

**JACUMAR  
JUNTA NACIONAL ASESORA DE CULTIVOS MARINOS**

**PLANES NACIONALES DE CULTIVOS MARINOS**

**INFORME FINAL**

**Título: TÉCNICAS DE MINIMIZACIÓN, TRATAMIENTO Y  
APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE LA  
ACUICULTURA**

## **RESUMEN EJECUTIVO**

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

**TÍTULO:** Técnicas de minimización, tratamiento y aprovechamiento de residuos de la acuicultura.

**FECHAS DE REALIZACIÓN** 1/01/2005-31/12/2007

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

Nombre y Apellidos: Ramón Jordana i de Simón

Organismo/ Centro: Generalitat de Catalunya/ Direcció General de Pesca i Afers Marítims

Correo electrónico: [rjordana@gencat.net](mailto:rjordana@gencat.net)

### **Comunidades Autónomas participantes**

Cataluña, Andalucía, Canarias, Galicia

## 2.- RESULTADOS TECNICOS DEL PLAN NACIONAL

### 2.1. OBJETIVOS

#### OBJETIVO GENERAL:

El presente proyecto pretende aportar al sector español de la acuicultura soluciones reales, eficientes y técnico-económicamente factibles para la minimización y reducción en origen de los residuos generados por su actividad, obtener compuestos de alto valor añadido con aplicación comercial y posibilitar un aprovechamiento de los restantes residuos, de modo que se contribuya así al desarrollo del sector y a la obtención de la sostenibilidad, es decir, obtener mayor rendimiento de las materias primas y reducir la generación de residuos, vertidos y emisiones, haciendo un mejor uso de los recursos disponibles a la vez que se respeta el medio ambiente, y todo ello, de forma económicamente rentable y cumpliendo con la normativa medioambiental vigente, lo que mejorará la competitividad del sector.

#### OBJETIVOS PARCIALES:

Los objetivos específicos del presente proyecto consisten básicamente en:

- a) Conocer la situación real sobre la generación de residuos producidos por la acuicultura en Galicia, Cataluña, Andalucía y Canarias. Conocer volúmenes y la clasificación de los residuos generados, así como su gestión actual. Permitir un fácil tratamiento y actualización de los datos mediante una base de datos unificada y actualizable.
- b) Conocer los requisitos y condicionantes legales aplicables a cada uno de los residuos producidos por la acuicultura en Galicia, Cataluña, Andalucía y Canarias y su posible aprovechamiento
- c) Identificar las medidas más eficaces y económicas de reducir el volumen de residuos generados en origen mediante técnicas innovadoras de minimización.
- d) Identificar componentes aprovechables y alternativas de valorización en los subproductos de la acuicultura y desarrollar sistemas de obtención / extracción.
- e) Determinar la viabilidad de aprovechamiento de los subproductos acuícolas más importantes de cada comunidad autónoma desde un punto de vista técnico, legal, económico y de mercado.
- f) Diseño y optimización de protocolos y tecnologías de aprovechamiento innovadoras para obtener productos de la mayor pureza, valor añadido y mayor salida comercial posible a partir de los subproductos de la acuicultura. Determinación de la viabilidad de obtención a nivel industrial.
- g) Proponer alternativas efectivas y reales de aprovechamiento integro de los residuos ó correcta gestión para los residuos según la legislación vigente
- h) Facilitar la difusión y aprovechamiento de los resultados y conclusiones del proyecto al sector español de la acuicultura y comunidad científica relacionada mediante informes en forma de guía y dípticos.

En cuento al subproyecto de Galicia, dado que ya realizó anteriormente un plan de gestión de los residuos de la acuicultura, el objetivo de su subproyecto es evaluar la inocuidad y salubridad de los ensilados químicos, elaborados a base de peces contaminados con las bacterias patógenas y determinar qué tipo de ensilado es más efectivo en ese sentido.

## 2.3. METODOLOGÍA

### Inventario, caracterización y gestión de residuos

Con el fin de caracterizar los residuos generados en cada tipo de producción acuícola, se ha llevado a cabo un inventario y clasificación de empresas de acuicultura marina y continental y su volumen de producción, en las diferentes Comunidades Autónomas. Posteriormente se ha realizado una caracterización de los residuos atendiendo a su origen geográfico, tipo de residuo y tipo de gestión. Para ello se han definido una serie de encuestas a realizar por cada Comunidad Autónoma, a la vez que ha diseñado y desarrollado una aplicación informática para el tratamiento de los datos recopilados por las CCAA y visualización del inventario de empresas, producciones y residuos totales.

### Desarrollo de técnicas de minimización

A fin de identificar y validar medidas en proceso para reducir en origen la generación de residuos y aumentar la eficiencia de la producción, se ha llevado a cabo una vigilancia tecnológica sobre técnicas de minimización y producción limpia. Además, se seleccionaron empresas tipo en cada CCAA para implantar una metodología adaptada para, en base a un diagnóstico ambiental, evaluar dichas medidas e identificar nuevas medidas específicas, seleccionando aquellas que suponen un mayor ahorro y disminución de residuos. De las visitas técnicas y operativas de implantación realizadas, se definieron actuaciones de minimización de residuos de amplia aplicación en el sector.

### Identificación, evaluación y obtención de opciones de aprovechamiento y valorización de subproductos

Se realizó una vigilancia tecnológica de los potenciales aprovechamientos y compuestos de valor añadido de los que pudieran ser destino los subproductos de la acuicultura. Se estudiaron también los factores determinantes para su utilización real y se seleccionaron los parámetros físico-químicos de caracterización. Se llevaron a cabo analíticas de laboratorio de muestras de subproductos procedentes de Andalucía (dorada, trucha, lubina y cangrejo rojo americano), Canarias (dorada, lubina y fouling) y de Cataluña (moluscos), y se realizaron pruebas experimentales de obtención de compuestos de valor añadido, como el surimi y quitosano. Asimismo, se determinó la idoneidad de cada subproducto para cada aprovechamiento en cada CCAA.

Por otra parte, en base a la distribución de las plantas acuícolas y su cantidad de residuos generados se establecieron los puntos de gravedad de un eventual tratamiento centralizado.

