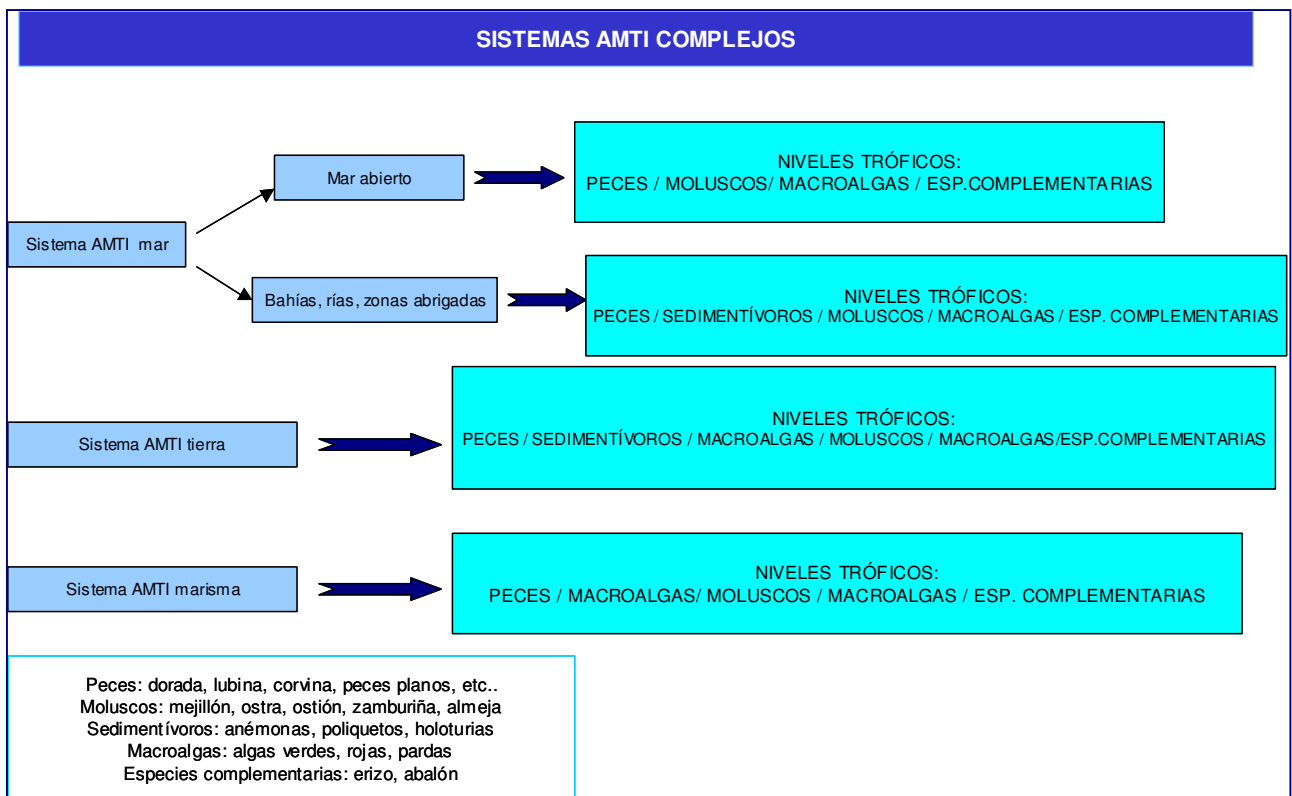
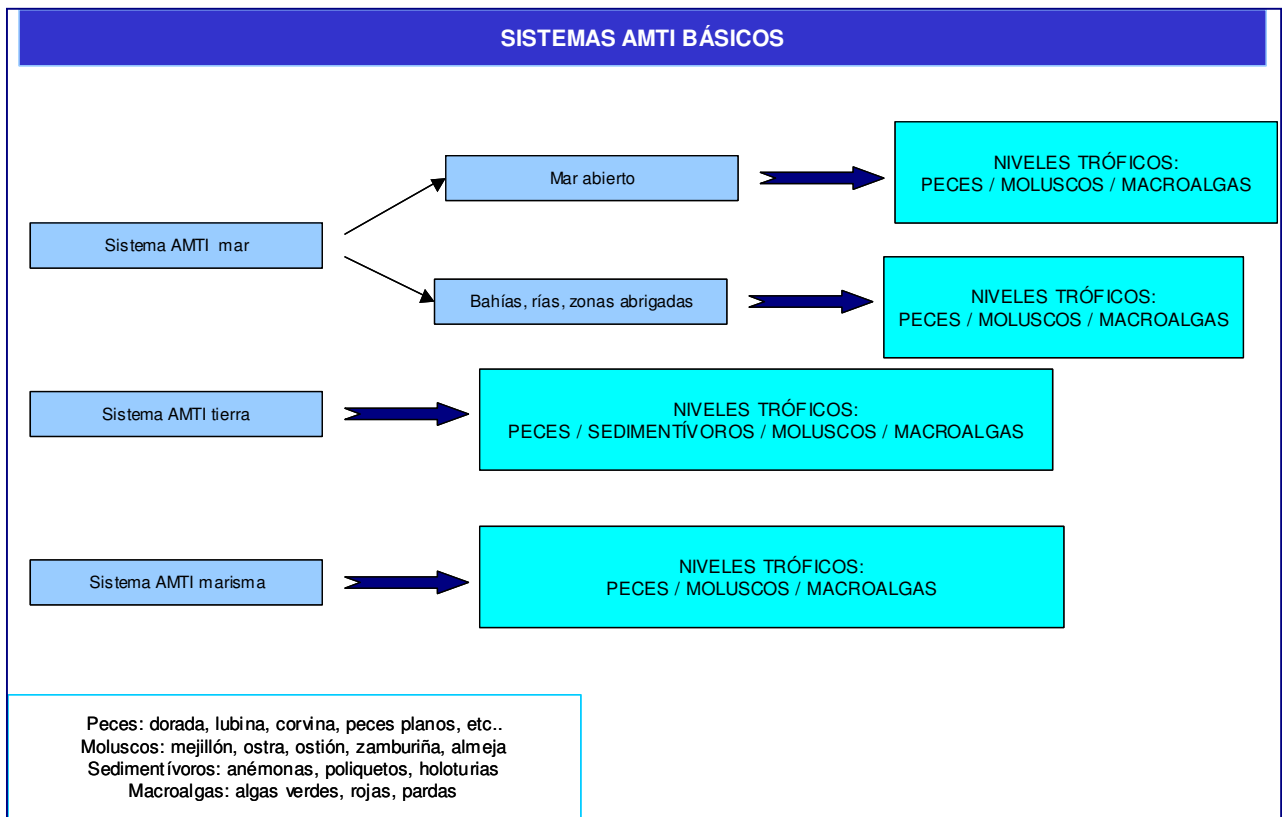
#### **Resultado 5: Análisis de las repercusiones negativas o positivas para la producción, o para las instalaciones (empresas).**

*Este resultado es de carácter empresarial, y al igual que el anterior se ha hecho una valoración de las repercusiones para la empresa en un futuro.*

La empresa acuícola presenta una estructura compleja debido a la diversidad de disciplinas que la componen, el medio físico en el que necesita ubicarse, la competencia con otras actividades, las actualizaciones continuas en la normativa, los requerimientos administrativos, etc. que hacen que el empresario deba continuamente optimizar los procesos empresariales, de producción y comercialización de sus productos; además de resolver los requerimientos exigidos por las Administraciones Públicas e intentar dar soluciones a las nuevas necesidades técnicas para alcanzar un mayor desarrollo, rentabilidad y competitividad en el sector.

En este sentido, el desarrollo del Plan se considera que tendrá una repercusión positiva para la empresa acuícola por ponerle a disposición conocimiento para el desarrollo de sistemas AMTI

Esquemas sistemas AMTI propuestos en base a los resultados obtenidos:



## 2.5. CONCLUSIONES/APLICABILIDAD DE LOS RESULTADOS DEL PLAN

Es cierto que la consecución de los objetivos específicos determina la consecución del objetivo general que se propuso de: *“Evaluar la aplicación de sistemas de cultivos integrados multitróficos en acuicultura en España”*. Y si bien, se ha evaluado la aplicación considerando especies, sistemas de cultivo, cuestiones para la empresa, etc., es importante tener en cuenta no sólo los aspectos técnicos, biológicos, ambientales, y económicos para el desarrollo de los sistemas AMTI en España. Hay otras tres cuestiones determinantes para su desarrollo y que están interrelacionadas: el interés empresarial, el marco normativo que le afecta, y los consumidores.

Es necesario analizar si para el desarrollo de los sistemas AMTI a escala comercial existe la regulación apropiada y un marco de políticas nacionales o europeas que lo apoyen. De este modo podremos estudiar realmente la utilidad de este Plan para el sector empresarial acuícola. Por ello se ha hecho un repaso de la normativa autonómica actual de cada CCAA que ha participado en el Plan; para ver las posibles interferencias para el desarrollo de los cultivos multitróficos.

Por otra parte, se ha analizado el contexto actual en el que se está pendiente de la aprobación del Reglamento definitivo del Fondo Europeo Marítimo y de Pesca (FEMP), que establecerá el marco de ayudas entre otras cuestiones para la acuicultura (2013-2020). Es importante conocer si se hace alusión a los cultivos multitróficos como modalidad de cultivos acuícolas reconocidos por el Reglamento y por tanto susceptible a ayudas económicas. Con su estudio se puede concluir que es de prever que los cultivos multitróficos serán considerados explícitamente en el próximo marco de ayudas como una tipología de acuicultura subvencionable debido a que se considera:

En lo relativo al interés empresarial, es cierto que si no existe interés empresarial en una cuestión determinada, posiblemente no habrá necesidad de establecer un marco de regulación de dicho aspecto. Sin embargo en el caso de los cultivos multitróficos, como hemos comentado, existe un marco normativo que aunque no lo define en las normas autonómicas, no lo excluye de desarrollo en las regiones litorales. Por otra parte, sí está definido como tipología de acuicultura susceptible de recibir ayudas en el FEMP; y considerado que cumple con las estrategias del enfoque ecosistémico, tan en auge.

Al catalogar los sistemas los sistemas de acuicultura, la acuicultura multitrófica la podemos definir como:

- La acuicultura multitrófica o acuicultura integrada se puede definir como la acuicultura que hace un mejor aprovechamiento de los recursos, retirando el posible exceso de materia orgánica generada en el cultivo acuícola principal mediante la incorporación de cultivos secundarios; proporcionando por tanto una mejora en el medioambiente, una diversificación de especies, y un beneficio económico añadido a la empresa.

Haciendo un repaso de lo que significa producción integrada en el ámbito agroalimentario los objetivos de la Producción Integrada serían: *“Desde el punto de vista técnico, la Producción Integrada consiste en la aplicación racional de las operaciones de cultivo y ganaderas basada en criterios de buenas prácticas agrarias, cuyo objetivo es conseguir una producción de alta calidad controlando todos los factores que intervienen en ésta; conservar y proteger el medio ambiente utilizando prácticas respetuosas con el entorno, tomando en cuenta la necesidad de mantener el equilibrio biológico y optimizando el uso*

*de los recursos naturales; asegurar el bienestar y la sanidad animal y, por último, lograr una mayor viabilidad económica de la explotación agraria, ya que se reducen los costes de producción.”*

Por lo que los cultivos multitróficos, sistemas AMTI o acuicultura integrada podemos catalogarlo como un sistema de producción integrada de alimentos. En base a lo expuesto se propone una estrategia que:

- Establezca un marco normativo de base igualitario a nivel nacional
- Promueva el interés empresarial
- Produzca una buena imagen de los productos cultivados a través del sistema AMTI.

### 1. Establezca un marco normativo de base igualitario a nivel nacional:

Al igual que existen sistemas de producción integrada en la ganadería y la agricultura, también se puede definir técnicamente la acuicultura de producción integrada. Haciendo una revisión de la normativa de producción integrada a nivel nacional existe el *Real Decreto 1201/2002 por el que se regula la Producción Integrada de productos agrícolas*. Este Real Decreto se ha transferido a las diferentes CCAA y en cada una de ellas existen ya normas específicas en la que se establecen los requisitos generales que deben cumplir las producciones integradas, su sistema de certificación y la marca de garantía que los identifican ante el consumidor

Por lo expuesto, sería interesante valorar la incorporación de los cultivos multitróficos, sistema AMTI o acuicultura integrada dentro de las normas que regulan la producción integrada, con un anexo o apartado específico que lo identifique e incluya, al igual que hay para la agricultura o la ganadería.

### 2. Promueva el interés empresarial:

Relacionado con lo anterior, es cierto que cualquier disposición reguladora puede ser menos eficaz que otros tipos de medidas para conseguir el resultado deseado. A veces puede ser difícil trasladar la implementación de cuestiones técnicas a una norma legal y es posible que se consiga de modo más eficaz por medio de directrices de cumplimiento voluntario, códigos de buenas prácticas, acogerse a certificaciones, etc...

Por ello, la opción que se considera más pertinente sería dejar un marco normativo en el que se defina la acuicultura integrada dentro de las normas de producción integrada; y por tanto, abrir la posibilidad de que los productores acuícolas, que realicen cultivos multitróficos, pudiesen acogerse a las marcas de certificación establecidas por cada CCAA en base a las normas de producción integrada.

### 3. Produzca una buena imagen de los productos cultivados a través del sistema AMTI.

Actualmente se están sucediendo numerosos cambios sociales, políticos, económicos, ambientales que están afectando directamente a las concepciones de consumo. Por lo que este planteamiento mejoraría posiblemente la imagen de los consumidores hacia algunos de los productos de la acuicultura. De hecho, los últimos estudios que están empezando a desarrollarse en cuanto a los cultivos multitróficos son estudios sociales y económicos, debido a que la parte científico-técnica ya está solventada. En este sentido el artículo *“Social aspects of sustainability of integrated multi-trophic aquaculture”*.

*Aquaculture International 2010. Barrington. Ridler. Chopin.* refleja a través de un estudio realizado de aceptación social e imagen de los productos de la acuicultura multitrófica que los consumidores reflexionaron que los AMTI podían ser considerados similares a los de reciclado y orgánico en tierra, que tenían un buen potencial para mitigar los efectos de las instalaciones acuícolas en el medio, etc... Por tanto establecieron que podía existir un nicho de mercado para estos productos.

## 2.5. VALORACIÓN

La valoración del Plan Nacional Jacumar de Acuicultura Integrada en términos generales es positiva habiendo sido satisfactorias tanto las labores de coordinación como las relaciones entre los grupos de trabajo. Asimismo se valora en mayor o menor medida positivamente:

- El desarrollo de las experiencias de cultivo.
- Las reuniones de coordinación con las CCAA participantes.
- Las visitas a las experiencias.
- El mantenimiento y actualización del portal [www.acuiculturaintegrada.com](http://www.acuiculturaintegrada.com)
- La difusión realizada.

## 2.6. DIFUSIÓN

La difusión del Plan Nacional Acuicultura Integrada se ha ido realizando a lo largo de los años del Plan mediante la participación en foros especializados y jornadas técnicas, la asistencia a los congresos XI, XII, y XIII Nacional de Acuicultura, el diseño, desarrollo y actualización continua de la web [www.acuiculturaintegrada.com](http://www.acuiculturaintegrada.com) donde están todas las actividades desarrolladas, así como información de difusión. Es destacable la publicación realizada a final del Plan por el grupo de trabajo de la CCAA de Galicia, y denominada ACUICULTURA MULTITRÓFICA INTEGRADA. Una alternativa sostenible de futuro para los cultivos marinos en Galicia.

Con respecto a la difusión para la transferencia al sector, y aunque las actividades del Plan han terminado por parte de todos los grupos en marzo de 2012, se harán actuaciones de transferencia a lo largo del año 2012. Se propone: Utilizar la web [www.acuiculturaintegrada.com](http://www.acuiculturaintegrada.com) como plataforma dinámica en la que plantear una serie de cuestiones al sector acuícola (empresa, investigación, administración) y consumidor sobre los sistemas AMTI para obtener información de interés de aquellos agentes que son fundamentales para el desarrollo de los sistemas AMTI en España, y que hemos identificado.

## 2.7. INCIDENCIAS DE DESARROLLO

La ejecución de las labores de coordinación, así como las actuaciones comunes planteadas a cada grupo de trabajo en relación con los objetivos genéricos marcados ha sido satisfactoria en su mayor parte, habiendo existido algunas incidencias típicas de la complejidad del proyecto. Las características de las incidencias han sido bien de carácter administrativo por retrasos en la obtención de permisos administrativos, dificultad en las contrataciones de medios humanos y materiales. Y de carácter técnico por la avería o rotura de equipos, mortalidades, etc.

## **INFORME FINAL EXTENSO**

### **1.- DATOS ADMINISTRATIVOS**

**TITULO: ACUICULTURA INTEGRADA: EXPERIENCIA PILOTO PARA EL  
DESARROLLO DE SISTEMAS DE CULTIVOS MULTITRÓFICOS (2007-2011)**

### **FECHAS DE REALIZACIÓN**

Inicio: 2007

Finalización: 2011

### **DATOS DEL COORDINADOR DEL PROYECTO**

Nombre y Apellidos: Daniel Acosta Camacho

Organismo/ Centro: Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía / Dirección General de Pesca y Acuicultura. Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente.