En cuanto al subproyecto de Galicia, la metodología seguida ha sido:

- Optimización del proceso de ensilado
- Realización de ensayos de inoculación de bacterias patógenas en acuicultura para estudiar su posible persistencia a lo largo del proceso
- Análisis de la supervivencia en el ensilado del parásito *Philasterides* y evaluación del efecto directo del ensilado sobre cultivos del parásito

## 2.4. RESULTADOS

A continuación se exponen los resultados más resaltables de cada uno de los objetivos del proyecto:

### *Inventario y caracterización de residuos*

Los residuos propios de proceso más habituales generados por cada CCAA, clasificados por el tipo de aprovechamiento para el que pueden ser útiles, así como sus cantidades y frecuencia de generación, son los siguientes:

Aprovechamiento		Andalucía		Cataluña		Canarias	
		Residuos (tn)	Frecuencia generación	Residuos (tn)	Frecuencia generación	Residuos (tn)	Frecuencia generación
Alimentación animal	Partes de animales sacrificados para consumo humano pero que no se destinen a este fin por fines comerciales (Cat. 3)	173,9	diaria	12,84	diaria	70,30	semanal
	Subproductos de pescado procedentes de industrias que fabriquen productos a base de pescado destinados al consumo humano (Cat.3)	330,3	puntual	205	diario	0	
Biometanización y compostaje	Animales que mueran sin ser sacrificados por enfermedad (Cat. 2)	101,88	puntual	149,78	puntual	15,26	Semanal, diaria
	Animales que mueran sin ser sacrificados por causas físicas (Cat. 2)	212,48	diaria	39,37	Semanal, anual	70,37	semanal
	Lodos o fangos de los fondos	21,6	diaria	3	diaria	1,60	mensual
	Pienso caducado	0,36	puntual			0	
	Organismos que se pegan en las cuerdas, jaulas, etc.	37,0	mensual	34,24	Todo el ciclo	4,21	Todo el ciclo
	Algas	206,5	diaria			1,90	Limpieza redes, jaulas
Carbonato cálcico	Caparazones, conchas, etc, de animales que no presenten signos clínicos de ninguna enfermedad transmisible al ser humano (Cat. 3)	555,55	diaria	842,18	anual		

Por otra parte, los residuos generales que más se generan por cada CCAA son:

Residuo	Andalucía (tn)	Canarias (tn)
Residuos plásticos (envases, embalajes, films, etc.)	85,97	47,71
Papel y cartón	58,36	1,34
Restos de madera (Palets, etc.)	310,12	170,02
Sacos (big-bags)	8,78	2,4
Metal y chatarra	41,28	11,62
Vidrio	3,61	0,5
Restos sanitarios (antibióticos, etc.)	15,32	0,51
Redes desechables	11,22	22,9

En la CCAA de Cataluña, sólo se han inventariado 5 Tn de residuos de metal y chatarra, obtenidos de los cuestionarios cumplimentados por las empresas de acuicultura.

Por otro lado, en el caso particular de Galicia, los residuos o subproductos obtenidos, así como los residuos generales, han sido los siguientes:

<i>Residuos propios de proceso</i>	<i>Galicia (tn)</i>
Fangos y materia orgánica del laboreo del mejillón	30999
Algas y otra biomasa	8924
Concha blanca	1727
Lodos de balsas de decantación	2907
Peces muertos	330

<i>Residuos generales</i>	<i>Galicia (tn)</i>
Tablones de madera	4000
Flotadores de bateas	1225
Cuerdas de bateas	667
Palets de madera	446
Sacos de pienso	95
Tubos fluorescentes	3804 ud.

### ***Minimización de residuos en origen***

Los procesos de producción identificados donde se puede minimizar residuos han sido:

- Pre-engorde y engorde de peces
- Recepción, almacenamiento y dosificación de piensos.
- Transformación del producto
- Envasado y comercialización
- Separación de heces en las aguas residuales
- Limpieza de suelos en instalaciones y piscinas

También se han investigado las causas que producen la muerte de los peces durante el proceso, y se han observado los puntos y razones para la generación de rechazos o despilfarros.

Para cada medida de minimización identificada y/o desarrollada se ha elaborado una ficha de aplicación (ver informes CCAA). Con las de mayor aplicación se ha elaborado la guía de minimización de vertidos la cual se anexa al informe. El número de medidas identificadas / desarrolladas para cada objetivo de minimización es:

- Aspectos generales: se han desarrollado 5 medidas de buenas prácticas y sensibilización.
- Reducción de productos útiles y de limpieza: se han identificado 4 medidas
- Reducción de envases y embalajes: se han identificado 10 medidas
- Reducción del volumen de peces muertos: se han identificado 6 medidas
- Reducción del volumen de pienso no aprovechado: se han identificado 2 medidas generales
- Reducción en la generación de residuos orgánicos en el proceso de transformación: se han identificado 3 medidas.

### ***Evaluación de las opciones de aprovechamiento y valorización***

*En cuanto al tipo de aprovechamiento por categoría de subproducto:*

**Para subproductos de categoría 3:**

Alimentación animal (aplicable a peces no comercializados, restos de transformación)

En cuanto al potencial aprovechamiento de los subproductos analizados (provenientes de dorada, lubina y trucha cat. 3) para su aplicación en alimentación animal, se han obtenido calidades con humedad superior a la idónea para tal fin (60-70% vs. 14%). No obstante, las humedades obtenidas se consideran valores bajos en relación a la humedad original de un pez vivo. Esto es debido a la pérdida de líquidos que sufre el pescado en su evisceración, manipulación y almacenamiento.

En relación al contenido en proteínas, aceites y grasas de las diferentes porciones de pescado analizadas, cabe destacar que, en general, las vísceras son las porciones más grasas en las tres especies analizadas. Asimismo, las cabezas de dorada tienen un alto contenido graso, siendo el contenido de aceites y grasas muy superior al del músculo y similar al de las vísceras.

En cuanto a las proteínas, el mayor contenido se encuentra en las cabezas, seguida del músculo y finalmente en las vísceras.

En general, en referencia a los niveles de proteínas, aceites y grasas, de las tres especies, la dorada es la que posee los mayores niveles, seguida de la lubina y finalmente la trucha.

Las tres especies presentan un perfil de alta calidad nutritiva ya que:

- altos niveles de ácidos omega 6 (mayoritariamente linoleico)
- altos niveles de ácidos omega 3 de cadena larga
- buena relación entre ácidos grasos saturados y poliinsaturados
- buena relación EPA/DHA
- porcentaje total de aceites y grasas alto y cantidades absolutas de los ácidos grasos beneficiosos bastante alto

El análisis de subproductos denota un alto contenido en aminoácidos esenciales. Sobre todo de lisina, aunque sus niveles (2%) no llegan a los valores óptimos bibliográficos (6%).

En cuanto a metales pesados y otras sustancias indeseables presentan valores muy por debajo de los máximos permitidos.

Pulpa de pescado (aplicable a fracciones musculares de peces no comercializados, restos de transformación)

Los rendimientos obtenidos a nivel preindustrial son superiores a los obtenidos en el escalado piloto.

La pulpa obtenida de las tres especies estudiadas tiene un contenido graso de aproximadamente un 3%, por lo que sería necesario añadir un antioxidante que evite el enranciamiento graso durante su almacenamiento en congelación.

En cuanto a la caracterización del color, la pulpa de la trucha es la que presenta las mejores propiedades en cuanto a luminosidad y blancura. Sin embargo, en relación a la calidad de la

pulpa, la de lubina es la que presenta las mejores características, y la dorada, por el contrario, es la de inferior calidad.

Sin embargo, cualquiera de las tres especies puede ser empleada para la elaboración de pulpa estabilizada, sobre todo si se incluyese una etapa de lavado y secado de la pulpa previa a la adición de los estabilizantes.

#### Surimi (aplicable a fracciones musculares de peces no comercializados, restos de transformación)

Los surimis resultantes de las tres especies estudiadas tienen un contenido en humedad dentro de los límites comerciales, por lo que se consideran de buena calidad.

Los geles de surimi presentan valores de luminosidad y blancura mayores que las del surimi crudo correspondiente. El gel de dorada es el que presenta las mejores propiedades de color, mientras que el de lubina es el peor. Asimismo, los geles de dorada son los que poseen una mayor elasticidad.

Con estos resultados se demuestra que las tres especies son tecnológicamente viables para la elaboración de surimi.

#### Quitina-quitosano (aplicable a cáscaras de crustáceos como p.e. Cangrejo)

La composición aproximada del cangrejo analizado ha sido: carne comestible 15%, agua 70%, residuos sólidos secos 15%

Las muestras de quitosano extraídas consiguen un valor de humedad dentro de los comerciales.

El contenido de cenizas en el quitosano final está dentro del rango aceptado para estos productos. En cuanto a grasa, se han encontrado pequeños vestigios en el producto obtenido, que, por otro lado, ofrece unas características visuales buenas.

En un principio los resultados de desacetilación de la quitina no son óptimos, por lo que se varía esta etapa, obteniendo una solubilidad del quitosano mucho mayor. Los malos resultados del proceso de desacetilación indicaban en un principio que el extracto no era quitosano. No obstante, el cambio en el proceso ha mejorado notablemente las características del producto final, aunque el color final ha resultado ser más oscuro.

#### ***Para subproductos de categoría 2 ó 3:***

##### Biometanización (aplicable a heces, fouling, peces muertos)

Los subproductos de acuicultura presentan un elevado contenido en nitrógeno frente a los valores estimados como óptimos para el proceso de biometanización. Por tanto, estos subproductos deberán ser mezclados con otros residuos de elevado contenido en carbono (restos vegetales de industrias cercanas, restos de poda, etc.) con el fin de obtener una mezcla de residuos con valores óptimos de C/N y optimizar así el proceso de biometanización.

Por otra parte, presentan también una elevada concentración de nitrógeno amínico mayor que el máximo recomendable. En cuanto a cenizas, los valores obtenidos son inferiores al máximo permitido por la normativa vigente. Siendo la concentración de nitrógeno amínico un factor limitante para la biometanización, se considera que la mezcla de los subproductos de acuicultura con restos vegetales, hará disminuir la concentración de este parámetro hasta valores aceptables.

##### Compostaje



Los subproductos analizados presentan valores de humedad adecuados, por lo que no se requiere ningún tratamiento para su aprovechamiento mediante compostaje. Asimismo, los valores de metales pesados son muy inferiores a los máximos permitidos, razón por la que también se considera que los subproductos de partida son adecuados para la elaboración de compost (previo triturado has alcanzar la granulometría adecuada)

No obstante, debido a su relación C/N con elevado contenido en nitrógeno, para la obtención de compost de elevada calidad, debe mezclarse con otros subproductos como restos vegetales.

El elevado contenido en fósforo de las muestras analizadas, indican el elevado potencial fertilizante de estos subproductos. Además, su bajo contenido en cloruros no provocaría una salinización de los suelos.

Se considera que el producto sólido obtenido del proceso de biometanización es también adecuado para compostaje.

Dada la alta biodegradabilidad de los subproductos, y con objeto de cumplir la normativa agraria, se debe considerar que:

- Los subproductos deben ser estabilizados previamente a su depósito (mediante congelación o refrigeración según el tiempo a transcurrir desde su generación hasta su tratamiento).
- Las plantas de transformación deben facilitar a los clientes finales los análisis químicos del compost obtenido.
- Es recomendable conocer las características químicas del suelo antes de la aplicación

#### Carbonato cálcico

Los análisis de los subproductos indican restos de materia orgánica de mejillón que es necesario eliminar en función del uso que se le de al carbonato cálcico, como en el caso de los cementos.

Además se da la presencia de cloruros, que aunque se encuentran en valores reducidos, para algunas aplicaciones, como la fabricación de cemento, es requisito su ausencia. Sin embargo, para aplicación del carbonato en alimentación animal y fertilizantes, los subproductos se encuentran dentro de los niveles.

### *En cuanto a la dispersión de la generación*

Dado que se ha determinado que el transporte es uno de los costes más importante a la hora de abordar una gestión para el aprovechamiento de los subproductos o residuos de la acuicultura, se muestra para cada CCAA el grado de dispersión de cada uno de los subproductos principales de su acuicultura.

#### Andalucía

La mayor dispersión de generación de residuos proviene del cultivo de peces, y la menor es la de moluscos y crustáceos, lo que facilita la gestión y/o aprovechamiento de sus cáscaras. Aún así existe una gran dispersión y distancia entre las plantas acuícolas.

#### Canarias

La dispersión en Canarias viene marcada por la propia naturaleza del archipiélago y por el reparto de plantas en cada isla, siendo las islas de Tenerife y Gran Canaria las que concentran la mayor parte de la producción.

En la isla de Tenerife se da la mayor dispersión en cuanto a la producción de peces, mientras que en Gran Canaria se encuentra más concentrada, lo que facilita la gestión de los subproductos. Asimismo, en las islas de Lanzarote y La Palma, la producción de peces se agrupa en una zona, posibilitando también, por tanto, que la gestión de los subproductos se realice más fácilmente.

#### Cataluña

En el Delta del Ebro se ubica la prácticamente totalidad de la producción de moluscos, por lo que los subproductos de conchas presentan una mínima dispersión y favoreciendo un potencial aprovechamiento de las mismas. Por contra, el cultivo de peces presenta una dispersión muy significativa a lo largo de la costa catalana.

#### Galicia

La producción de moluscos se encuentra mayoritariamente concentrada en las Rías Baixas, favoreciendo la gestión de los subproductos.