Departamento: Servicio de Ordenación de Recursos Pesqueros y Acuícolas

Teléfono: 955 032 294

Fax: 955 032 507

Correo electrónico: [daniel.acosta@juntadeandalucia.es](mailto:daniel.acosta@juntadeandalucia.es)

Dirección postal completa: Dirección postal completa: Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente Pesca. Dirección General de Pesca y Acuicultura. C/ Tabladilla, s/n. 41071. SEVILLA.



## **PARTICIPANTES por cada Comunidad Autónoma**

### **ANDALUCÍA**

#### **CENTROS DE INVESTIGACIÓN**

Tipo de centro: Público  
Nombre: Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente  
CIF: S 4111001F  
Nombre Representante Legal: Luis Planas Puchades

#### **DATOS DE LOS INVESTIGADORES**

Apellidos: Fernández Lora  
Nombre: Marina  
Organismo: Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía.  
Centro: Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía.  
Departamento: Recursos Pesqueros y Acuícolas  
Equipo: Unidad Técnica de Acuicultura  
Teléfono: 671563503  
Correo electrónico: marina.fernandez.lora@juntadeandalucia.es  
Dirección Postal: Plaza de la Constitución nº 3. CP 11007. Cádiz

Apellidos: Macías Rivero  
Nombre: José Carlos  
Organismo: Otros

Apellidos: Agraso Martínez  
Nombre: María del Mar  
Organismo: Otros

Apellidos: Mansilla Reyes  
Nombre: Óscar  
Organismo: Otros

Apellidos: Pereiro Buenaventura  
Nombre: Eva  
Organismo: Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía.  
Centro: Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía.

Apellidos: Ibáñez Yuste  
Nombre: Alejandro  
Organismo: Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía.  
Centro: Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía.



Apellidos: Álvarez  
Nombre: Pedro  
Organismo: Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía.  
Centro: Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía.

Apellidos: López Hernández  
Nombre: Carmen  
Organismo: Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía.  
Centro: Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía.

Apellidos: Segura Meléndez  
Nombre: María del Mar  
Organismo: Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía.  
Centro: Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía.

Apellidos: Iglesias  
Nombre: Santiago  
Organismo: Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía.  
Centro: Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía.

Apellidos: Gallé Cejudo  
Nombre: Jesús Pascual  
Organismo: Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía.  
Centro: Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía.

Apellidos: Ávila Zaragoza  
Nombre: Pablo  
Organismo: Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía.  
Centro: Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía.

## **BALEARES**

### **CENTROS DE INVESTIGACIÓN**

Tipo de centro: Centro Público I + D  
Nombre: Laboratorio de Investigacions Marines i Aqüicultura  
CIF: S-0711001-H  
Nombre Representante Legal: Miguel Ángel Calviño Julia

## DATOS DE LOS INVESTIGADORES

Apellidos: Valencia Cruz,  
Nombre: José M<sup>a</sup>  
Organismo: Conselleria d'Agricultura i Pesca  
Centro: Dirección General de Pesca  
Departamento: Servicio de Recursos Marinos  
Equipo: Laboratorio de Investigacions Marines i Aqüicultura  
Teléfono: 971672335 971176104, Fax.: 971674240 971176157  
Correo electrónico: jmvalencia@dgpesca.caib.es eacui@retemail.es  
Dirección postal: Avda Ing. G. Roca, 69. 07158 Port d'Andratx. Illes Balears

Apellidos: Massutí Pascual  
Nombre: Enrique  
Organismo: Conselleria d'Agricultura i Pesca  
Centro: Dirección General de Pesca

Apellidos: Grau Jofre  
Nombre: Amalia  
Organismo: Conselleria d'Agricultura i Pesca  
Centro: Dirección General de Pesca

Apellidos: Durán Chica  
Nombre: Juana  
Organismo: Otros

## CANARIAS

### CENTROS DE INVESTIGACIÓN

Tipo de centro: Centro público de I+D  
Nombre: Instituto Canario de Ciencias Marinas  
CIF: S3511001D  
Nombre Representante Legal: Octavio Llinás González

## DATOS DE LOS INVESTIGADORES

Apellidos: González Henríquez  
Nombre: M<sup>a</sup> Nieves  
Organismo: Dirección General de Universidades e Investigación  
Centro: Instituto Canario de Ciencias Marinas  
Departamento: Grupo de Investigación del Bentos

Apellidos: Hernández Brito  
Nombre: José Joaquín  
Organismo: Dirección General de Universidades e Investigación  
Centro: Instituto Canario de Ciencias Marinas  
Departamento: Grupo de Investigación del Bentos

Apellidos: Viera Rodríguez  
Nombre: M<sup>a</sup> Ascensión  
Organismo: Dirección General de Universidades e Investigación  
Centro: Instituto Canario de Ciencias Marinas  
Departamento: Grupo de Investigación del Bentos

Apellidos: Rey Méndez  
Nombre: Manuel  
Organismo: Dirección General de Universidades e Investigación  
Centro: Instituto Canario de Ciencias Marinas  
Departamento: Grupo de Investigación del Bentos

Apellidos: Collado  
Nombre: Cayetano  
Organismo: Universidad Las Palmas de Gran Canaria  
Centro: Edificio Ciencias Básicas, Campus Universitario Tafira  
Departamento: Química

Apellidos: Fernández Palacios  
Nombre: Hipólito  
Organismo: Dirección General de Universidades e Investigación  
Centro: Instituto Canario de Ciencias Marinas  
Departamento: Grupo de Investigación de Acuicultura

Apellidos: Fernández Palacios  
Nombre: Hipólito  
Organismo: Dirección General de Universidades e Investigación  
Centro: Instituto Canario de Ciencias Marinas  
Departamento: Grupo de Investigación de Acuicultura

Apellidos: Courtois de Vicose  
Nombre: Gercende  
Organismo: Dirección General de Universidades e Investigación  
Centro: Instituto Canario de Ciencias Marinas  
Departamento: Grupo de Investigación de Acuicultura

Apellidos: Roo Filgueira  
Nombre: Francisco Javier  
Organismo: Dirección General de Universidades e Investigación  
Centro: Instituto Canario de Ciencias Marinas  
Departamento: Grupo de Investigación de Acuicultura

Apellidos: Viera Toledo  
Nombre: María del Pino  
Organismo: Dirección General de Universidades e Investigación  
Centro: Instituto Canario de Ciencias Marinas  
Departamento: Grupo de Investigación de Acuicultura

## CATALUÑA

### CENTROS DE INVESTIGACIÓN

Tipo de centro: I + D  
Nombre: Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries (IRTA)  
CIF: Q-5855049-B  
Nombre Representante Legal: Agustí Fonts Cabestany

### DATOS DE LOS INVESTIGADORES

Apellidos: Estévez García,  
Nombre: Alicia  
Organismo: IRTA  
Centro: Centro de Sant Carles de la Ràpita  
Departamento: UCE  
Teléfono: 977745427, Fax.: 977744138  
Correo electrónico: alicia.estevez@irta.es  
Dirección postal: Ctra Poble Nou Km 6, San Carlos de la Ràpita, 43540  
Tarragona

Apellidos: Fernández Tejedor  
Nombre: Margarita  
Organismo: IRTA  
Centro: Centro de Sant Carles de la Ràpita

Apellidos: Gairin Deulofeu  
Nombre: Ignasi  
Organismo: IRTA  
Centro: Centro de Sant Carles de la Ràpita

Apellidos: Carbó Bacaicoa  
Nombre: Ricard  
Organismo: IRTA  
Centro: Centro de Sant Carles de la Ràpita

## **GALICIA**

### **CENTROS DE INVESTIGACIÓN**

Tipo de centro: Público  
Nombre: Xunta de Galicia. Dra. Xeral de Desenvolvemento Pesqueiro  
CIF: S-1511001-H  
Nombre Representante Legal: Susana Rodríguez Carballo

### **DATOS DE LOS INVESTIGADORES**

Apellidos: Guerrero Valero  
Nombre: Salvador  
Organismo: Consellería de Pesca e Asuntos Marítimos  
Centro: CIMA (Centro de Investigacions Mariñas)  
Teléfono: 986 500161, Fax.: 986 506788  
Correo electrónico: salvadorg@cimacoron.org  
Dirección postal: Piedras de Coron, Apartado 13; 36620 VILANOVA DE AROUSA (Pontevedra)

Apellidos: Cremades Ugarte  
Nombre: Javier  
Organismo: Universidad A Coruña

Apellidos: Barbara Criado  
Nombre: Ignacio Manuel  
Organismo: Universidad A Coruña

Apellidos: Freire Gago  
Nombre: Óscar  
Organismo: Universidad A Coruña

Apellidos: Baamonde López  
Nombre: Sergio  
Organismo: Universidad A Coruña

## **MURCIA**

### **CENTROS DE INVESTIGACIÓN**

Tipo de centro: Público  
Nombre: Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Comunidad Autónoma Región de Murcia.

### **DATOS DE LOS INVESTIGADORES**

Apellidos: Aguado Jiménez.  
Nombre: Felipe

Organismo: Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Comunidad Autónoma Región de Murcia.

Centro: Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA)

Departamento: Producción Animal.

Equipo: Acuicultura Marina.

Teléfono (prefijo, número, extensión): 968 184518 Ext. 16

Telefax: 968 184518

Correo electrónico: felipe.aguado@carm.es

Dirección postal completa: Las Salinas 7. Apdo. 65. San Pedro del Pinatar, 30740, Murcia.

Apellidos: García García

Nombre: Benjamín

Organismo: Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Comunidad Autónoma Región de Murcia.

Centro: Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA)

Apellidos: Cerezo Valverde

Nombre: Jesús

Organismo: Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Comunidad Autónoma Región de Murcia.

Centro: Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA)

Apellidos: Hernández Llorente

Nombre: M<sup>a</sup> Dolores

Organismo: Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Comunidad Autónoma Región de Murcia.

Centro: Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA)

Apellidos: Piedecausa Narejo

Nombre: M<sup>a</sup> Asunción

Organismo: Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Comunidad Autónoma Región de Murcia.

Centro: Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA)

## 2.- RESULTADOS TECNICOS DEL PLAN NACIONAL

### 2.1. OBJETIVOS INICIALES

- Objetivo general: Evaluar la aplicación de sistemas de cultivos integrados multitróficos en acuicultura en España.
- Objetivos específicos:

Evaluar la efectividad de los sistemas de cultivos multitróficos desarrollados en jaulas en mar abierto y en instalaciones de cultivo en tierra.

Probar la eficacia de este tipo de cultivos sobre la calidad de la columna de agua en zonas de cultivo.

Evaluar la mejora de la competitividad y/o rentabilidad de este tipo de cultivos sobre la actividad normal de la empresa.

Analizar las repercusiones negativas o positivas para la producción, o para las instalaciones.

Identificar las especies (y sistemas) más interesantes según las zonas de cultivo (en tierra, y en mar).

### 2.2. OBJETIVOS REALIZADOS

El objetivo general, de evaluar la aplicación de sistemas de cultivos integrados multitróficos en acuicultura en España, se han cumplido mediante la puesta en marcha de diferentes experiencias piloto de cultivos multitróficos o sistemas de Acuicultura Multitrófica Integrada (AMTI) en todas las CCAA participantes (Andalucía, Baleares, Canarias, Cataluña, Galicia y Murcia).

CCAA	Tipo de experiencia	CENTROS PARTICIPANTES
GALICIA	Tierra Y Mar	CIMA (Centro de Investigacions Mariñas) Universidad de la Coruña
CANARIAS	Tierra Y Mar	ICCM. Instituto Canario de Ciencias Marinas GIA. Grupo de Investigación en Acuicultura GIB. Grupo de Investigación en Bentos.
MURCIA	En mar	IMIDA. Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA)
BALEARES	En mar	Laboratorio de Investigacions Marines i Aqüicultura
CATALUÑA	En tierra	Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries (IRTA)
ANDALUCIA	Tierra Y Mar	Dirección General de Pesca y Acuicultura. Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía

Concretamente, los objetivos específicos se han cumplido, en mayor o menor medida, en función de los experimentos que se han ido desarrollando a lo largo de estos años de Plan. De este modo, algunas de las experiencias han podido verificar el cumplimiento de todos los objetivos propuestos y otras solo algunos de ellos.

Repasando los objetivos específicos podríamos enumerarlos como:

- Obj. Específico técnico: Evaluar la efectividad de los sistemas de cultivos multitróficos desarrollados en jaulas en mar abierto y en instalaciones de cultivo en tierra.

Para la consecución de este objetivo se han puesto en marcha diferentes experiencias de cultivo tanto en tierra como en mar, y se ha realizado un análisis de los sistemas de cultivo empleados. De este modo, se han podido obtener resultados de los sistemas AMTI más adecuados en función de la tipología de acuicultura desarrollada (tierra, mar, marismas).

- Obj. Específico ambiental: Probar la eficacia de este tipo de cultivos sobre la calidad de la columna de agua en zonas de cultivo.

Para la consecución de este objetivo se han estudiado y caracterizado los efluentes de las instalaciones de cultivo, y se han comparado con las aguas tras su utilización por sistemas AMTI. Se han estudiado isótopos para determinar la incorporación de los nutrientes (sólidos y disueltos) a los diferentes niveles tróficos. Asimismo, se han desarrollado cultivos experimentales que de manera indirecta muestran, a través del crecimiento biológico de las especies filtradoras, sedimentívoras, retiradoras de fosfatos y nitratos, que se está actuando en la columna de agua.

- Obj. Específico económico: Evaluar la mejora de la competitividad y/o rentabilidad de este tipo de cultivos sobre la actividad normal de la empresa.

Para la consecución de este objetivo se han valorado cuáles tendrían que ser las cuestiones a tener en cuenta para que los sistemas AMTI proporcionasen una mejora en la rentabilidad (diseño, dimensionamiento, plan de producción, estrategia de comercialización, etc...).

- Obj. Específico empresarial: Analizar las repercusiones negativas o positivas para la producción, o para las instalaciones.

Para la consecución de este objetivo se han analizado aspectos a tener en cuenta por la empresa, en su actividad normal de acuicultura convencional, en función del tipo de sistema AMTI; y que puedan concluir si este tipo de sistemas integrados son beneficiosos para las empresas, desde el punto de vista económico, ambiental y en otros aspectos que no se consideren inicialmente pero que resulten de la propia actividad.

- Obj. Específico biológico: Identificar las especies y sistemas más interesantes según las zonas de cultivo (en tierra, y en mar).

Para la consecución de este objetivo se ha experimentado con numerosas especies de diferentes grupos tróficos, las posibles combinaciones, y los sistemas de cultivo adecuados para su supervivencia y crecimiento, en función de las diferentes regiones participantes en el Plan. De este modo, cada CCAA ha seleccionado cuáles serían los sistemas más apropiados a sus características y a las especies más interesantes.

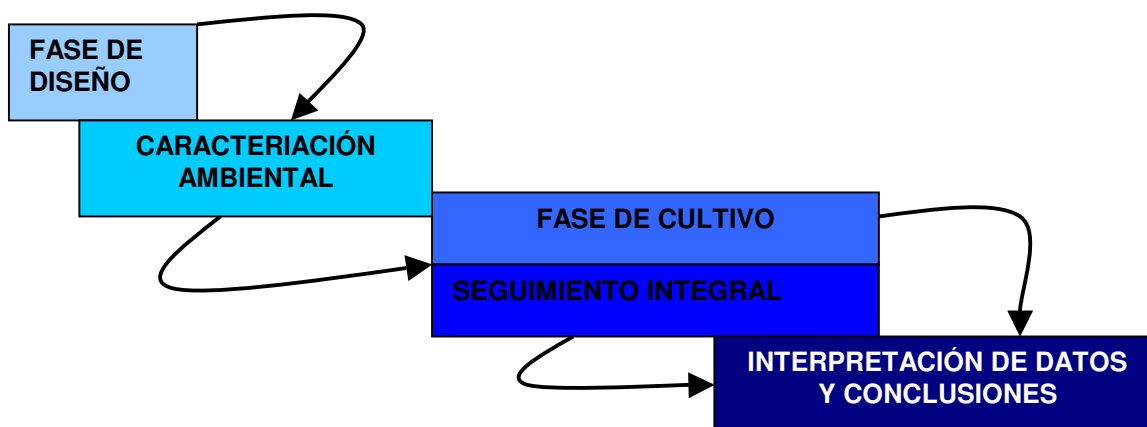


## 2.3. METODOLOGÍA

El fundamento último de los sistemas AMTI es el de hacer un mejor aprovechamiento de los recursos, retirando el posible exceso de materia orgánica generada en el cultivo acuícola principal mediante la incorporación de cultivos secundarios; proporcionando por tanto una mejora en el medio adyacente, una diversificación de especies, y un beneficio económico añadido a la empresa.

Pero para la implantación de los AMTI, entre otras cuestiones, lo primero es evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de estos sistemas en España. Para ello se han ejecutado diferentes experiencias a las que se les ha realizado un seguimiento integral con el que determinar los aspectos necesarios para el desarrollo de los AMTI a nivel nacional como medida de mejora en la competitividad de las empresas acuícolas.

La metodología seguida se ha planteado con el siguiente esquema de trabajo para todas las CCAA participantes:



Las actuaciones en todas las CCAA han seguido la siguiente estructura, sin perjuicio de que cada grupo participante, en función de las actividades proyectadas, haya adaptado dicha estructura a sus necesidades:

### **ACTUACION 1: Diseño y planificación de la experiencia. Caracterización Ambiental del entorno natural.**

Dada la complejidad del proyecto, teniendo en cuenta que se preveía desarrollar experiencias en el ámbito terrestre y en el ámbito marítimo, y que existían diversas especies que podían ser cultivadas bajo este planteamiento, fue necesario realizar una primera fase de diseño y planificación de la experiencia. En esta fase, se analizó en el ámbito de la Comunidad Autónoma, las mejores posibilidades para llevar a cabo un cultivo integrado y para ello se estudiaron las técnicas de cultivo más comunes así como las especies disponibles. Los trabajos consistieron en:

- Diseño de la experiencia de cultivo

El esquema de la experiencia, en términos generales, un cultivo principal de peces, cuyo efluente o flujo pasa por un cultivo complementario de moluscos, cuyo efluente o flujo podría pasar por un cultivo de macroalgas. A partir de aquí, cada grupo participante en el proyecto, identificó la mejor opción para el sistema de cultivo integrado, teniendo en cuenta:

1. La localización geográfica de las instalaciones.
2. Características del sector en la zona geográfica.
3. Las especies más comunes en las zonas de cultivo.
4. La disponibilidad de instalaciones, equipamiento y equipo humano.

Por tanto, en esta fase principalmente se identificaron las empresas o instalaciones donde desarrollar las experiencias, planear el cultivo según los medios de empresas o instalaciones, analizar las diferentes opciones, etc.

Uno de los aspectos más importantes en esta fase fue la identificación de macroalgas susceptibles o interesantes para su cultivo en zonas mediterráneas, para lo cual era importante hacer un pequeño análisis previo de viabilidad.

- Diseño y planificación del seguimiento previsto respecto a:

Una vez identificada la mejor opción para el desarrollo de las experiencias en cada CCAA, fue necesario diseñar el seguimiento científico- técnico a llevarse a cabo para la obtención de datos que permitiesen interpretar los resultados obtenidos. Los trabajos se realizaron en dos bloques:

- Seguimiento científico- técnico de la experiencia de cultivo integrado referido a la obtención de datos biológicos sobre las especies cultivadas a través de un programa de muestreos periódicos donde se midan las diferentes variables o parámetros de crecimiento (biometrías, índices de condición, etc).
- Seguimiento ambiental, referido la obtención de datos sobre parámetros físico-químicos del medio natural donde se realiza el cultivo a través de un programa de muestreos periódicos donde se midan los diferentes parámetros indicadores (sedimentos, calidad de aguas, bentos, granulometría, etc).

- Caracterización ambiental del emplazamiento de cultivo.

Para la correcta ejecución del seguimiento ambiental, era imprescindible disponer de una serie de datos sobre el estado preoperacional del sistema, para lo cual, se realizaron caracterizaciones ambientales de la zona donde se desarrollaría las experiencias.

En esta fase, por tanto, fue necesario disponer de equipamiento oceanográfico de mediada, así como una importante cantidad de análisis y determinaciones físico-químicas. Los equipos de medida, su complejidad y por tanto su coste dependió de la zona de desarrollo de la experiencia, y por ello, en principio los costes relativos a este apartado en las instalaciones en tierra han sido menores que para instalaciones en mar abierto.

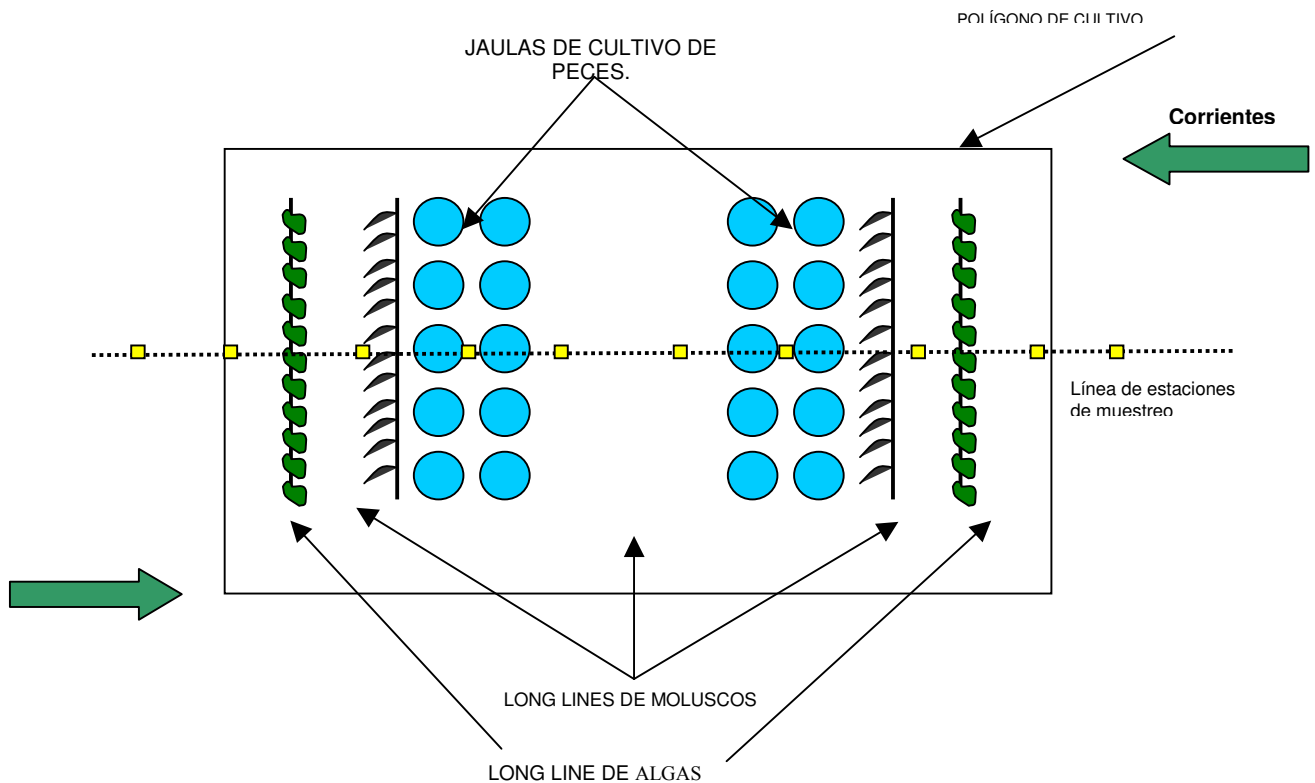
Entre la fase de diseño y planificación, y la fase de caracterización ambiental, necesariamente se seleccionaron las empresas productoras o instalaciones colaboradoras. Aunque en la memoria de aprobación del Plan los contactos estaban ya preestablecidos, fue en la fase de diseño cuando se concretaron dichos contactos y se plantearon los correspondientes convenios de colaboración, entre las empresas y el grupo de investigación específico.

## **ACTUACION 2: Puesta en marcha y desarrollo del sistema de cultivo integrado.**

Una vez diseñada la experiencia y planificado el seguimiento de ésta, se iniciaron los cultivos. La configuración final de cada una de las experiencias ha dependido en gran medida de esta primera fase, pero en términos generales se puede considerar los siguientes esquemas de trabajo.

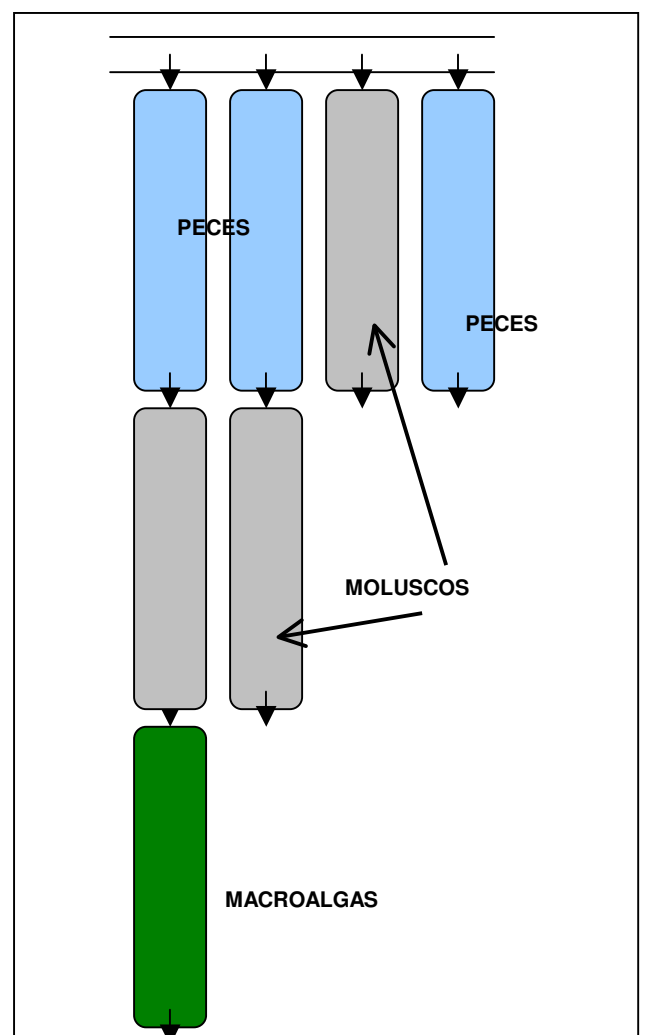
En **mar abierto**, los criterios generales fueron:

- Sobre una instalación de cultivo de peces en mar abierto, se dispuso algún sistema de cultivo de moluscos tipo long line o similar a una distancia determinada permitiendo que estos moluscos dispusieran de una cantidad de alimento extra procedente del cultivo principal.
- El tamaño del sistema long line, el número de cuerdas de cultivo y la densidad de carga se dimensionaron acorde a la experiencia piloto proyectada y a las propias características de la instalación seleccionada.
- En una zona externa a las jaulas de peces y al long line de moluscos, y en las zonas geográficas donde esto fue posible, se instaló un long line para macroalgas o similar.
- Tanto el sistema para cultivo de moluscos como el sistema para cultivo de macroalgas, estuvieron orientados en función de la dirección de la corriente.
- Las distancias entre cada uno de los sistemas de cultivo dependieron de las condiciones ambientales, las especies seleccionadas y el tipo de instalación.
- Fuera del ámbito del polígono de cultivo, a una distancia aproximada de unos 1000 metros se dispuso de algún sistema de cultivo para las especies complementarias (moluscos y/o algas), con el fin de establecer una estación control para referenciar los datos obtenidos de la experiencia.
- En el esquema abajo presentado se representan las dos opciones según la corriente dominante.



En **tierra**, los criterios generales serán:

- Sobre una instalación de tanques o estanques de cultivo de peces se dispusieron en modo de segundo uso del agua, otros tanques o estanques que contengan los moluscos y/o la macroalgas a cultivar.
- Al mismo tiempo, para las especies secundarias se usaron otros tanques o estanques donde se realizó el cultivo control, midiéndose los parámetros de crecimiento de las especies cultivadas por separado, así como los indicadores ambientales.
- La disposición de los tanques, estanques, canales ha dependido de la instalación seleccionada, pero se ha intentado que se mantenga el flujo en la disposición teórica de peces, moluscos y algas.
- Los tamaños de los tanques, estanques, canales y las cantidades de individuos sembrados ha dependido del tipo de



instalación. Ya que no se modificó el cultivo principal para que se adaptase a las especies secundarias, si no por el contrario los nuevos sistemas introducidos con las nuevas especies son las que se han adaptado a la conformación de la instalación y al plan de producción de la empresa. Por tanto, las empresas han estado a las cargas normales con el fin de que el agua utilizada contenga la carga normal de sustancias que potencialmente van a ser aprovechadas por filtradores, sedimentívoros y macroalgas.

- El cultivo de macroalgas ha estado condicionado a la identificación de alguna especie cuyo interés para cualquier tipo de uso motive su inicio de cultivo.

### **ACTUACION 3: Seguimiento de la experiencia de cultivo integrado.**

Una vez puesta en marcha las experiencias diseñadas en cada localización geográfica por cada grupo investigador, se puso en marcha el correspondiente seguimiento científico- técnico.

#### a. Seguimiento biológico

Ha consistido en el seguimiento biológico de las poblaciones en cultivo: peces, moluscos, equinodermos y macroalgas. Se ha realizado mediante muestreos con una periodicidad mensual, bimensual, trimestral dependiendo de las poblaciones y se han medido los principales índices biológicos para conocer el crecimiento y la viabilidad del cultivo.

#### b. Seguimiento ambiental

Ha consistido en un seguimiento de la calidad de agua y sedimentos en el entorno de cultivo para evaluar la efectividad de estos sistemas como mejora de la calidad ambiental. Se ha realizado mediante muestreos con una periodicidad determinada por cada grupo de trabajo y dependiendo de la experiencia. Se han medido los principales indicadores ambientales sobre el agua y sedimentos para conocer el estado ambiental del sistema.

#### c. Seguimiento socioeconómico

Ha consistido en hacer un seguimiento de los resultados obtenidos de manera que se pueda evaluar económicamente la aportación de estos sistemas de cultivo y la producción de especies complementarias. Este seguimiento ha sido realizado por algunos de los grupos y en función de los resultados y experiencias desarrolladas.

### **ACTUACIÓN 4: Interpretación de resultados, conclusiones y difusión los mismos.**

Una vez finalizadas las experiencias, y obtenidos todos los datos físico-químicos, biológicos y económicos, cada grupo de trabajo ha hecho una interpretación y ha elaborado unas conclusiones específicas para las especies, sistemas de cultivos y emplazamientos. A partir de estas conclusiones se podrán obtener unas líneas generales a extrapolar como resultados del Plan.

La difusión de los resultados que se han ido obteniendo a lo largo de estos años se ha ido realizando a través de los informes parciales de seguimiento anual, la participación en congresos, jornadas, foros especializados, etc...y fundamentalmente mediante la página web desarrollada específicamente para el Plan [www.acuiculturaintegrada.com](http://www.acuiculturaintegrada.com)

## 2.4. RESULTADOS

Cada CCAA en función de las experiencias desarrolladas ha obtenido unos resultados específicos dependiendo de la instalación acuícola colaboradora, ubicación geográfica, especies y sistemas de cultivo empleados. Toda esta información se detalla en los anexos específicos redactados por cada grupo de trabajo.

Sin embargo, es importante reflejar unos resultados generales que puedan divulgarse y que sean comunes, en mayor o menor medida, a todos los grupos de trabajo. Por tanto, mediante la ejecución del Plan Nacional Acuicultura Integrada se pueden englobar en función de los objetivos específicos que se definieron antes de su ejecución:

### **Resultado 1: Evaluación de la efectividad de los sistemas de cultivos multitrofos desarrollados en jaulas en mar abierto y en instalaciones de cultivo en tierra.**

*Este resultado es de carácter técnico/tecnológico, y se ha obtenido a partir del estudio de los sistemas de cultivo empleados en mar, en tierra y en marismas transformadas.*

#### ❖ Sistemas empleados en mar.

Los sistemas empleados en mar han consistido fundamentalmente en, a partir del polígono de jaulas asociarle diferentes sistemas como entramados o long-lines del que se disponían las estructuras de cultivo (cestas rígidas, cestas flexibles, cuerdas de mejillón, estructuras metálicas cuadrangulares, ostracs, etc..) para el cultivo de las especies complementarias al cultivo de peces (moluscos, macroalgas, equinodermos). Y por otra, generalmente para las zonas control se ha optado por fondear las estructuras de cultivo con un sistema de boyas y muertos.