Por otro lado, el cultivo de peces marinos presenta una mayor dispersión geográfica a lo largo de toda la costa gallega, siendo en el caso de la acuicultura continental la dispersión muy homogénea a lo largo de toda la geografía.

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

El proyecto es de una aplicación directa en las administraciones sustantivas y ambientales, así como en el sector de la acuicultura debido a que proporciona:

Una sola base de datos para todas las CCAA de las distintas actividades acuícolas clasificadas en función de los parámetros más importantes, así como de sus residuos clasificados por tipología aportando información esencial para su gestión. Esto permita un diagnóstico de situación por

comunidad autónoma y general según subsector, especie cultivada, etc. Tratamientos estadísticos y establecimiento de conclusiones a nivel nacional.

Esta aplicación informática es de gran utilidad, ya que es actualizable y ampliable al resto de Comunidades Autónomas. De este modo, en el futuro puede ser una aplicación de residuos cada vez más completa de la acuicultura de todo el Estado Español, y que permitirá una recogida sistematizada y actualizable en el tiempo del inventariado de residuos producidos.

El proyecto provee al sector de la acuicultura una serie de medidas tecnológicas, acciones y buenas prácticas para reducir en origen la cantidad de residuos generados durante sus procesos. Dichas medidas son de aplicación general, por lo que cada planta deberá ver si son de aplicación directa, ya la tiene implantada o es la propia filosofía de la medida lo que le sirva.

En relación a la valorización de los residuos, los resultados del proyecto proporcionan al sector de la acuicultura las claves técnicas y de estrategias para una aprovechamiento efectivo y viables de sus subproductos. Es ese sentido cabe mencionar que los Subproductos de categoría 2 (lodos, *fouling*, peces muertos, etc.) son aptos, incluso adecuados para los aprovechamientos permitidos por el Reglamento 1774/2002. Al ser subproductos ricos en nitrógeno, en el caso de elaboración de compost y biogás se recomienda su mezcla con residuos vegetales (éstos son ricos en carbono). Asimismo los bajos niveles de metales pesados, hace de estos subproductos materias primas seguras para aplicación agraria del compost obtenido. Además, los elevados contenidos en fósforo que presentan las muestras indican un elevado potencial fertilizante.

Las propiedades orgánicas, nutritivas y de composición de los subproductos de categoría 3, hacen de ellos excelentes materias primas para alimentación animal, cuando no son utilizados para la obtención de productos de alto valor añadido (surimi, extracción de ácidos grasos poliinsaturados, etc.).

Los piensos para animales con alto contenido de omega 3 de cadena larga tienen un alto valor nutricional. Por tanto, los subproductos de pescado son una fuente inmejorable y complemento perfecto para mejorar la calidad de los animales que se alimenten con esta materia prima, ya que además los vegetales solo tienen ácidos grasos omega3 de cadena corta.

Por todo ello este proyecto demuestra que la acuicultura española genera unos residuos que se denominan así solamente por el destino final y el propósito inicial de deshacerse de ellos. En realidad esta actividad genera unos subproductos que son excelentes materias primas para una alta diversidad de aplicaciones industriales y comerciales. No obstante, la dispersión en la generación reduce el nivel de rentabilidad del uso de dichos subproductos, por lo que el siguiente paso será realizar el estudio de análisis de viabilidad económica en cada Comunidad Autónoma. Por ello, las soluciones globales son a priori las más sencillas de acometer a gran escala y permiten integrar en dicha solución a la práctica totalidad de las plantas acuícolas, aunque el valor económico de los productos finales sea menor.

Ante esta premisa, los resultados obtenidos permitirán definir los procesos de valorización, logística más adecuada, y la necesidad de infraestructuras nuevas o utilización de existentes para los subproductos más voluminosos y problemáticos específicos de cada Comunidad Autónoma o región específica.

Comentar que la alta dispersión y las distancias entre plantas, así como la existencia de plantas de compostaje y fabricación de harinas, desaconseja una única gestión centralizada en un punto de aprovechamiento, sino que se recomienda la negociación con los responsables de las infraestructuras actuales, promoviendo acuerdos entre las plantas acuícolas y las empresas valorizadoras de subproductos en los que las condiciones de suministro, precio y logística necesaria sea asumible por ambas partes.

La existencia de un intermediario transportista en muchos casos facilita la situación, ya que es quien se encarga de rentabilizar el transporte de muchos puntos de origen a uno de destino.

## 2.6. VALORACIÓN

El proyecto ha avanzado según lo previsto aunque las velocidades de avance de todas las CCAA involucradas no han sido a la misma velocidad. No obstante, se ha producido un retraso por la necesidad de incorporar resultados de todas las CCAA de fases necesarias para poder continuar con las siguientes etapas del proyecto.

La base de datos se ha mostrado muy útil para mantener un censo y un control de los residuos en el tiempo, así como para mantener estadísticas del sector y sus residuos reales de modo actualizado. Asimismo permite determinar dispersiones y sinergias para la gestión y aprovechamiento de los subproductos entre CCAA.

Las opciones de minimización identificadas son de utilidad general a todas las plantas acuícolas y con gran potencial de reducción de residuos y subproductos en origen, al mismo tiempo que generan una reducción de costes y por lo tanto un aumento de la competitividad. No obstante, cada planta debe valorar la aplicabilidad de cada una de las medidas y acciones planteadas, ya que cada planta es específica y diferente a las otras.

Las alternativas tecnológicas para la valorización de los subproductos de peces, crustáceos, moluscos e instalaciones (jaulas) que el proyecto ha proporcionado son de aplicación en todas las CCAA, incidiendo la posibilidad de aplicación a escala real en las propias características del sector en cada comunidad.

Cabe destacar que sería interesante sumar al proyecto CCAA como Valencia, Alicante, Castilla la Mancha, Castilla León y Extremadura, ya que en muchos casos es necesario alcanzar una masa mínima crítica de subproductos y residuos para hacer viable y rentable el aprovechamiento y gestión de los residuos de la acuicultura.

Los resultados obtenidos son de aplicación en todas las CCAA, ya que tienen en cuenta la distinta tipología y problemática asociada a su acuicultura.

Por otro lado, aunque los resultados se califican de satisfactorios, se han identificado problemáticas que se consideran pendientes de solucionar, como es el caso de las mortandades masivas que de forma esporádica se producen. No obstante, el subproyecto de Andalucía incluye un protocolo para la gestión de dichas mortandades y AZTI-TECNALIA está trabajando en otro proyecto para permitir la valorización de dichas mortandades.