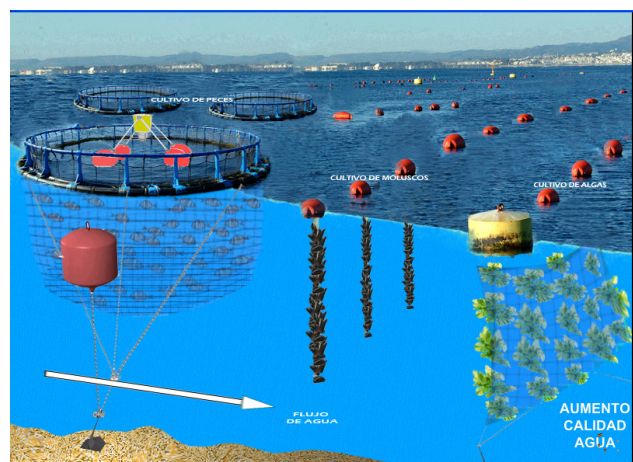
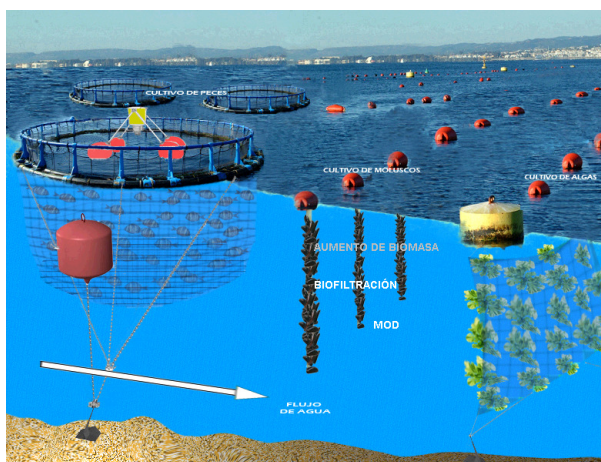
Analizando los sistemas empleados podemos exponer que cada uno de ellos ha funcionado mejor o peor en función de las inclemencias meteorológica, las especies objetivos y otras cuestiones, pero a rasgos generales los resultados obtenidos son:

- Sistema entramado: La instalación de las cestas (rígidas y flexible), estructuras metálicas y ostracs en el entramado de las jaulas puede ser una opción, ya que se ha constatado que no existe una interferencia en aspectos biológicos de las especies de cultivo. Sin embargo, por operatividad puede ser más recomendable otra de las opciones probadas; así como por independizar los sistemas de cultivo, de modo que aunque sean sistemas asociados, no dependa una estructura de otra.
- Sistema long-line: Se ha verificado la idoneidad de emplear sistemas longlines para el cultivo de moluscos en mar abierto y para algas en zonas más semicerradas de rías o bahías. Aunque, debido a las condiciones de corriente en el caso de mar abierto, se han sucedido algunas roturas de cabos. Por otra parte, con este sistema parece que afecta más el efecto del oleaje que en un sistema de cultivo en el fondo.
- Sistema control en long-line: Se ha verificado la idoneidad de emplear sistemas long-lines para el cultivo de moluscos en mar abierto, rías y zonas semicerradas.. Por otra parte, con este sistema parece que afecta más el efecto del oleaje que en un sistema de cultivo en el fondo.



- Sistema control en línea de fondeo: También se han probado en las estaciones control estructuras de cultivo basada en líneas de fondeo que mantienen las cestas, cajas, ostracs, etc... en profundidad, dando muy buenos resultados. Pero teniendo más dificultades de mantenimiento.
- Cestas rígidas, cestas flexibles, cuerdas de mejillón, cabos, estructuras metálicas, otros sistemas de confinamiento: A rasgos generales todos los sistemas han funcionado en mayor o menos medida, excepto los sistemas de confinamiento de las holoturias que han registrado fugas continuas y por tanto desaparición del cultivo. Y la utilización de estructuras tipo cajas metálicas para las algas que tampoco son los sistemas adecuados. Por lo demás, las cestas flexibles, cuerdas de mejillón, sistemas de cabos para las macroalgas, ostracs para el abalón han funcionado adecuadamente. Solo destacar que las cestas rígidas han funcionado bien para el cultivo de moluscos, aunque a lo mejor sería recomendable probar con cestas flexibles en zonas de mar abierto para que absorbiesen mejor las tensiones de las corrientes.
- Sistemas de colectores: Se han probado diferentes sistemas de colectores sacos de red con relleno de tubular de red, sombreros chinos, ostreras, cuerdas. El más práctico y económico ha sido el consistente en un saco de malla de red.

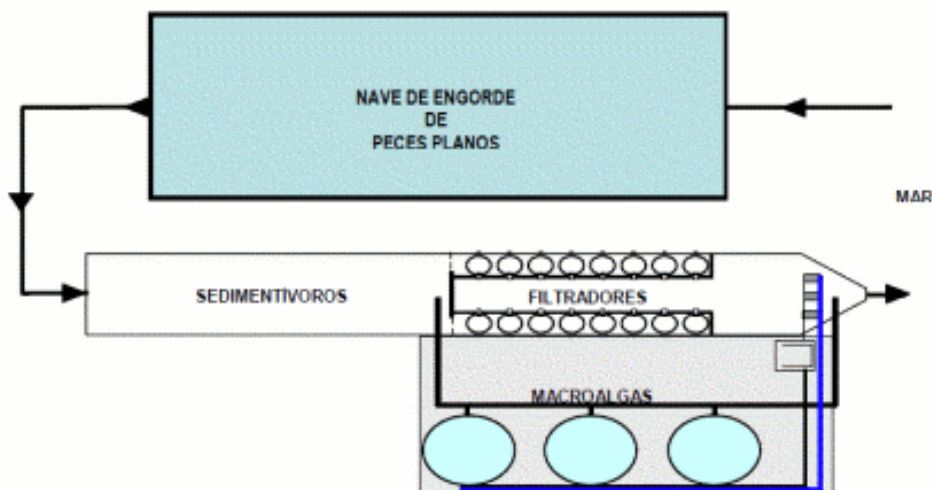
Por tanto los sistemas en mar más adecuado para la implantación de un sistema IMTA básico consiste en un entramado principal con jaulas de peces, y adyacentes a estos sistemas de long-lines de moluscos y macroalgas, orientados en función del eje de la dirección de la corriente predominante. Aún así, también pueden implantarse sistemas más complejos con la incorporación de equinodermos, holoturias, abalón, etc.. que deberán ser valorados por la empresa y que se comentarán más adelante en el resultado de mejora de la competitividad.



### ❖ Sistemas empleados en tierra.

Los sistemas empleados en tierra son aquellos en los que las experiencias se han desarrollado en instalaciones de acuicultura de algún centro de investigación o de alguna instalación acuícola situada en tierra firme con sistema de circulación de agua abierta o cerrada.

El fundamento básico consiste en la utilización de las aguas y lodos generados en el cultivo de peces para la cría de otras especies complementarias en la propia instalación. Y por tanto, el vertido del efluente al medio receptor con menor cantidad de nutrientes particulados y disueltos. Para ello, el esquema básico sería a partir de los tanques de cría de peces, recoger las aguas haciéndola pasar por un tanque de sedimentación en el que se mantuvieran en cultivo animales detritívoros (poliquetos, anémonas, holoturias) para posteriormente pasar el agua por otro sistema de animales filtradores (moluscos) y asociado a este sistema otro de cultivo de macroalgas. El esquema general es el que se muestra, y aunque puede haber diferentes conformaciones, ésta sería la adecuada para retirar por orden: sólidos en suspensión particulados, materia orgánica disuelta y particulada de menor fracción, materia inorgánica disuelta.



Considerando la dinámica de una planta de acuicultura convencional la complementación con este sistema no vería modificada la estructura original y principal de la instalación. Sin embargo, habría que tener en cuenta algunas consideraciones a la hora de realizar tratamientos normales de limpieza y profilaxis del cultivo de peces, como por ejemplo aislar los sistemas de macroalgas que son más susceptibles a los compuestos disueltos, considerar la necesidad de tener luces adecuadas o luz natural para la realización de la fotosíntesis y crecimiento de las macroalgas y fitoplancton que crece en el sistema por la materia orgánica presente y que beneficia también a los moluscos, etc..

Por tanto, y tras las experimentaciones el sistema de cultivo empleado permite mantener en perfectas condiciones y con unas cifras de crecimiento y supervivencia varias especies comerciales sustentadas únicamente con el efluente de la planta de cultivo de peces.



### ❖ Sistemas empleados en marismas transformadas.

Los sistemas empleados en marismas transformadas para el desarrollo de sistemas IMTA se han adaptado a las empresas colaboradoras donde se han realizado las experiencias. Es importante comentar que las salinas y marismas transformadas donde se realizan cultivos acuícolas en la región suratlántica tienen una conformación determinada, que está condicionada por la hidrodinámica que debe seguir el agua para llenar las naves de cultivo, y la renovación eficiente de éstas a través de los recambios de marea.

A rasgos generales las instalaciones en marismas transformadas tiene una compuerta de entrada de agua ayudada con un sistema de bombeo que vierte el agua a unas zonas de reservorio. A partir de ahí, el agua se pasa a través de los diferentes canales de entrada a las naves de cultivo donde están los peces. Posteriormente el agua de cultivo de los peces pasa al canal de salida donde a lo largo del canal de salida los sólidos en suspensión van decantando hasta que sale el agua por la compuerta de salida (hay algunas instalaciones que tiene naces específicas para la decantación de sólidos en suspensión). Toda la hidrodinámica de la instalación depende de los flujos de marea y el sistema de bombeo que se tenga, así como del manejo de los diferentes largaderos y compuertas (el agua sale de la instalación por gravedad).

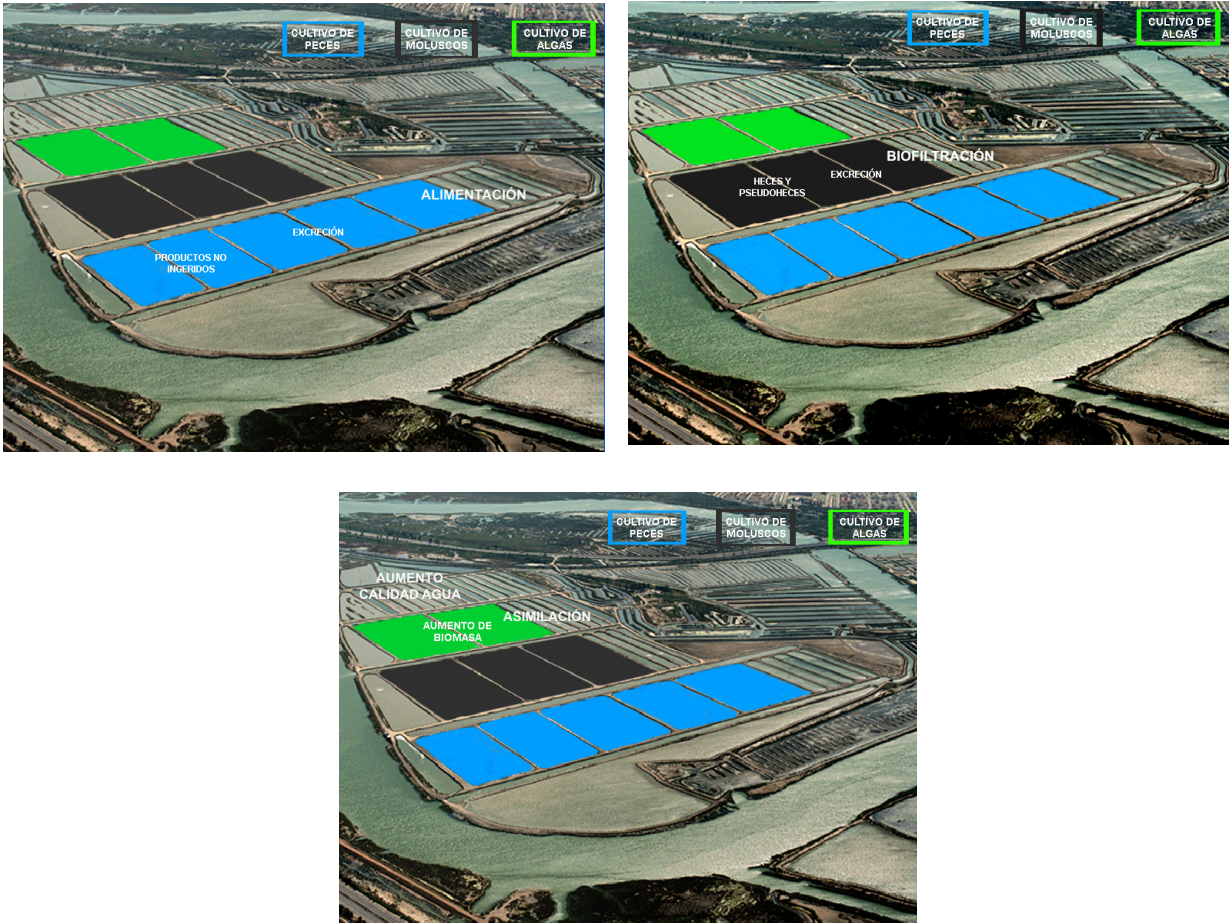
En base a esta conformación general, la marisma se convierte en sí misma en el sistema físico de cultivo, siendo un sistema con una proliferación de vida muy importante por la cantidad de materia orgánica que hay presente. Por tanto, lo interesante es encontrar cuáles pueden ser las ubicaciones dentro de ésta de especies complementarias al cultivo principal y que puedan proporcionar un beneficio económico y ambiental. Por ello, los experimentos se han basado en el cultivo asociado de moluscos, detritívoros y algas debido a que las marismas tienen un flujo continuo de agua y gran proliferación materia orgánica e inorgánica. Se han probado sistemas de cultivos para los moluscos sobre fondo directo o bien mediante sistemas suspendidos por flotación y la utilización de cestillas flexibles, habiéndose conseguido mejores resultados con este sistema de cultivo.

Aunque se haya evaluado que es efectivo el sistema de cultivo en zona de marismas y salinas para las especies cultivadas, se ha constatado la importancia de realizar unas labores previas y durante el cultivo, a razón de:

- Secado de las naves y limpieza de los fondos de éstas antes de volver a llenar las naves y sembrar. Esta actuación se realiza para poder eliminar de los fondos organismos que pudiesen condicionar la evolución del cultivo.
- Preparación de las compuertas de entrada y salida con marcos de red para evitar la entrada de depredadores.
- Llenado de las naves, y recambios de aguas en éstas para que se normalicen las variables ambientales; y por otra parte se hayan fertilizado las aguas por los procesos biológicos y fotosintéticos.
- Durante el cultivo es importante conferir las renovaciones adecuadas a las naves para que exista un flujo de agua que aporte alimento a los moluscos, como especie filtradora.
- Hay que considerar los parámetros limitantes como pueden ser flujo de agua, OD, Tª, pH, de manera que se mantengan las buenas condiciones de cultivo.
- Considerar hacer algunas mejoras en el manejo de la instalación, que sin modificar o perjudicar el cultivo principal, pueda proporcionar una mejora de

operatividad en el cultivo secundario, como podría ser la maniobra de limpieza de compuertas.

Un ejemplo de conformación puede ser el expuesto en uno de las experimentaciones, pero como se ha comentado existe un caso concreto para cada instalación en marisma.



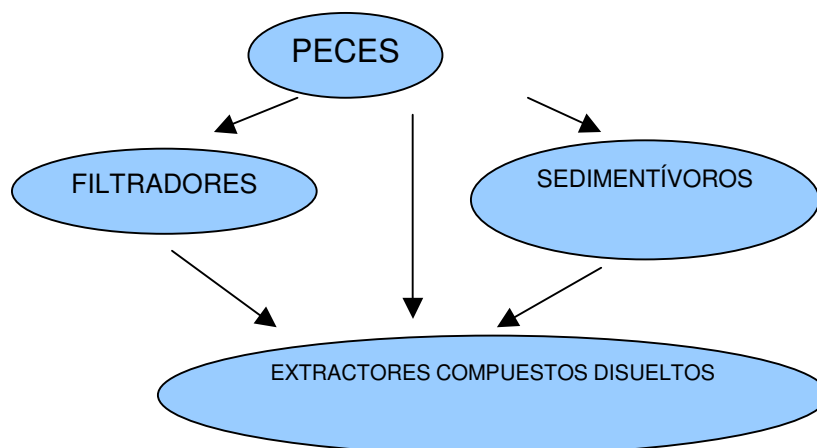
Tras todo lo expuesto, los sistemas empleados son adecuados para el desarrollo de sistemas IMTA, y la elección de uno u otro tiene que venir determinado por otras variables como la ubicación y características de la instalación de cultivo, parámetros ambientales de corrientes y oleaje, volúmenes de producción, las especies de cultivo seleccionadas, etc...

## Resultado 2: Identificación de las especies (y sistemas) más interesantes según las zonas de cultivo (en tierra, y en mar).

*Este resultado es de carácter biológico, y se ha obtenido a partir de las experimentaciones que se han hecho de cultivando numerosas especies de diferentes niveles tróficos.*

Se han identificado numerosas especies que pueden ser susceptibles de incorporar a los sistemas IMTA por su capacidad de extracción de nutrientes, demanda en los mercados, y conocimiento de su ciclo de vida y por tanto parámetros de cultivo. A lo largo de los años de trabajo del Plan, las CCAA han trabajado también en la búsqueda de especies interesantes para los sistemas IMTA, estando reflejado en las experimentaciones específicas en los anexos. Por lo que en la exposición de los resultados se detallarán principalmente grupos de especies probados, combinaciones interesantes y curiosidades más destacadas.

En cuanto a las especies probadas, es bien sabido que el fundamento de la acuicultura integrada consiste en la utilización de los “desechos” de un grupo como fuente de energía para otros de nivel trófico inferior. Un esquema muy general y simplista de las relaciones de flujo de energía en un solo sentido sería:



Por tanto, lo interesante para obtener un sistema IMTA eficiente biológicamente será el tener un diseño con especies de estos cuatro grupos (peces, filtradores, sedimentívoros, extractores de compuestos disueltos orgánicos e inorgánicos). Aún así, también se pueden incorporar otras especies de dichos grupos, como erizo, abalón, larvas de pulpo, que no retirando materia orgánica o inorgánica del medio de cultivo se puedan criar porque se alimenten de la biomasa que se genere a través del propio sistema IMTA.

Concretando, las especies de cultivo identificadas han sido:

**PECES:** Las propias de las instalaciones de acuicultura donde se han desarrollado las experimentaciones. Dorada, lubina, corvina, peces planos, etc..

**FILTRADORES:** Moluscos como mejillón, ostión, ostra, almejas, zamburiña.

**SEDIMENTÍVOROS:** Equinodermo como la holoturia, cnidario como la anémona, numerosos poliquetos.

EXTRACTORES COMPUESTOS DISUELTOS: macroalgas verdes, rojas y pardas.

ESPECIES COMPLEMENTARIAS: Equinodermo como el erizo, molusco como el abalón y pulpo.

Algunas consideraciones generales extraídas de los anexos han sido:

- Grupo peces: Los peces de las instalaciones donde se han realizado las experimentaciones no se han visto sometido a ningún estrés añadido por la presencia de los cultivos complementarios.
- Grupo filtradores (moluscos):
  - Los moluscos bivalvos en cultivo integrado con peces tienden a utilizar preferentemente el seston natural, principalmente fitoplancton, cuando éste es abundante, y los residuos particulados (heces y/o pienso) cuando la disponibilidad de fitoplancton es baja. El enriquecimiento en 15N en el cultivo integrado y su perfil de ácidos grasos (escasa influencia del pienso) sugieren que hacen mayoritariamente una utilización indirecta de los residuos derivados del cultivo a partir del fitoplancton que previamente ha incorporado parte de los residuos disueltos derivados del cultivo de peces.
  - Los crecimientos de mejillones, ostiones, zamburiñas y almejas han sido adecuados según forma y talla normal de cultivo tanto en los cultivos desarrollados en mar como en los desarrollados en marismas transformadas.
  - Los resultados obtenidos de preengorde de semilla de almeja fina y almeja japonesa en sistemas IMTA en instalaciones de cultivo en tierra fueron excelentes.
- Grupo sedimentívoros:
  - Los fondos altamente impactados por el cultivo de peces (elevados niveles de sulfuros tóxicos e hipoxia) no parecen apropiados para el cultivo de holoturias a pesar de su enriquecimiento orgánico, a la vista del comportamiento de huida continuado exhibido por éstas, incluso en condiciones controladas de laboratorio.
  - El efluente de los peces resultó beneficioso para el desarrollo de anémona, tanto por el incremento de su biomasa como del número de individuos, por lo que las posibilidades potenciales de cultivo son muy elevadas. Hay que destacar la importancia de la reproducción asexual es sin duda un factor muy importante de cara a una posible explotación de este recurso dentro de un marco sostenible.
  - Las especies ensayadas de poliquetos pueden alimentarse con fango sólido proveniente de piscifactorías. Por tanto, se concluye que el fango de las piscifactorías de peces planos contiene valor nutritivo y proteínico suficientes para la alimentación de poliquetos ensayados, observación que anteriormente ya fue señalada por Lupatsh et al. (2010).

- Grupo extractores compuestos disueltos (macroalgas):
  - El cultivo de las algas en suspensión en instalaciones en tierra también fue satisfactorio. Es por ello que de las algas ensayadas en el norte de España se selecciona del kombu de azúcar (*Saccharina latissima*) como especie de invierno (< 17 °C) y lechuga de mar (*Ulva* sp.) como especie de verano. Y en la región sur de España, las especies ensayadas, *Gracilaria cornea* y *Ulva rigida* con buenos resultados.
  - El cultivo de macroalgas (*Saccharina latissima*) en polígonos de peces en zonas semicerradas como las rías también ha sido satisfactorio, habiéndose constatado una mejor disposición para el cultivo en mosaico.
  - La experiencias de valoración de la influencia de las esporas y gametos de algas verdes en el crecimiento y supervivencia de semilla de moluscos bivalvos ha obtenido resultados positivos, viene a redundar en que la presencia de macroalgas es positiva para el crecimiento de la semilla de distintos bivalvos.
- Especies complementarias:
  - Con respecto a la evolución del plancton y nutrientes en el agua se han detectado variaciones importantes de las concentraciones de clorofila “a” debidas sin duda a la producción de blooms fitoplanctónicos en las distintas zonas de los sistemas en tierra a partir de los nutrientes disueltos.
  - Los erizos y abalón pueden criarse alimentándose de la biomasa de macroalgas generadas a partir de los efluentes del cultivo principal.
  - Se han obtenido buenos resultados de alimentar las paralarvas de pulpo por el fito enriquecido por los efluentes de los peces de la planta de cultivo.

Como quedan reflejados en los anexos de cada CCAA son muchas las especies estudiadas y numerosos los resultados obtenidos, y también diferentes, en función de la ubicación de las experiencias. Por ello, es más interesante leer cada experimento y los resultados concretos obtenidos para cada especie en función de las características de su cultivo.

Por último, podemos concluir con que son numerosas las especies que se pueden integrar en un sistema IMTA, que tienen un valor comercial y pueden ser atractivas para la empresa acuícola como medida de diversificación, y por tanto como mejora en la competitividad en los mercados, entre otros beneficios.



### **Resultado 3: Determinación de la eficacia de este tipo de cultivos sobre la calidad de la columna de agua en zonas de cultivo.**

*Este resultado es de carácter ambiental, y se ha obtenido a partir de las medidas de los efluentes en las instalaciones de cultivo, y su posterior medida tras la incorporación y funcionamiento de los sistemas IMTA. También se han realizado estudios de isótopos radiactivos para ver la presencia de C y N en los grupos tróficos que aprovechan los desechos de los peces.*

Son ya numerosos los estudios que determinan que la solución a la eutrofización no es la dilución sino la extracción y conversión a través de la diversificación de especies en las instalaciones de acuicultura.

En base a ello, y con los experimentos desarrollados los resultados obtenidos muestran que:

- Los grupos de filtradores, sedimentívoros y macroalgas incorporan tanto carbono como nitrógeno que proviene de las heces de los peces y/o del pienso suministrado a éstos.
- En algunos caso la incorporación no es directa, sino es indirecta a través del fitoplancton que se ha enriquecido a partir de la materia orgánica presente en las instalaciones. De hecho, el enriquecimiento en 15N en el cultivo integrado y su perfil de ácidos grasos sugieren que hacen mayoritariamente una utilización indirecta de los residuos derivados del cultivo a partir del fitoplancton que previamente ha incorporado parte de los residuos disueltos derivados del cultivo de peces.
- El hecho de que las especies complementarias estén aprovechando los recursos de desecho de los peces también se refleja de manera indirecta en los resultados de crecimiento o de incremento de biomasa de dichas especies, registrándose en la mayoría de los experimentos mejores rendimientos en las zonas afectadas que en las control.
- La mejora de la calidad del efluente se ha podido comprobar en las instalaciones en tierra por ser más “sencillo” su monitoreo.
- En instalaciones en mar ha sido difícil sacar conclusiones de mejora en la calidad del agua a través del estudio de los parámetros físico-químicos por la cantidad de focos de generación de materia orgánica que existen y no se han podido cuantificar ni estudiar relaciones. Por ello, el mejor indicativo ha sido el estudio de isótopos.
- Se demuestra que filtradores son un sistema eficiente de reducción de la carga de materia orgánica asociada a jaulas de acuicultura.
- No se aprecia mejora en la calidad del bentos mediante la introducción de especies detritívoras como la holoturia pero sí con poliquetos.
- La señal isotópica de C y N proviene principalmente de excedentes de piensos utilizados en la alimentación de jaulas, y de materia orgánica particulada, que contiene a su vez señal isotópica de estos excedentes.

- El contenido de 15N en algas, refleja un aumento en la zona influenciada por la presencia de las jaulas de cultivo, con valores cercanos al 50% más en el T final que en el T inicial. Estos resultados coinciden con diversos estudios realizados (Estudio y desarrollo de indicadores biológicos para evaluar el alcance espacial de vertidos procedentes de granjas marinas. Sanz, 2009. Tesis doctoral), dónde se analiza el alcance espacial de los vertidos orgánicos de las jaulas mediante el análisis del isótopo del nitrógeno.
- La capacidad de acumulación de este compuesto por las algas, hace que sean excelentes indicadores de la eutrofización de la zona.

#### **Resultado 4: Evaluación de la mejora de la competitividad y/o rentabilidad de este tipo de cultivos sobre la actividad normal de la empresa.**

*Este resultado es de carácter económico y se han estimado cuáles tendrían que ser las cuestiones a valorar para que los sistemas AMTI proporcionasen una mejora en la rentabilidad de la empresa.*

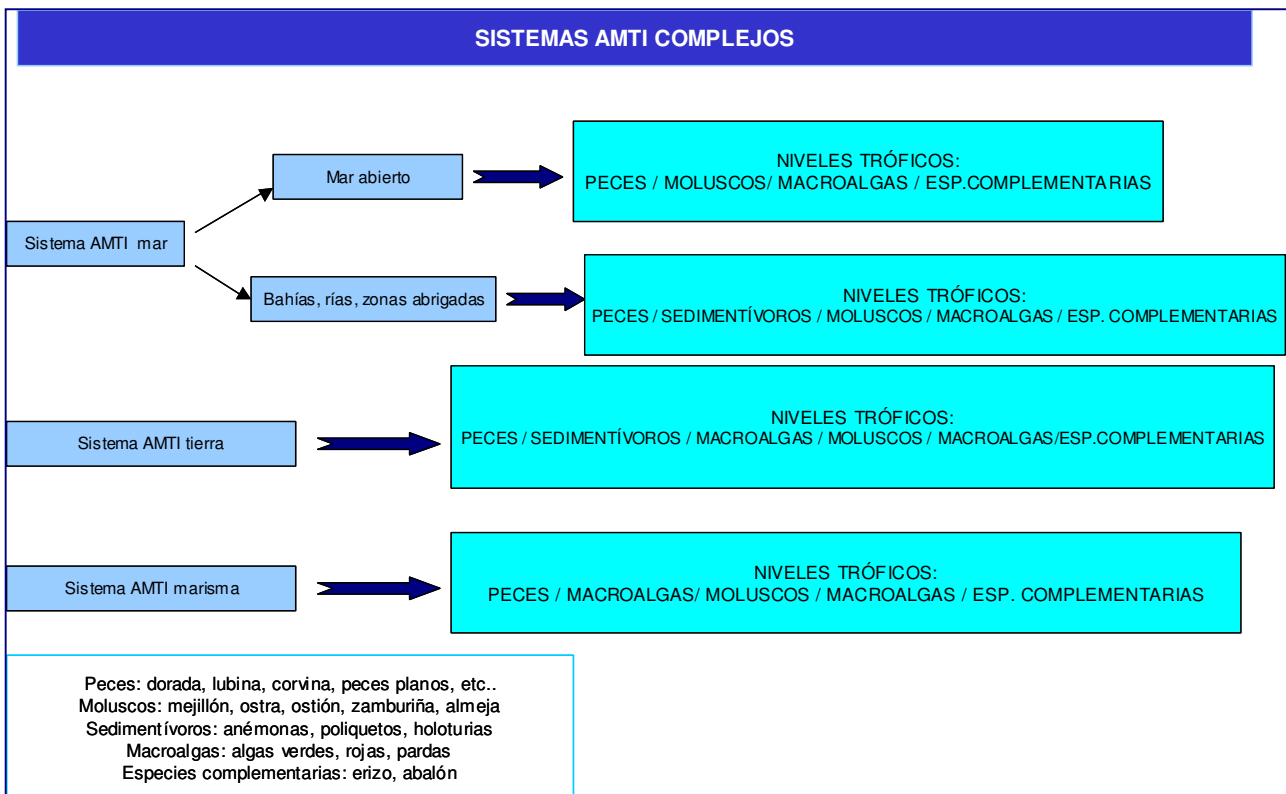
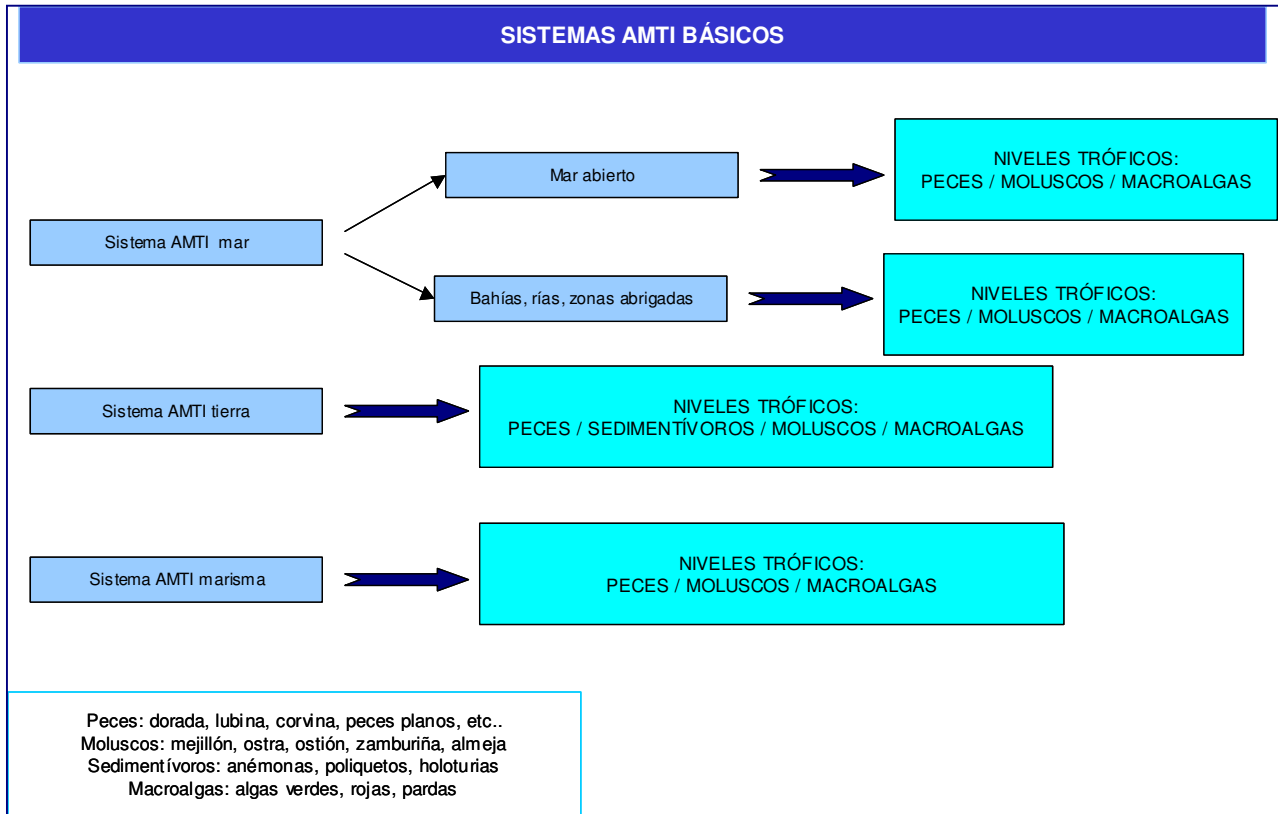
Para evaluar la mejora de la competitividad y/o rentabilidad de los sistemas AMTI en la empresa acuícola sería necesario una mayor escala temporal del Plan; ya que mediante las experiencias en estos años se han podido verificar los objetivos técnicos, biológicos y ambientales. Pero tener resultados en cuanto a la mejora del nivel competitivo que han supuesto estos experimentos a la empresa no se pueden obtener. Ello es debido a que las escalas de los experimentos, aunque en algunos casos se ha asemejado a nivel piloto, no han alcanzado el nivel productivo normalizado de una empresa real.

Sin embargo, si se han podido estudiar, en casos concretos, las cuestiones que la empresa tendría que considerar para que los sistemas AMTI pudiesen proporcionar ese valor añadido de mejora de competitividad y rentabilidad. A continuación se exponen cuestiones generales de interés:

#### Diseño

Lo primero que tendría que hacer una empresa que se dedique a la actividad acuícola convencional, y/o un nuevo promotor que quiera dedicarse a los cultivos marinos en sistemas IMTA es establecer los objetivos generales, y objetivos específicos que se pretenden alcanzar. Por ello, es importante concretar qué tipo de actividad se desempeñará, las oportunidades existentes en el sector, las necesidades futuras, los requisitos administrativos (de permisos y solicitudes) que deberán cumplirse, valorar los recursos personales y económicos; el conocimiento de las especies a cultivar, así como el diseño dependiendo de las corrientes, fondos, profundidades, etc de ubicación de la instalación.