## 2.7. DIFUSIÓN

Con objeto de difundir los resultados parciales y finales obtenidos en este proyecto, se han llevado a cabo diferentes actividades de difusión, tales como:

- 2 artículos técnicos en revistas de ámbito nacional e internacional
- 3 pósters presentados tanto en congresos nacionales como internacionales
- 5 presentaciones orales a nivel nacional e internacional

## 2.8. INCIDENCIAS DE DESARROLLO

Debido a las diferentes velocidades a la hora de acometer las tareas del proyecto, esto ha supuesto la necesidad de algunas CCAA de esperar los resultados de otras para pasar a la ejecución de las siguientes fases. Aun así, dicha cuestión no ha supuesto ningún retraso importante del proyecto.

## **INFORME FINAL EXTENSO**

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

**TITULO: TÉCNICAS DE MINIMIZACIÓN, TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE LA ACUICULTURA.**

### **FECHAS DE REALIZACIÓN**

Inicio: 1/02/2005

Finalización: 31/12/2007

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

Nombre y Apellidos: Ramon Jordana I De Simon

Organismo/ Centro: Generalitat De Catalunya/ Direcció General De Pesca I Afers Marítims

Departamento: Agricultura, Ramaderia y Pesca

Teléfono: 933046700

Fax:933046705

Correo electrónico: arjorsi@gencat.net

Dirección postal completa: Gran Via de Les Corts Catalanes 612-614. 08007 Barcelona

### **PARTICIPANTES por cada Comunidad Autónoma**

#### **CATALUÑA**

#### **CENTROS DE INVESTIGACIÓN**

Tipo de centro: Administración

Nombre: Generalitat de Catalunya. Direcció General de Pesca i Afers Maritims

CIF: S-0811001-G

Nombre Representante Legal: Hernan Subirats i Videllet

## DATOS DE LOS INVESTIGADORES

Apellidos: Jordana i de Simón  
Nombre: Ramón  
Organismo: Generalitat de Catalunya  
Centro: Direcció General de Pesca i Afers Marítims  
Departamento: Agricultura, Ramaderia i Pesca  
Teléfono: 93-3046700  
Fax.: 93-3046705  
Correo electrónico: arjorsi@gencat.net  
Dirección Postal: Gran Via de les Corts Catalanes 612-614 CP 08007 Barcelona

Apellidos: Chifre i Petit  
Nombre: Eduard  
Organismo: Generalitat de Catalunya  
Centro: Direcció General de Pesca i Afers Marítims  
Departamento: Agricultura, Ramaderia i Pesca  
Teléfono: 93-3046700  
Fax.: 93-3046705  
Dirección Postal: Gran Via de les Corts Catalanes 612-614 CP 08007 Barcelona

Apellidos: Aguilera  
Nombre: Cristobal  
Organismo: Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA)  
Departamento: Acuicultura  
Teléfono: (977) 74 54 27  
Fax.: (977) 74 41 38  
Dirección Postal: Ctra. Poble Nou Km 5,543540 Sant Carles de la Ràpita Tarragona

Apellidos: Gairin  
Nombre: Ignasi  
Organismo: Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA)  
Departamento: Acuicultura  
Teléfono: (977) 74 54 27  
Fax.: (977) 74 41 38  
Dirección Postal: Ctra. Poble Nou Km 5,543540 Sant Carles de la Ràpita Tarragona

### **De otras entidades a cargo de Cataluña:**

#### **PAIS VASCO**

Tipo de centro: Centro de I+D  
Nombre: Fundación AZTI-TECNALIA  
CIF: G48939508  
Nombre Representante Legal: Rogelio Pozo

## DATOS DE LOS INVESTIGADORES

Apellidos: Esturo Errazti  
Nombre: Aintzane  
Organismo: Fundación AZTI-TECNALIA  
Teléfono: 94-6029400  
Fax.: 94-6870006  
Correo electrónico: aesturo@suk.azti.es  
Dirección Postal: Txatxarramendi ugarte a z/g 48395 Sukarrieta-Bizkaia

Apellidos: Zufía Verdejo  
Nombre: Jaime  
Organismo: Fundación AZTI-TECNALIA  
Teléfono: 94-6029400  
Fax.: 94-6870006  
Correo electrónico: jzufia@suk.azti.es  
Dirección Postal: Txatxarramendi ugarte a z/g 48395 Sukarrieta-Bizkaia

Apellidos: Revuelta  
Nombre: María  
Organismo: Fundación AZTI-TECNALIA  
Teléfono: 94-6029400  
Fax.: 94-6870006  
Dirección Postal: Txatxarramendi ugarte a z/g 48395 Sukarrieta-Bizkaia

Apellidos: Arana  
Nombre: Lorea  
Organismo: Fundación AZTI-TECNALIA  
Teléfono: 94-6029400  
Fax.: 94-6870006  
Correo electrónico: larana@suk.azti.es  
Dirección Postal: Txatxarramendi ugarte a z/g 48395 Sukarrieta-Bizkaia

Apellidos: Bald Garmendia  
Nombre: Carlos  
Organismo: Fundación AZTI-TECNALIA  
Teléfono: 94-6029400  
Fax.: 94-6870006  
Correo electrónico: cbald@suk.azti.es  
Dirección Postal: Txatxarramendi ugarte a z/g 48395 Sukarrieta-Bizkaia

Apellidos: Tello Arostegi  
Nombre: Jon  
Organismo: Fundación AZTI-TECNALIA  
Teléfono: 94-6029400  
Fax.: 94-6870006



Dirección Postal: Txatxarramendi ugarte a z/g 48395 Sukarrieta-Bizkaia

Apellidos: Saitua Saavedra  
Nombre: Eduardo  
Organismo: Fundación AZTI-TECNALIA  
Teléfono: 94-6029400  
Fax.: 94-6870006  
Correo electrónico: esaitua@suk.azti.es  
Dirección Postal: Txatxarramendi ugarte a z/g 48395 Sukarrieta-Bizkaia

Apellidos: Orbe Mateo  
Nombre: Ainhoa  
Organismo: Fundación AZTI-TECNALIA  
Teléfono: 94-6029400  
Fax.: 94-6870006  
Correo electrónico: aorbe@suk.azti.es  
Dirección Postal: Txatxarramendi ugarte a z/g 48395 Sukarrieta-Bizkaia

Apellidos: Llorente  
Nombre: Raquel  
Organismo: Fundación AZTI-TECNALIA  
Teléfono: 94-6029400  
Fax.: 94-6870006  
Correo electrónico: rllorente@suk.azti.es  
Dirección Postal: Txatxarramendi ugarte a z/g 48395 Sukarrieta-Bizkaia

Apellidos: Olabarrieta  
Nombre: Idoia  
Organismo: Fundación AZTI-TECNALIA  
Teléfono: 94-6029400  
Fax.: 94-6870006  
Correo electrónico: iolarbarrieta@suk.azti.es  
Dirección Postal: Txatxarramendi ugarte a z/g 48395 Sukarrieta-Bizkaia

## **ANDALUCIA**

### **CENTRO DE INVESTIGACIÓN**

Tipo de centro: Administración  
Nombre: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca (en colaboración con la Consejería de Medio Ambiente)  
CIF: S-4111001  
Nombre Representante Legal: José Manuel Gaiteiro Rey  
Datos de los Invetigadores  
Apellidos: Villarías Molina  
Nombre: Rosa María

Organismo: Junta de Andalucía.  
Centro: Consejería de Agricultura y Pesca. Dirección General de Pesca y Acuicultura.  
Departamento: Servicio de Estructuras Pesqueras y Acuícolas.  
Teléfono: 955032131  
Fax: 955032590  
Dirección Postal: C/ Tabladilla, s/n. 41071 Sevilla.  
Correo electrónico: rosam.villarias@juntadeandalucia.es

Apellidos: Acosta Camacho  
Nombre: Daniel  
Organismo: Junta de Andalucía.  
Centro: Consejería de Agricultura y Pesca. Dirección General de Pesca y Acuicultura.  
Departamento: Servicio de Estructuras Pesqueras y Acuícolas.  
Teléfono: 955032131  
Fax: 955032507  
Dirección Postal: C/ Tabladilla, s/n. 41071 Sevilla.  
Correo electrónico: daniel.acosta@juntadeandalucia.es

Apellidos: Barba Salcedo  
Nombre: Rafael  
Organismo: Junta de Andalucía.  
Centro: Consejería de Medio Ambiente. Dirección General de Gestión del Medio Natural.  
Departamento: Servicio de Gestión del Medio Natural.  
Teléfono: 955003464  
Fax: 955003778  
Dirección Postal: Avda. Manuel Siurot, 50. 41013 Sevilla.  
Correo electrónico: rafael.barba@juntadeandalucia.es

Apellidos: López Fernandez  
Nombre: Antonio José  
Organismo: Junta de Andalucía.  
Centro: Consejería de Medio Ambiente. Dirección General de Gestión del Medio Natural.  
Departamento: Servicio de Gestión del Medio Natural.  
Teléfono: 955003461  
Fax: 955003778  
Dirección Postal: Avda. Manuel Siurot, 50. 41013 Sevilla.  
Correo electrónico: antonioj.lopez@juntadeandalucia.es

Apellidos: Macías Rivero  
Nombre: José Carlos  
Organismo: Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.  
Centro: Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero.  
Departamento: Subdirección de Recursos Pesqueros y Acuícolas.  
Teléfono: 955059926

Fax: 955059922  
Dirección Postal: Bergantín, 39, 41012, Sevilla.  
Correo electrónico: jcmacias@dap.es

Apellidos: Agraso Martínez  
Nombre: María del Mar  
Organismo: Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.  
Centro: Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero.  
Departamento: Subdirección de Recursos Pesqueros y Acuícolas.  
Teléfono: 955059926  
Fax: 955059922  
Dirección Postal: Bergantín, 39, 41012, Sevilla.  
Correo electrónico: mdmagraso@dap.es

Apellidos: Rodríguez García  
Nombre: Gema  
Organismo: Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.  
Centro: Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero.  
Departamento: Subdirección de Recursos Pesqueros y Acuícolas.  
Teléfono: 955059926  
Fax: 955059922  
Dirección Postal: Bergantín, 39, 41012, Sevilla.  
Correo electrónico: grodriguez@dap.es

Apellidos: Gallé Cejudo  
Nombre: Jesús Pascual  
Organismo: Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.  
Centro: Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero.  
Departamento: Subdirección de Recursos Pesqueros y Acuícolas.  
Teléfono: 955059926  
Fax: 955059922  
Dirección Postal: Bergantín, 39, 41012, Sevilla.  
Correo electrónico: jpgalle@dap.es

## **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 DEL INVESTIGADOR RESPONSABLE DEL SUBPROYECTO**

Apellidos: González Henriquez  
Nombre: M<sup>a</sup> Nieves  
Organismo: Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información.  
Presidencia del Gobierno de Canarias  
Centro: Instituto Canario de Ciencias Marinas  
Departamento: Gestión del Litoral y Desarrollo Sostenible  
Equipo: GL  
Teléfono: 928 132900 ext.206  
Fax.: 928 132808  
Correo electrónico: [ngonzalez@iccm.rcanaria.es](mailto:ngonzalez@iccm.rcanaria.es)  
Dirección Postal: Apdo. 56, 35200 Telde

### **DATOS DEL EQUIPO DE TRABAJO**

Apellidos: Grimón Domínguez  
Nombre: Mónica  
Centro: Instituto Canario de Ciencias Marinas  
Departamento: Gestión del Litoral y Desarrollo Sostenible  
Equipo: GL  
Teléfono: 928 132900 ext.211  
Fax.: 928 132808  
Correo electrónico: [monicagd@iccm.rcanaria.es](mailto:monicagd@iccm.rcanaria.es)  
Dirección Postal: Apdo. 56, 35200 Telde

### **RESPONSABLE EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA**

Apellidos: Feliciano Rivera  
Nombre: M<sup>a</sup> Paloma  
Organismo: Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación  
Centro: Viceconsejería de Pesca  
Departamento: Secretaría Territorial de Pesca  
Equipo: Sección Acuicultura  
Teléfono: 922 475405  
Fax.: 922 246843  
Correo electrónico: [mfelriv@gobiernodecanarias.org](mailto:mfelriv@gobiernodecanarias.org)  
Dirección postal: Edificio Usos Múltiples I. 38071 Santa Cruz de Tenerife

## **GALICIA**

### CENTROS DE INVESTIGACIÓN

Tipo de centro: Investigación  
Nombre: CIMA, Consellería de Pesca, XUNTA de Galicia  
CIF: S-1511001-H  
Nombre Representante Legal: Fátima Linares Cuerpo

Tipo de centro: Universidad  
Nombre: de Santiago de Compostela  
**CIF: Q-1518001-A**  
**Nombre Representante Legal: Senén Barro Ameneiro**

### DATOS DE LOS INVESTIGADORES:

Apellidos: Guerrero Valero  
Nombre: Salvador  
Organismo: XUNTA de Galicia  
Centro: CIMA  
Departamento:  
Equipo:  
Teléfono: 986 500161/986 500155 Ext. 214  
Fax.: 986 506788  
Correo electrónico: [salvadorg@cimacoron.org](mailto:salvadorg@cimacoron.org)  
Dirección Postal: CIMA. Apartado 13. 36620 Vilanova de Arousa  
(Pontevedra)