Tras el estudio en el Plan de diferentes sistemas se pueden proponer una serie de sistemas y especies como modelos de diseño, en función de la ubicación de la empresa:





## Dimensionamiento

Una cuestión fundamental para que los sistemas AMTI hagan la función que tienen de aprovechamiento eficiente de los recursos permitiendo,

1. Mejorar la calidad del medio.
2. Cultivar especies complementarias a la principal.
3. Incrementar la rentabilidad de la empresa debido a la diversificación de especies y mejoras ambientales.

es que el sistema esté bien dimensionado. El dimensionamiento de la instalación es fundamental para la rentabilidad de la empresa ya que en función de él se determinará las producciones y por tanto los ingresos, las inversiones a realizar, los costes/gastos de mantenimiento, etc...

Para ello, será muy importante a partir del cultivo principal de peces y las densidades de cultivo que se tengan, estudiar la producción mínima necesaria que haga rentable el trabajo con los moluscos / macroalgas/ especies complementarias; ya que los cultivos complementarios van a tener los mayores costes de producción en el manejo. Asimismo al dimensionar bien el sistema será lo más eficiente posible en la utilización de recursos disponibles.

Para determinar las producciones mínimas de cada grupo trófico será importante conocer las relaciones y estudiar la capacidad de carga del sistema donde nos ubiquemos, mediante el estudio de los nutrientes presentes en el agua, los nutrientes aportados al medio por el cultivo de los peces (heces y alimento no consumido, que suele ser alrededor del 30% de la materia orgánica suministrada); así como las tasas de ingesta de los moluscos seleccionados, o la capacidad de incorporación de nitratos y fosfatos por parte de las macroalgas.

Aún así, las fórmulas para dimensionar una instalación deben basarse en diferentes variables; y existen diferentes posibilidades que deben estudiarse de manera exhaustiva mediante estudios de rentabilidad, de producciones mínimas que proporcionasen un beneficio real a la empresa acuícola.

## Plan de Producción

Teniendo el diseño y el dimensionamiento de la instalación acuícola AMTI habrá que establecer cuál va a ser el plan de producción para que se produzcan las mejores sinergias entre el cultivo de las diferentes especies. Por ello en función de los productos que se vayan a ofertar, la estacionalidad de estos, y las cargas anuales (densidad de cultivo y biomasa) que se tenga a lo largo del ciclo de cultivo principal de la instalación, habrá que incorporar las especies en los tiempos y fases biológicas adecuadas.

Por tanto, las cuestiones a considerar entre otras serán: Considerar la evolución en la instalación de la biomasa de peces para poder ir equilibrando las biomásas de las especies complementarias. Tener preparadas las cantidades de semillas de los moluscos en tallas y épocas adecuadas para su siembra y para su recolección, también en época y tallas adecuadas. Tener las plántulas de macroalgas en las épocas adecuadas para su mejor época de crecimiento en función de la especie, así como de otras especies complementarias.

Es importante que cada especie tenga un plan de producción específico pero interrelacionados entre sí para aprovechar al máximo las sinergias y poder detectar las competencias en recursos económicos y humanos antes de que aparezcan; de este modo se tendrá un sistema de cultivo acuícola IMTA.

### Estrategia de comercialización

Aunque aparezca como último apartado de estos resultados, es una cuestión fundamental tener definida la estrategia de comercialización, haber estudiado el mercado de los productos que se pretenden cultivar, competidores, la estacionalidad de la oferta y demanda, los precios, los márgenes, aceptación social, etc... antes de comenzar con la actividad empresarial.

Por otra parte, es fundamental que las especies secundarias tengan una demanda en el mercado, y que no solo actúen retirando materia orgánica particulada y disuelta del medio de cultivo. Y en el caso de que éstas no tuvieran una demanda para consumo humano que se le pueda dar algún uso no alimentario humano, como alimento de otra especie que también se esté cultivando (como por ejemplo alimentar erizos o abalón con macroalgas, o alimentar reproductores con poliquetos); o bien como uso cosmético, agrícola, ganadero, etc...

Tras contestar estas cuestiones, habrá de analizar de manera más profunda las expectativas y posibilidades reales de la iniciativa empresarial mediante la valoración de la viabilidad biológica, técnica, económica, comercial y ambiental de la actividad que se quiere desarrollar.

### **Resultado 5: Análisis de las repercusiones negativas o positivas para la producción, o para las instalaciones (empresas).**

*Este resultado es de carácter empresarial, y al igual que el anterior se ha hecho una valoración de las repercusiones para la empresa en un futuro.*

La empresa acuícola presenta una estructura compleja debido a la diversidad de disciplinas que la componen, el medio físico en el que necesita ubicarse, la competencia con otras actividades, las actualizaciones continuas en la normativa, los requerimientos administrativos, etc. que hacen que el empresario deba continuamente optimizar los procesos empresariales, de producción y comercialización de sus productos; además de resolver los requerimientos exigidos por las Administraciones Públicas e intentar dar soluciones a las nuevas necesidades técnicas para alcanzar un mayor desarrollo, rentabilidad y competitividad en el sector.

En este sentido, el desarrollo del Plan se considera que tendrá una repercusión positiva para la empresa acuícola por:

- Se ha mejorado el conocimiento de especies, sistemas de cultivo, relaciones tróficas y ambientales, etc...
- Se han desarrollado proyectos experimentales para las empresas dentro de los intereses de ésta y extrapolable al sector.

- Se han desarrollado experiencias in situ, habiendo motivado ya el interés de algunas de las empresas participantes en el desarrollo de cultivo multitróficos. Lo que beneficia al contagio del sector, en el momento de que existan empresas que empiecen a hacer algo diferente y consigan buenos resultados.

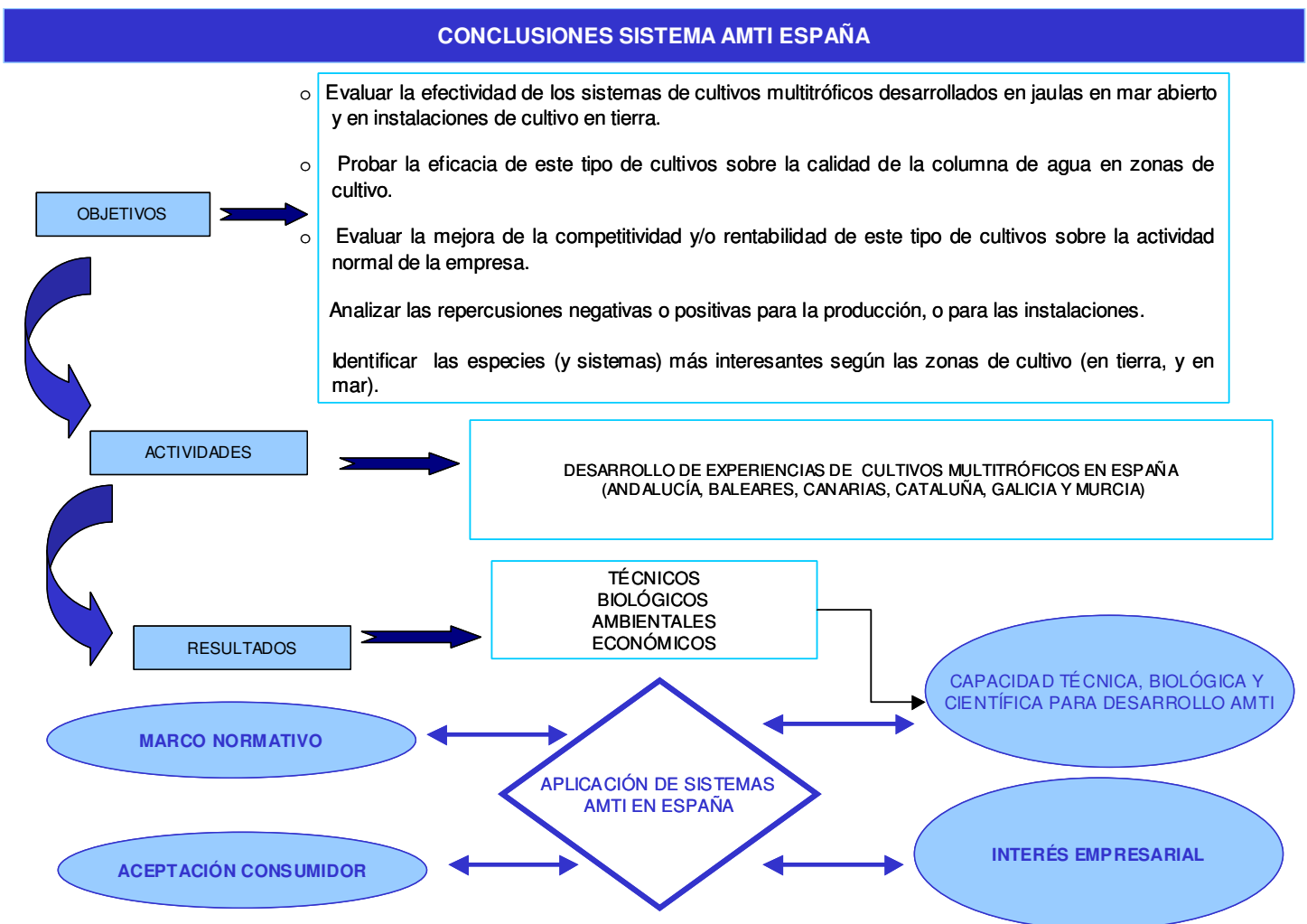
Por último, y según los resultados obtenidos, la integración y desarrollo de cultivos multitróficos en las empresas acuícolas puede proporcionar:

- Por una parte, una nueva fuente de ingreso por la diversificación de especies.
- Permite a la empresa entrar en nuevos mercados y desarrollar estrategias empresariales en función de las fluctuaciones de los precios de las especies que cultiva, sin depender exclusivamente de la oferta-demanda de una o dos especies de cultivo.
- Proporciona un beneficio ambiental a las aguas de cultivo (o por lo menos no negativo), y paralelamente podría añadirse un beneficio económico al disminuir la carga orgánica de las aguas de vertido, y por consiguiente las cuotas de canon de vertido.

## 2.5. CONCLUSIONES

A partir de los objetivos específicos que se determinaron antes de la ejecución del plan, y tras su consecución a través de las actividades desarrolladas, se han obtenido los resultados que anteriormente se han expuesto.

Es cierto que la consecución de los objetivos específicos determina la consecución del objetivo general que se propuso de: *“Evaluar la aplicación de sistemas de cultivos integrados multitróficos en acuicultura en España”*. Y si bien, se ha evaluado la aplicación considerando especies, sistemas de cultivo, cuestiones para la empresa, etc., es importante tener en cuenta no sólo los aspectos técnicos, biológicos, ambientales, y económicos para el desarrollo de los sistemas AMTI en España. Hay otras tres cuestiones determinantes para su desarrollo y que están interrelacionadas: el interés empresarial, el marco normativo que le afecta, y los consumidores. Un esquema de esta reflexión sería:



Ordenando estas cuestiones por importancia en los pasos que habría que seguir para el desarrollo para la aplicación de los sistemas AMTI en España tendríamos:

1. Capacidad técnica, biológica y científica.
2. Marco normativo y de regulación adecuado para su desarrollo.
3. Interés empresarial.
4. Aceptación de los consumidores.

Como se refleja en el esquema, para la aplicación de los sistemas AMTI en España no es suficiente que exista la capacidad técnica, biológica y científica, que ha quedado constatada en los resultados obtenidos de la ejecución del Plan Nacional Jacumar de Acuicultura Integrada, sino que es necesario analizar si para el desarrollo de los sistemas AMTI a escala comercial existe la regulación apropiada y un marco de políticas nacionales o europeas que lo apoyen. De este modo podremos estudiar realmente la utilidad de este Plan para el sector empresarial acuícola.

Debemos tener presente que son numerosos los países que están apostando a nivel institucional por el desarrollo de cultivos multitróficos, tanto países pobres con menos recursos que, por tradición y eficiencia en la gestión de lo que tenían, lo han practicado desde hace siglos; así como países con más recursos que están viendo en los cultivos multitróficos una herramienta para hacer más eficiente la acuicultura que desarrollan, cumpliendo los requisitos ambientales impuestos por las administraciones, así como satisfaciendo una demanda emergente de productos con una imagen de responsabilidad social.

Al mismo tiempo, este Plan Nacional ha supuesto un esfuerzo de trabajo no solo a las CCAA participantes, sino un esfuerzo económico a nivel nacional a la administración del estado, y que es importante ahondar en las cuestiones que puedan ser de interés y hacer propuestas para que la aplicación de sistemas AMTI en España se convierta en una realidad y no solo en una experiencia.

Por ello se ha hecho un repaso de la **normativa autonómica actual de cada CCAA** que ha participado en el Plan para ver las posibles interferencias para el desarrollo de los cultivos multitróficos. De este modo:

#### Andalucía:

La CCAA de Andalucía regula la actividad acuícola en la Ley 1/2002, de 4 de abril, de Ordenación, Fomento y Control de la Pesca Marítima, el Marisqueo y la Acuicultura Marina, con el fin de conseguir el máximo aprovechamiento de los recursos naturales y el desarrollo racional y sostenible de la actividad que respete el medio ambiente y aumente su competitividad; correspondiendo a la Consejería de Agricultura, Pesca y Medioambiente su regulación y fomento.

En cuanto a la alusión a proyectos de tipología IMTA no se hace mención de manera explícita en la normativa, entendiéndose que no existen restricciones para su desarrollo, siempre y cuando cumplan con las normativas vigentes que le afecten en materia ambiental, sanitaria, comercial, etc...

## Baleares

La CCAA de Baleares publicó en abril de 2012 el borrador del Anteproyecto de la Ley de pesca marítima, marisqueo y acuicultura marina en las Islas Baleares, esperando que sea ratificado en septiembre de 2012. En el texto normativo se dedica el Título VIII a la acuicultura marina, exponiendo “La regulación de la acuicultura marina, como actividad integrante del sector pesquero, tiene como finalidad conseguir el aprovechamiento racional de los recursos, el desarrollo sostenible de esta actividad con respeto para el medio ambiente y la mejora de las condiciones de vida y trabajo de las personas que se dediquen a esta actividad”.

En cuanto a la alusión a proyectos de tipología IMTA no se hace mención de manera explícita en la normativa, entendiéndose que no existen restricciones para su desarrollo, siempre y cuando cumplan con las normativas vigentes que le afecten en materia ambiental, sanitaria, comercial, etc...

## Canarias

La CCAA de Canarias regula la actividad acuícola en la Ley 17/2003 de 10 de abril de pesca de Canarias, el Decreto 182/2004, de 21 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley de Pesca de Canarias, y mediante la Ley 6/2007, de 13 de abril, de modificación de la Ley 17/2003, de 10 de abril, de pesca de Canarias.

En el Título II de la Ley 17/2003 se regula la acuicultura. Destaca en este título la inclusión del Plan Regional de Ordenación de la Acuicultura de Canarias (PROAC). Aunque en la actualidad el procedimiento de formulación del Plan Regional de Ordenación de la Acuicultura de Canarias (PROAC) aún no ha concluido, se configura como un instrumento de planeamiento en el que están determinadas las Zonas de Interés Acuícola, las Especies Tipo de Interés Acuícola; y así mismo los “Criterios para la fijación de especies de interés acuícola en las zonas de interés acuícola”.

En relación a una posible limitación al desarrollo de proyectos AMTI, el PROAC ha optado por el establecimiento de especies de interés acuícola, en función de reino animal (phylum: crustáceo, molusco, cordado) y reino vegetal (todos los phylum de algas); quedando excluidos los phylum equinodermos donde se incluyen especies como los erizos y holoturias, y cnidario donde se incluyen las anémonas. Sin embargo, en relación a especies (prohibidas y de interés acuícola) en el PROAC se establece que podrá ser objeto de modificación de oficio, sin que ello conlleve una alteración de éste.

## Cataluña

La CCAA de Cataluña regula la actividad acuícola en la Ley 2/2010, de 18 de febrero, de pesca y acción marítimas. El título II tiene por objeto la acuicultura. Un primer objetivo de la Ley con relación es establecer unos criterios elementales de planificación territorial, para que la Administración pueda señalar los ámbitos idóneos para la acuicultura y para su protección. En segundo lugar, la Ley también establece el régimen de aplicación a las autorizaciones y las concesiones a las que queda sometida dicha práctica, así como las medidas de promoción y fomento aplicables.

En cuanto a la alusión a proyectos de tipología AMTI no se hace mención de manera explícita en la normativa, entendiéndose que no existen restricciones para su desarrollo, siempre y cuando cumplan con las normativas vigentes que le afecten en materia ambiental, sanitaria, comercial, etc...

### Galicia

La CCAA de Galicia regula la actividad acuícola en la Ley 11/2008, de 3 de diciembre de pesca de Galicia. El Título V tiene por objeto la acuicultura marina, donde se detallan las concesiones y permisos para la actividad. Como fin, se busca con la acuicultura marina conseguir el óptimo aprovechamiento del potencial productivo del medio marino, respetando el medio ambiente y aumentando y promoviendo la competitividad, así como la mejora de las condiciones de vida y trabajo de las personas que se dedican a esta actividad y la contribución al desarrollo socioeconómico de las comunidades costeras.

En cuanto a la alusión a proyectos de tipología IMTA no se hace mención de manera explícita en la normativa, entendiéndose que no existen restricciones para su desarrollo, siempre y cuando cumplan con las normativas vigentes que le afecten en materia ambiental, sanitaria, comercial, etc...

Sin embargo, recientemente se aprobó el Plan Estratégico de Acuicultura de Galicia, instrumento para la planificación integral de la actividad acuícola; comprendiendo herramientas como el Plan de Ordenación de los Cultivos en zona marítima y el Plan de Ordenación de los Cultivos en zona marítima-terrestre. En función de lo detallado en dichos planes habrá que considerar si se establece alguna limitación para el desarrollo de proyectos AMTI.

### Murcia

La CCAA de Murcia regula la actividad en la Ley 2/2007, de 12 de marzo, de Pesca Marítima y Acuicultura de la Región de Murcia de la acuicultura que tiene como finalidad garantizar la compatibilidad entre el óptimo y racional aprovechamiento del potencial productivo de la misma, y la protección y conservación de los recursos pesqueros y ecosistemas marinos.

En el artículo 74 y 75 de dicha Ley se expone: Artículo 74.- Zonas de interés para cultivos y art 75.- Polígonos de cultivos marinos. Dentro de las zonas de interés para cultivos marinos podrán delimitarse, bajo la denominación de polígonos de cultivos marinos, y previa la evaluación de su impacto ambiental, espacios aptos para fondeo de jaulas flotantes. La norma que establezca dichos polígonos deberá especificar la capacidad máxima de producción así como las especies de cultivo autorizadas.

Anterior a la Ley2/2007, se declararon polígonos de cultivos marinos, como es el caso del de San Pedro de Pinatar. Actualmente hay declarados tres polígonos de cultivos marinos: San Pedro del Pinatar, Puntas de Calnegre, y El Gorguel. En principio, parece que en dichos polígonos se excluye cualquier otro tipo sistema de cultivo que no sea jaulas flotantes, pero no se especifica nada de especies de cultivo; y supondría una limitación a los proyecto AMTI en estas ubicaciones.



Por otra parte, analizando el contexto actual en el que se está pendiente de la aprobación del Reglamento definitivo del **Fondo Europeo Marítimo y de Pesca (FEMP)**, que establecerá el marco de ayudas entre otras cuestiones para la acuicultura (2013-2020). Es importante conocer si se hace alusión a los cultivos multitroóficos como modalidad de cultivos acuícolas reconocidos por el Reglamento y por tanto susceptible a ayudas económicas.

Para ello se ha analizado la propuesta de REGLAMENTO DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO relativo al Fondo Europeo Marítimo y de Pesca [y por el que se derogan el Reglamento (CE) nº 1198/2006 del Consejo, el Reglamento (CE) nº 861/2006 del Consejo y el Reglamento nº XXX/2011 del Consejo relativo a la Política Marítima Integrada].

Algunas fracciones de la propuesta de Reglamento en la que podríamos considerar que se alude a los cultivos multitroóficos serían:

*“En el texto se expone que los objetivos que se pretenden alcanzar y que son objetivo de financiación:*

- 1) promoción de una pesca y una acuicultura sostenibles y competitivas.*
- 2) fomento del desarrollo y la aplicación de la Política Marítima Integrada de la Unión de forma complementaria con la política de cohesión y la PPC.*
- 3) impulso de un desarrollo territorial equilibrado e integrador de las zonas pesqueras (acuicultura y pesca interior inclusive).*
- 4) contribución a la aplicación de la PPC.*

- El FEMP se estructura en torno a cuatro pilares, siendo uno de los cuatro el que establece: Acuicultura inteligente y ecológica (gestión compartida) para alcanzar una acuicultura económicamente viable, competitiva y verde que pueda hacer frente a la competencia mundial y proporcionar a los consumidores de la UE productos de alto valor nutricional.*
- Entre las nuevas características del FEMP aparece recogida: La sostenibilidad ambiental y dentro de las líneas el desarrollo de una acuicultura con un elevado nivel de protección medioambiental y se apoyará una acuicultura que tenga efectos positivos en los ecosistemas.*
- A través del FEMP se promoverán asimismo, por primera vez, nuevas formas de acuicultura con un elevado potencial de crecimiento como, por ejemplo, la acuicultura en mar abierto y la producción no alimentaria, así como la creación de nuevas empresas.*
- También se proponen ayudas para el uso de servicios de asesoramiento por parte de las empresas acuícolas y medidas para aumentar el potencial de las zonas acuícolas (por ejemplo, mediante la financiación de la ordenación del espacio marítimo y la mejora de las infraestructuras).*
- También determina en la Programación estratégica: Impulsar una acuicultura innovadora, competitiva y basada en el conocimiento. Fomentar una acuicultura sostenible y eficiente en cuanto a la utilización de los recursos. Estos dos aspectos encajan perfectamente con el fundamento de los sistemas AMTI o cultivos multitroóficos.*



*También se expone que, de acuerdo con la estrategia de la Comisión para el desarrollo sostenible de la acuicultura europea<sup>12</sup>, los objetivos de la PPC y la estrategia Europa 2020, conviene que el FEMP respalde un desarrollo de la acuicultura que sea sostenible desde los puntos de vista medioambiental, económico y social. Y detalla que al objeto de promover una acuicultura sostenible desde el punto de vista del medio ambiente, es oportuno que el FEMP subvencione actividades acuícolas que sean extremadamente respetuosas para con el medio ambiente, la conversión de las empresas acuícolas a la gestión medioambiental y el uso de sistemas de auditoría, así como la conversión a la acuicultura ecológica. Del mismo modo, es conveniente que el FEMP respalde las actividades acuícolas que presten servicios medioambientales especiales.*

*La consecución de los objetivos del FEMP contribuirá a la estrategia Europa 2020 en pro de un crecimiento inteligente, sostenible e integrador. Tales objetivos se perseguirán a través de las seis prioridades de la Unión siguientes, en las que se plasman los objetivos temáticos pertinentes del Marco Estratégico Común:*

*Fomentar una acuicultura sostenible y eficiente en cuanto a la utilización de los recursos centrandó la atención en los siguientes aspectos:*

- a) potenciación de los ecosistemas relacionados con la acuicultura y fomento de una acuicultura eficiente en cuanto a la utilización los recursos;*
- b) promoción de una acuicultura con un elevado nivel de protección del medioambiente, de bienestar y sanidad animal, y de salud y protección públicas.*

#### *El capítulo II : desarrollo sostenible de la acuicultura*

##### *Artículo 45*

###### *Innovación*

*1. Al objeto de fomentar la innovación en el sector de la acuicultura, el FEMP podrá conceder ayuda destinada a operaciones que tengan por objeto:*

- a) introducir en las explotaciones acuícolas nuevos conocimientos técnicos u organizativos que reduzcan sus efectos en el medio ambiente o favorezcan un uso más sostenible de los recursos en el sector acuícola;*

##### *Artículo 46*

###### *Inversiones en actividades acuícolas en mar abierto y no alimentarias*

*1. A fin de impulsar tipos de acuicultura con elevado potencial de crecimiento, el FEMP podrá conceder ayuda destinada a inversiones en el desarrollo de actividades acuícolas en mar abierto o no alimentarias.*

##### *Artículo 47*

###### *Nuevos tipos de ingresos y valor añadido*

- b) diversificar los ingresos de las empresas acuícolas mediante el desarrollo de nuevas especies acuícolas que presenten buenas perspectivas de mercado;*

##### *Artículo 52*

###### *Fomento de una acuicultura con un elevado nivel de protección medioambiental*

*Al objeto de reducir considerablemente los efectos de la acuicultura en el medioambiente, el FEMP podrá conceder ayuda destinada a inversiones:*

- a) que hagan posible una reducción considerable del impacto de las empresas acuícolas en el agua, en particular disminuyendo la cantidad de agua utilizada o mejorando la calidad del caudal de salida, incluso a través del desarrollo de sistemas acuícolas multitróficos;"*

Con lo anterior expuesto es de prever que los cultivos multitróficos serán considerados explícitamente en el próximo marco de ayudas como una tipología de acuicultura subvencionable debido a que se considera:

- Sostenible ambientalmente (biomitigación).
- Proporciona estabilidad económica (por la diversificación de productos y disminución del riesgo).
- Socialmente aceptada por el componente de eficiencia en la utilización de los recursos, limpia con el medio, etc...

En lo relativo al interés empresarial, es cierto que si no existe interés empresarial en una cuestión determinada, posiblemente no habrá necesidad de establecer un marco de regulación de dicho aspecto. Sin embargo en el caso de los cultivos multitróficos, como hemos comentado, existe un marco normativo que aunque no lo define en las normas autonómicas, no lo excluye de desarrollo en las regiones litorales. Por otra parte, sí está definido como tipología de acuicultura susceptible de recibir ayudas en el FEMP; y considerado que cumple con las estrategias del enfoque ecosistémico, tan en auge.

Por ello es interesante catalogar a los sistemas de acuicultura multitrófica. Para catalogarlos es más sencillo exponer primero lo que no es. La acuicultura multitrófica no es acuicultura convencional, y la acuicultura multitrófica no es acuicultura ecológica.

- La acuicultura convencional se define como la cría o cultivo de especies de la fauna y flora acuática para su consumo humano o utilización en las industrias agroalimentarias.
- La acuicultura ecológica está regulada a nivel comunitario por el REGLAMENTO (CE) N o 710/2009 DE LA COMISIÓN de 5 de agosto de 2009, en lo que respecta a la fijación de disposiciones de aplicación para la producción ecológica de animales de la acuicultura y de algas marinas. Siendo un sistema general de gestión agrícola y producción de alimentos que combina las mejores prácticas ambientales, un elevado nivel de biodiversidad, la preservación de recursos naturales, la aplicación de normas exigentes sobre bienestar animal y una producción conforme a las preferencias de determinados consumidores por productos doble, aportando por un lado, productos ecológicos a un mercado específico y, por otro bienes públicos que contribuyen a la protección del medio ambiente, al bienestar animal y al desarrollo rural.
- La acuicultura multitrófica o acuicultura integrada se puede definir como la acuicultura que hace un mejor aprovechamiento de los recursos, retirando el posible exceso de materia orgánica generada en el cultivo acuícola principal mediante la incorporación de cultivos secundarios; proporcionando por tanto una mejora en el medioambiente, una diversificación de especies, y un beneficio económico añadido a la empresa.

Haciendo un repaso de lo que significa producción integrada en el ámbito agroalimentario los objetivos de la Producción Integrada serían: *“Desde el punto de vista técnico, la Producción Integrada consiste en la aplicación racional de las operaciones de cultivo y ganaderas basada en criterios de buenas prácticas agrarias, cuyo objetivo es conseguir una producción de alta calidad controlando todos los factores que intervienen en ésta; conservar y proteger el medio ambiente utilizando prácticas respetuosas con el entorno,*

*tomando en cuenta la necesidad de mantener el equilibrio biológico y optimizando el uso de los recursos naturales; asegurar el bienestar y la sanidad animal y, por último, lograr una mayor viabilidad económica de la explotación agraria, ya que se reducen los costes de producción.”*

Por lo que los cultivos multitróficos, sistemas AMTI o acuicultura integrada podemos catalogarlo como un sistema de producción integrada de alimentos.

En base a lo expuesto se propone una estrategia que:

- Establezca un marco normativo de base igualitario a nivel nacional.
- Promueva el interés empresarial.
- Produzca una buena imagen de los productos cultivados a través del sistema AMTI.

Establezca un marco normativo de base igualitario a nivel nacional:

Al igual que existen sistemas de producción integrada en la ganadería y la agricultura, también se puede definir técnicamente la acuicultura de producción integrada. Haciendo una revisión de la normativa de producción integrada a nivel nacional existe el *Real Decreto 1201/2002 por el que se regula la Producción Integrada de productos agrícolas* que expone:

*Las producciones agrícolas obtenidas con dichas técnicas se alinean con los principios generales de la producción integrada, ya que su aplicación implica un mayor respeto al equilibrio de los ecosistemas, reduce contaminaciones innecesarias en el aire, el agua y el suelo, y permite que los productos agrícolas tengan la menor cantidad posible de residuos químicos indeseables.*

*a) Producción integrada: los sistemas agrícolas de obtención de vegetales que utilizan al máximo los recursos y los mecanismos de producción naturales y aseguran a largo plazo una agricultura sostenible, introduciendo en ella métodos biológicos y químicos de control, y otras técnicas que compatibilicen las exigencias de la sociedad, la protección del medio ambiente y la productividad agrícola, así como las operaciones realizadas para la manipulación, envasado, transformación y etiquetado de productos vegetales acogidos al sistema.*

Este Real Decreto, establece:

- Las normas de producción y requisitos generales que deben cumplir los operadores que se acojan a los sistemas de Producción Integrada.
- La regulación del uso de la identificación de garantía que diferencie estos productos ante el consumidor.
- El reconocimiento de las Agrupaciones de Producción Integrada en Agricultura, para el fomento de dicha producción.
- La creación de la Comisión Nacional de Producción Integrada encargada del asesoramiento y coordinación en materia de Producción Integrada.

Este Real Decreto se ha transferido a las diferentes CCAA y en cada una de ellas existen ya normas específicas en la que se establecen los requisitos generales que deben

cumplir las producciones integradas, su sistema de certificación y la marca de garantía que los identifican ante el consumidor. Algunos ejemplos son:

- **Andalucía.** Decreto 245/2003 Producción integrada de productos agrarios. ORDEN de 29 de noviembre de 2005, por la que se aprueba el Reglamento Específico de Ganadería Integrada en Andalucía.
- **Baleares** BO. Illes Balears 7 julio 1998, núm. 88/1998 [pág. 9950] AGRICULTURA. Aprueba el Reglamento de la denominación genérica «Agricultura Integrada».
- **Cataluña.** Decreto 413/2006 producción integrada Cataluña.
- **Canarias.** El Decreto 79/2003. Este documento establece las bases que regirán la práctica en las Islas del sistema de Producción Integrada.
- **Galicia.** Decreto 68/2004, de 11 de marzo, sobre la producción integrada y su indicación en los productos agrarios.
- **Murcia.** Decreto n.º 8/1998, de 26 de febrero de 1998, sobre productos agrícolas obtenidos por técnicas de producción integrada.

Por lo expuesto, sería interesante valorar la incorporación de los cultivos multitróficos, sistema AMTI o acuicultura integrada dentro de las normas que regulan la producción integrada, con un anexo o apartado específico que lo identifique e incluya, al igual que hay para la agricultura o la ganadería.

#### Promueva el interés empresarial:

Relacionado con lo anterior, es cierto que cualquier disposición reguladora puede ser menos eficaz que otros tipos de medidas para conseguir el resultado deseado. A veces puede ser difícil trasladar la implementación de cuestiones técnicas a una norma legal y es posible que se consiga de modo más eficaz por medio de directrices de cumplimiento voluntario, códigos de buenas prácticas, acogerse a certificaciones, etc...

Por ello, la opción que se considera más pertinente sería dejar un marco normativo en el que se defina la acuicultura integrada dentro de las normas de producción integrada; y por tanto, abrir la posibilidad de que los productores acuícolas, que realicen cultivos multitróficos, pudiesen acogerse a las marcas de certificación establecidas por cada CCAA en base a las normas de producción integrada.

No hay que olvidar que la certificación de la calidad se ha convertido en un proceso necesario para que los productos alimentarios puedan competir en unos mercados cada vez más globalizados y exigentes. Por otra parte, los consumidores exigen mayores garantías de calidad en los alimentos, al mismo tiempo que demandan productos con características diferenciales, más allá de cubrir sus necesidades nutritivas, mostrándose además muy sensibilizados con la conservación del medio ambiente.

### Produzca una buena imagen de los productos cultivados a través del sistema AMTI.

Actualmente se están sucediendo numerosos cambios sociales, políticos, económicos, ambientales que están afectando directamente a las concepciones de consumo. Por una parte, las diferentes crisis alimentarias han provocado un deseo de recuperar los valores de la producción más tradicional de alimentos y la tendencia orientada a minimizar la huella que la producción agropecuaria deja en el medio ambiente, aportando al consumidor productos respetuosos con el medioambiente, lo más naturales posibles, con certificaciones, garantías de calidad y “responsabilidad social”.

Por lo que este planteamiento mejoraría posiblemente la imagen de los consumidores hacia algunos de los productos de la acuicultura. De hecho, los últimos estudios que están empezando a desarrollarse en cuanto a los cultivos multitróficos son estudios sociales y económicos, debido a que la parte científico-técnica ya está solventada. En este sentido el artículo “*Social aspects of sustainability of integrated multi-trophic aquaculture*”. *Aquaculture International 2010. Barrington. Ridler. Chopin.* refleja a través de un estudio realizado de aceptación social e imagen de los productos de la acuicultura multitrófica que los consumidores reflexionaron que los AMTI podían ser considerados similares a los de reciclado y orgánico en tierra, que tenían un buen potencial para mitigar los efectos de las instalaciones acuícolas en el medio, etc... Por tanto establecieron que podía existir un nicho de mercado para estos productos.