Apellidos: Alonso Fernández de Landa  
Nombre: Jose Luis

Organismo: XUNTA de Galicia  
Centro: CIMA  
Departamento:  
Equipo:  
Teléfono: 986 500161/986 500155.Ext.243  
Correo electrónico: landa@cimacoron.org  
Dirección Postal: CIMA. Apartado 13. 36620 Vilanova de Arousa  
(Pontevedra)

Apellidos: Estevez Toranzo  
Nombre: Alicia  
Organismo: Universidad de Santiago de Compostela  
Centro: FACULTAD DE BIOLOGÍA  
Departamento: de Microbiología y Parasitología  
Equipo:  
Teléfono: 981563100 ext.169  
Fax.: : 981596904  
Correo electrónico: : mpaetjlb@usc.es  
Dirección Postal: Campus Universitario Sur, Universidad de Santiago de  
Compostela, 15782 Santiago de Compostela

Apellidos: López Romalde  
Nombre: Jesús  
Organismo: Universidad de Santiago de Compostela  
Centro: FACULTAD DE BIOLOGÍA  
Departamento: de Microbiología y Parasitología  
Equipo:  
Teléfono: : 981563100 ext.16908  
Fax.: : 981596904  
Correo electrónico: mpromald@usc.es  
Dirección Postal: Campus Universitario Sur, Universidad de Santiago de  
Compostela, 15782 Santiago de Compostela

Apellidos: Barja Pérez  
Nombre: Juan Luis  
Organismo: Universidad de Santiago de Compostela  
Centro: FACULTAD DE BIOLOGÍA  
Departamento: de Microbiología y Parasitología  
Equipo:  
Teléfono: 981563100 ext.16911  
Fax 981596904  
Correo electrónico:  
Dirección Postal: Campus Universitario Sur, Universidad de Santiago de  
Compostela, 15782 Santiago de Compostela

Apellidos: Prado Iglesias  
Nombre: Susana  
Organismo: Universidad de Santiago de Compostela

Centro: FACULTAD DE BIOLOGÍA  
Departamento: de Microbiología y Parasitología  
Equipo:  
Teléfono: : 981563100 ext.13254  
Fax.: : 981596904

Apellidos: Pascual López  
Nombre: M<sup>a</sup> Cruz  
Organismo: Universidad de Santiago de Compostela  
Centro: FACULTAD DE BIOLOGÍA  
Departamento: de Biología Animal  
Equipo: Tecnología de Productos Pesqueiros  
Teléfono: 981563100 ext. 13342  
Fax.: 981596904  
Correo electrónico: [cruz.pascual@usc.es](mailto:cruz.pascual@usc.es)  
Dirección Postal: Campus Universitario Sur, Universidad de Santiago de Compostela, 15782 Santiago de Compostela

Apellidos: Rodríguez Vázquez  
Nombre: Carlos José  
Organismo: Universidad de Santiago de Compostela  
Centro: FACULTAD DE BIOLOGÍA  
Departamento: de Biología Animal  
Equipo: Tecnología de Productos Pesqueiros  
Teléfono: 981563100 ext. 13347  
Fax.: 981596904  
Correo electrónico: [carlosjose.rodriguez@usc.es](mailto:carlosjose.rodriguez@usc.es)  
Dirección Postal: Campus Universitario Sur, Universidad de Santiago de Compostela, 15782 Santiago de Compostela

Apellidos: Brea Fernández  
Nombre: M<sup>a</sup> Dolores  
Organismo: Universidad de Santiago de Compostela  
Centro: FACULTAD DE BIOLOGÍA  
Departamento: de Biología Animal  
Equipo: Tecnología de Productos Pesqueiros  
Teléfono: 981563100 ext. 16030  
Fax.:  
Correo electrónico: [mariadolores.brea@usc.es](mailto:mariadolores.brea@usc.es)  
Dirección Postal: Campus Universitario Sur, Universidad de Santiago de Compostela, 15782 Santiago de Compostela

## 2.- RESULTADOS TECNICOS DEL PLAN NACIONAL

### 2.1. OBJETIVOS

#### OBJETIVO GENERAL:

El presente proyecto pretende aportar al sector español de la acuicultura soluciones reales, eficientes y técnico-económicamente factibles para la minimización y reducción en origen de los residuos generados por su actividad, obtener compuestos de alto valor añadido con aplicación comercial y posibilitar un aprovechamiento de los restantes residuos, de modo que se contribuya así al desarrollo del sector y a la obtención de la sostenibilidad, es decir, obtener mayor rendimiento de las materias primas y reducir la generación de residuos, vertidos y emisiones, haciendo un mejor uso de los recursos disponibles a la vez que se respeta el medio ambiente, y todo ello, de forma económicamente rentable y cumpliendo con la normativa medioambiental vigente, lo que mejorará la competitividad del sector.

#### OBJETIVOS PARCIALES:

Los objetivos específicos del presente proyecto consisten básicamente en:

- i) Conocer la situación real sobre la generación de residuos producidos por la acuicultura en Galicia, Cataluña, Andalucía y Canarias. Conocer volúmenes y la clasificación de los residuos generados, así como su gestión actual. Permitir un fácil tratamiento y actualización de los datos mediante una base de datos unificada y actualizable.
- j) Conocer los requisitos y condicionantes legales aplicables a cada uno de los residuos producidos por la acuicultura en Galicia, Cataluña, Andalucía y Canarias y su posible aprovechamiento
- k) Identificar las medidas más eficaces y económicas de reducir el volumen de residuos generados en origen mediante técnicas innovadoras de minimización.
- l) Identificar componentes aprovechables y alternativas de valorización en los subproductos de la acuicultura y desarrollar sistemas de obtención / extracción.
- m) Determinar la viabilidad de aprovechamiento de los subproductos acuícolas más importantes de cada comunidad autónoma desde un punto de vista técnico, legal, económico y de mercado.
- n) Diseño y optimización de protocolos y tecnologías de aprovechamiento innovadoras para obtener productos de la mayor pureza, valor añadido y mayor salida comercial posible a partir de los subproductos de la acuicultura. Determinación de la viabilidad de obtención a nivel industrial.
- o) Proponer alternativas efectivas y reales de aprovechamiento y gestión para los residuos no aprovechables según la legislación vigente
- p) Facilitar la difusión y aprovechamiento de los resultados y conclusiones del proyecto al sector español de la acuicultura y comunidad científica relacionada mediante informes en forma de guía y dípticos.

En cuanto al subproyecto de Galicia, dado que ya realizó anteriormente un plan de gestión de los residuos de la acuicultura, el objetivo de su subproyecto es evaluar la inocuidad y salubridad de los ensilados químicos, elaborados a base de peces contaminados con las bacterias patógenas y determinar qué tipo de ensilado es más efectivo en ese sentido.