Por último y como reflexión final podemos recapitular que la aplicación de los métodos de producción integrada supondría ventajas no solo para la propia producción de alimentos, como marca diferenciadora de calidad, sino también para el acuicultor, el consumidor, el medioambiente; y por tanto para la propia administración.

- Para el acuicultor por el incremento del valor añadido de los productos al tener una marca de calidad certificada y reconocida, la utilización eficiente de los recursos, la mejora de la rentabilidad por la diversificación de especies y mejoras ambientales.
- Para el consumidor: por tener productos de garantía producidos con técnicas respetuosas con el medioambiente, etiquetados que diferencian estos productos, etc...
- Para el medio ambiente: por la mejora ambiental del medio de cultivo, por la eficiencia en la utilización y equilibrio en los de recursos, por la integración de las prácticas acuícolas en el enfoque ecosistémico.
- Para la administración: por ser último responsable de la elaboración de medidas y estrategias para la dinamización y potenciación de un sector estratégico como es la acuicultura, por ayudar en la mejora de la imagen de la acuicultura potenciando certificaciones atractivas a los consumidores, y por tener la responsabilidad de la gestión de los recursos naturales.

## 2.6. VALORACIÓN

La valoración del Plan Nacional Jacumar de Acuicultura Integrada en términos generales es positiva habiendo sido satisfactorias tanto las labores de coordinación como las relaciones entre los grupos de trabajo. Valorando las actividades realizadas a lo largo de estos años se puede concretar:

- Valoración del desarrollo de las experiencias de cultivo.

La valoración es positiva, ya que se han desarrollado más de 15 experiencias de cultivos multitróficos en empresas acuícolas, en diferentes tipología de empresas (mar, tierra, marismas), en diferentes regiones de la geografía nacional.

Los resultados obtenidos de carácter técnico, biológico, ambiental y económico también son positivos porque se ha obtenido mucha información sobre especies, sistemas de cultivos, relaciones tróficas y ambientales, mejores prácticas para la empresa; y se puede establecer un marco adecuado para estudiar las estrategias de implementación y desarrollo de los sistemas AMTI en España.

- Valoración de las reuniones de coordinación con las CCAA participantes.

La valoración es positiva, habiéndose tenido 8 reuniones de coordinación en los cuatro años de trabajo entre todos los grupos. Estas reuniones han permitido establecer relaciones y afianzar el grado de compromiso de todos los participantes y obtener de esta forma una serie de resultados que integrados sean válidos para el sector acuícola.

- Valoración de las visitas a las experiencias.

La valoración es aceptable, ya que se hizo un desplazamiento inicial en 2008 con los grupos de trabajo a experiencias de otra región (Escocia) que estaba desarrollando cultivos multitróficos, para conocer las técnicas y especies que estaban empleando e intercambiar información. Posteriormente se han visitado 3 de las 6 comunidades (una en 2009, otra en 2010 y otra 2011) donde se ha desarrollado el Plan; pero las visitas no pudieron hacerse por la totalidad del grupo de trabajo por cuestiones de agenda y también presupuestarias.

- Valoración del mantenimiento y actualización del portal [www.acuiculturaintegrada.com](http://www.acuiculturaintegrada.com)

La valoración es positiva, siendo la web una herramienta de consulta donde está toda la información del Plan. Esta información puede ser accesible a toda aquella persona que esté interesada en los cultivos multitróficos, habiendo también la posibilidad de establecer contacto a través de esta para hacer consultas al respecto.

Con el fin de actualizar y ajustar los contenidos publicados según los avances obtenidos por cada Comunidad Autónoma, se estableció una actualización periódica de los contenidos, para lo cual se creó un calendario consensuado por todos los grupos de trabajo que ha funcionado adecuadamente.

- Valoración de la difusión.

La valoración es positiva, y se comenta en el apartado siguiente.



## 2.7. DIFUSIÓN

La difusión del Plan Nacional Acuicultura Integrada se ha ido realizando a lo largo de los años del Plan mediante:

- La participación en foros especializados y jornadas técnicas.
- La asistencia a los congresos XI, XII, y XIII Nacional de Acuicultura.
- El diseño, desarrollo y actualización continua de la web [www.acuiculturaintegrada.com](http://www.acuiculturaintegrada.com) donde están todas las actividades desarrolladas, así como información de difusión.
- Es destacable la publicación realizada a final del Plan por el grupo de trabajo de la CCAA de Galicia, y denominada ACUICULTURA MULTITRÓFICA INTEGRADA. Una alternativa sostenible de futuro para los cultivos marinos en Galicia. Xunta de Galicia 2012. Consellería do Mediorural e do Mar. Centro de Investigacións Mariñas. Editores: Salvador Guerrero y Javier Cremades.

Con respecto a la difusión para la transferencia al sector, y aunque las actividades del Plan han terminado por parte de todos los grupos en marzo de 2012, se harán actuaciones de transferencia a lo largo del año 2012.

En un inicio se planteó organizar unas jornadas para la exposición de los resultados, o un workshop en el que debatir sobre la aplicación de los sistemas AMTI en España; sin embargo debido a la situación actual social, política y económica no se considera adecuado hacer un esfuerzo en recursos humanos y económicos.

Por ello, y debido a que la renovación del contrato del dominio de la web [www.acuiculturaintegrada.com](http://www.acuiculturaintegrada.com) se ha asumido por parte de la coordinación hasta final de 2012, se propone:

Utilizar la web [www.acuiculturaintegrada.com](http://www.acuiculturaintegrada.com) como plataforma dinámica en la que plantear una serie de cuestiones a los sectores. Empresa acuícola, consumidores, gestores, expertos e investigadores mediante preguntas concretas y que éstos diesen sus contestaciones, consideraciones y aportaciones por el mail de contacto de la web. Para ello, se remitiría invitaciones de participación a aquellas personas, asociaciones o colectivos que se considere que es importante que participen; así como se contactaría con algún medio de difusión específico de acuicultura (mispeces.com, FOESA, etc...) para que publicasen una nota y motivasen la participación social en dichas encuestas virtuales.

Mediante esta actuación se podría obtener información de interés de aquellos agentes que son fundamentales para el desarrollo de los sistemas AMTI en España, y que hemos identificado. Y de este modo complementar con información real el interés empresarial, la aceptación social, y otras cuestiones para determinar las estrategias más adecuada para la dinamización y potenciación de los sistemas AMTI, cultivos multitróficos o acuicultura integrada en España.

## 2.8. INCIDENCIAS DE DESARROLLO

La ejecución de las labores de coordinación, así como las actuaciones comunes planteadas a cada grupo de trabajo en relación con los objetivos genéricos marcados ha sido satisfactoria en su mayor parte, habiendo existido algunas incidencias típicas de la complejidad del proyecto. Las características de las incidencias han sido:

- De carácter administrativo.
  - Retrasos en la obtención de permisos administrativos para la puesta en marcha de los subproyectos.
  - Dificultad en las contrataciones de medios humanos y materiales por la complejidad administrativa interna de algunas entidades.
- De carácter técnico.
  - Por la avería de equipos de medida.
  - Por fallos en los sistema de bombeos de agua.
  - Por mortalidades inesperadas.
  - Por desapariciones de estructuras fondeadas y material biológico.

Debido a éstas se provocaron algunos retrasos, haciendo que para poder finalizar algunas CCAA las experimentaciones se tuviesen que prorrogar en el tiempo los cultivos. Por ello, se solicitó a la Secretaría Jacumar la posibilidad de presentar el Informe Final del Plan en el mes de Junio de 2012, y no en Marzo de 2012, según lo establecido en el protocolo JACUMAR.

## 2.9. BIBLIOGRAFÍA

### Artículos

- Chopin T. 2006. Integrated multi-trophic aquaculture. What it is, and why you should care and don't confuse it with polyculture. Northern Aquaculture, Vol.12, No.4, July/August 2006, pg 4.
- Chopin T, Sawhney M, Shea R, Belyea E, Bastarache S, Armstrong W, Reid GK, Robinson SMC, MacDonald B, Haya K, Burridge L, Page F, Ridler N, Justason A, Sewuster J, Powell F and Marvin R. 2007. An interdisciplinary approach to the development of integrated multi-trophic aquaculture (IMTA): the inorganic extractive component. World Aquaculture Society. Aquaculture 2007 conference proceedings, pg. 177.
- Cross S. 2007. Making the case: quantifying the benefits of integrated multi-trophic aquaculture (IMTA). World Aquaculture Society. Aquaculture 2007 conference proceedings, pg. 209.
- Gordin H, Motzkin F, Hughes-Games A and Porter C. 1981. Seawater mariculture pond - an integrated system. European Aquaculture Society Special Publication 6: 1-13.
- M. Troell, C.Halling, A.Neori, T.Chopin, A.H. Buschamann, N.Kautsky, C.Yarish. Integrated Mariculture: asking the right questions. Aquaculture nº 226.
- Kelly Barrington, Neil Ridler, Thierry Chopin, Shawn Robinson, Bryn Robinson Social aspects of the sustainability of integrated multi-trophic aquaculture. Aquaculture Int 2010.



- Neori A, Chopin T, Troell M, Buschmann AH, Kraemer GP, Halling C, Shpigel M and Yarish C. 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture* 231: 361-391.
- Neori A, Shpigel M and Scharfstein B. 2001. Land-based low-pollution integrated mariculture of fish, seaweed and herbivores: principles of development, design, operation and economics. *European Aquaculture Society Special Publication* 29: 190-191.
- Petchey, OL; Downing, AL; Mittelbach, GG; Persson, L; Steiner, CF; Warren, PH; Woodward, G. Species loss and the structure and functioning of multitrophic aquatic systems. *Oikos [Oikos]*. Vol. 104, no. 3, pp. 467-478. Mar 2004.
- Shpigel M, Neori A, Popper DM and Gordin H. 1993a. A proposed model for "environmentally clean" landbased culture of fish, bivalves and seaweeds *Aquaculture* 117: 115-128.
- Stephen F. Cross. Water Quality Interactions and the Implications for Integrated Finfish-Shellfish Aquaculture. Aquamatrix Research Ltd., 2541 Conrad Road, Courtenay, British Columbia, Canada V9N 9N8. AQUACULTURE update. August 2005.
- Troell M, Halling C, Neori A, Chopin T, Buschmann AH, Kautsky N and Yarish C. 2003. Integrated mariculture: asking the right questions. *Aquaculture* 226: 69-90.
- Troell, Chopin, Reid, Robinson. Letter to the editor. *Aquaculture* 313 (2011) 171–172

### Libros y estudios

- Integrated Mariculture. A global Review. Fao Fisheries and aquaculture technical paper 529. 2009
- Planificación estratégica de la acuicultura marina española. 2011
- Restricciones Legales y Reglamentarias de la Acuicultura Europea. 2009.
- Evaluación de Impacto de la "Estrategia para el desarrollo sostenible de la acuicultura europea". 2009.
- Building an ecosystem approach to aquaculture FAO FISHERIES AND AQUACULTURE PROCEEDINGS. 2007.
- Technical Guidelines On Aquaculture Certification. FAO 2008.
- AQUACULTURE DEVELOPMENT. 4. Ecosystem approach to aquaculture. FAO 2010.
- How green is your eco-label? University of Victoria, Seafood Ecology Research Group December 2011.
- Prácticas Responsables y Certificación. Guía para el Desarrollo sostenible de la acuicultura mediterránea.UICN 2010.

### Revistas

- Chopin. Progression of the Integrated Multi-trophic Aquaculture (IMTA) Concept upscaling of IMTA systems towards commercialisation. *Aquaculture Europe*. Vol 36. Dec. 2011.
- Chopin. Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) will also have its place when aquaculture moves to the open ocean. *FishFarmer* March/April 2008.
- Chopin, Robinson, Barrington. Integrated Multitrophic Aquaculture. *Panorama Acuícola Magazine*. Julio 2008.
- John J. Bolton. Do we have the vision to integrate our marine aquaculture?. *South African Journal of Science* 102, November/December 2006

## Normativas

### **Europea**

- Organic Aquaculture. EU Regulations (EC) 834/2007, (EC) 889/2008, (EC) 710/2009
- REGLAMENTO (CE) N o 710/2009 DE LA COMISIÓN de 5 de agosto de 2009 que modifica el Reglamento (CE) n o 889/2008 por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) n o 834/2007, en lo que respecta a la fijación de disposiciones de aplicación para la producción ecológica de animales de la acuicultura y de algas marinas.
- REGLAMENTO DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO relativo al Fondo Europeo Marítimo y de Pesca [y por el que se derogan el Reglamento (CE) n° 1198/2006 del Consejo, el Reglamento (CE) n° 861/2006 del Consejo y el Reglamento n° XXX/2011 del Consejo relativo a la Política Marítima Integrada].
- COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO Y AL CONSEJO Construir un futuro sostenible para la acuicultura Nuevo impulso a la Estrategia para el desarrollo sostenible de la acuicultura europea. 2009.

### **Nacional**

- REAL DECRETO 1201/2002, de 20 de noviembre, por el que se regula la producción integrada de productos agrícolas.

### **Autonómica**

#### Andalucía:

- LEY 2/2001, de 4 de abril, de Ordenación, Fomento y Control de la Pesca Marítima, el Marisqueo y la Acuicultura Marina.
- ORDEN de 29 de noviembre de 2005, por la que se aprueba el Reglamento Específico de Ganadería. Integrada en Andalucía.
- Decreto 245/2003 Producción integrada de productos agrarios.
- ORDEN de 5 de septiembre de 2008, por la que se modifica la de 15 de octubre de 2007, por la que se establecen las normas técnicas de producción acuícola marina ecológica.
- ORDEN de 15 de octubre de 2007, por la que se establecen las normas técnicas de producción acuícola marina ecológica.
- Ley 2/2011, de 25 de marzo, de la Calidad Agroalimentaria y Pesquera de Andalucía.

#### Baleares:

- LEY 6/2006, de 12 de abril, balear de caza y pesca fluvial.
- Borrador del Anteproyecto de Ley de pesca marítima, marisqueo y acuicultura en las Islas Baleares. Palma, abril de 2012.
- Decreto 66/1998, de 26 junio CONSELLERIA AGRICULTURA, COMERCIO E INDUSTRIA. BO. Illes Balears 7 julio 1998, núm. 88/1998 [pág. 9950] AGRICULTURA. Aprueba el Reglamento de la denominación genérica «Agricultura Integrada»
- Ley 1/1999, de 17 de marzo, del Estatuto de los Productores e Industriales Agroalimentarios de las Illes Balears.

#### Canarias:

- LEY 6/2007, de 13 de abril, de modificación de la Ley 17/2003, de 10 de abril, de pesca de Canarias.
- LEY 17/2003, de 10 de abril, de Pesca de Canarias.
- DECRETO 182/2004, de 21 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley de Pesca de Canarias.
- DECRETO 79/2003, de 12 de mayo, por el que se regula el sistema agrícola de producción integrada de Canarias
- PLAN REGIONAL DE ORDENACIÓN DE LA ACUICULTURA DE CANARIAS (PROAC) Fase: Avance. Mayo 2008.
- ORDEN de 17 de febrero de 2011, por la que se declara la caducidad del procedimiento de formulación del Plan Regional de Ordenación de la Acuicultura (PROAC) y se acuerda la reproducción de la iniciativa para la formulación del mismo.

#### Cataluña:

- Ley 2/2010, de 18 de febrero, de pesca y acción marítimas.
- LEY 20/2002, de 5 de julio, de Seguridad Alimentaria.
- LEY 14/2003, de 13 de junio, de calidad agroalimentaria.
- Decreto 413/2006 producción integrada Cataluña.

#### Galicia:

- Ley 11/2008, de 3 de diciembre, de pesca de Galicia.
- Plan gallego de Acuicultura.
- Decreto 68/2004, de 11 de marzo, sobre la producción integrada y su indicación en los productos agrarios.
- Ley 2/2005, de 18 de febrero, de promoción y defensa de la calidad alimentaria gallega.

#### Murcia:

- Ley 2/2007, de 12 de marzo, de Pesca Marítima y Acuicultura de la Región de Murcia.
- Orden 4 de febrero de 2005 de la Consejería de Agricultura y Agua por la que se declara una Zona de Interés para Cultivos Marinos con destino a la creación de un Polígono frente a la Cala del Gorguel.
- Orden de 5 de julio de 2002 de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente, por la que se declara una zona de interés para cultivos marinos, con destino a la creación de un polígono, frente al puerto de San Pedro del Pinatar.
- Decreto n.º 8/1998, de 26 de febrero de 1998, sobre productos agrícolas obtenidos por técnicas de producción integrada.
- Decreto n.º 67/2001, de 21 de septiembre de 2001, por el que se crea la marca de garantía para productos agrarios y alimentarios y se aprueba su reglamento de uso.

### **3.- ANEXOS CON LOS INFORMES DE LAS DISTINTAS CCAA (estos informes podrán tener el formato que determine cada CCAA, incluidos sus logotipos oficiales)**

# ANEXOS

- ANDALUCÍA
- BALEARES
- CANARIAS
- CATALUÑA
- GALICIA
- MURCIA