### Subproyecto Galicia

Se plantea la utilización de la técnica del ensilaje como una solución para el almacenamiento de vísceras y bajas en granjas y piscifactorías de peces. De acuerdo con la legislación vigente en la CE, dichos despojos han de ser almacenados en la granja y retirados por un gestor autorizado que pasa periódicamente a recogerlos por los establecimientos de acuicultura, en este estudio planteamos estudiar la supervivencia de tres especies de patógenos representativos de enfermedades en el cultivo tanto en agua dulce como en agua de mar para determinar el grado de resistencia del patógeno y de acción bactericida del ensilado con el objeto de prevenir y evitar el riesgo de una posible transmisión de enfermedades entre piscifactorías.

En una primera fase se plantea optimizar el proceso fermentativo del ensilado con el fin de aprovechar y facilitar la asimilación de nutrientes esenciales que se hallan en los residuos orgánicos generados por la industria acuícola y su transformación., al mismo tiempo que minimizar, inhibir o reducir la presencia de determinados organismos patógenos estableciendo los siguientes objetivos concretos:

1. Evaluación nutricional para su utilización en alimentación de especies cultivables de vertebrados no rumiantes.
2. Inactivación de patógenos representativos de enfermedades más comunes en acuicultura mediante procesos de hidrólisis de la materia prima.
3. Estandarización de las condiciones más adecuadas para la obtención de un producto salubre e inocuo con un elevado potencial de reutilización.

## 2.2. OBJETIVOS REALIZADOS

Se han llevado a cabo todos los objetivos iniciales planteados.

### Subproyecto Galicia

Estudiar el tipo de flora microbiana más representativa en los residuos orgánicos generados por las empresas de cultivo de rodaballo y de trucha, cómo se comportó ésta durante el proceso de fermentación y que población consiguió llegar al final del proceso estableciéndose las condiciones óptimas para el desarrollo del ensilado.

Asimismo se evaluó la supervivencia de patógenos de peces durante el proceso de ensilado de residuos de la acuicultura mediante la inoculación de los siguientes patógenos: *Aeromonas salmonicida*, agente causal de la forunculosis de aguas cálidas, *Streptococcus parauberis* que es uno de los responsables de las enfermedades más comunes en granjas de peces y el parásito *Philastérides dicentrarchi*

## 2.3. METODOLOGÍA

El proyecto se ha centrado en cuatro de las Comunidades Autónomas que más actividad acuícola tienen: Andalucía, Cataluña, Galicia e Islas Canarias. De éstas, Cataluña se ha encargado de la coordinación general, delegando en AZTI la coordinación técnica.

Las tareas científico-técnicas asociadas a cada comunidad han sido ejecutadas por los centros de investigación de cada comunidad. Las tareas encomendadas han sido:

- Actualización del censo de plantas de acuicultura según modelo estandarizado
- Recopilación de datos de las plantas de la acuicultura

- Ejecución de analíticas de caracterización de subproductos
- Revisión de la legislación autonómica
- Elaboración de informes parciales
- Visitas técnicas a planta
- Discusión y selección de los aprovechamiento mas idóneos para cada residuos de cada CCAA.

AZTI-Tecnalia se ha encargado de proporcionar los formatos y métodos para una actuación estandarizada. Asimismo, AZTI-Tecnalia ha realizado las tareas científico-técnicas centralizadas, así como los trabajos que requieran una estandarización en la cuatro comunidades:

- Diseño de los cuestionarios y base de datos de residuos,
- Desarrollo de la aplicación informática de residuos de la acuicultura
- Establecimiento de protocolos de muestreo,
- Revisión de legislación Europea y Estatal,
- Prospecciones y vigilancias tecnológicas,
- Apoyo en visitas técnicas a planta
- Identificación de medidas y tecnologías de minimización, aprovechamiento y gestión
- Pruebas experimentales a nivel laboratorio, piloto y preindustrial.
- Estudios de viabilidad, redacción de informes técnicos globales, etc.
- Identificación de criterios de logística para el aprovechamiento de subproductos

En este proyecto coordinado la excepción es la Comunidad Autónoma de Galicia, que en el año 2003 ya ejecutó las tareas de Caracterización e inventario de Residuos y la búsquedas de alternativas de gestión para su comunidad, por lo que su subproyecto dentro del proyecto coordinado, se ha centrado en un estudio concreto de obtención de ensilado a partir de subproductos de peces. Por ello, solamente ha entregado los resultados obtenidos en dicho proyecto anterior.

El presente proyecto ha constado de varias fases que se describen a continuación:

#### Inventario, caracterización y gestión de residuos

Con objeto de caracterizar los residuos generados en el sector acuícola, se ha llevado a cabo un inventario y clasificación de empresas de acuicultura marina y continental de las Comunidades Autónomas participantes. Además, se ha procedido a una completa caracterización, cuantificación y clasificación de los residuos generados en ellas, atendiendo a su origen geográfico, tipo de residuo y tipo de gestión a la que son sometidos actualmente. Para ello, los centros de desarrollo y de desarrollo de cada CCAA han realizado una serie de encuestas realizadas por AZTI-TECNALIA, con el fin de obtener una información homogénea y estandarizada de los residuos generados por cada una de las plantas existentes. Estos cuestionarios constan de las siguientes secciones:

- cuestionario empresas: se recopilan los datos generales de la empresa
- cuestionario plantas: se recogen los datos de las plantas productoras pertenecientes a cada empresa
- cuestionario de residuos propios del proceso: se recopila información relativa a los residuos generados durante el propio proceso productivo
- cuestionario residuos generales: se recoge la información necesaria para la caracterización de los residuos que se producen en las plantas acuícolas, independientemente de su proceso productivo

Allí donde no ha sido posible recopilar la información, se han aplicado unos ratios de generación de residuos en base a su producción.

Al mismo tiempo, AZTI-TECNALIA ha diseñado y desarrollado una aplicación informática para la recopilación y tratamiento estadístico de los datos recogidos en los cuestionarios, y que permite disponer de un inventario de empresas, producciones y residuos totales de la acuicultura.

Asimismo, se han realizado visitas técnicas a las plantas a las cuales han asistido tanto técnicos de AZTI-TECNALIA como de las CCAA participantes.

Por otro lado, se ha llevado a cabo una revisión de la legislación aplicable, siendo AZTI-TECNALIA la encargada de recopilar y analizar la legislación europea y estatal y las CCAA las responsables de su normativa respectiva. Mediante la recopilación de los informes autonómicos de requisitos normativos, AZTI-TECNALIA ha elaborado el informe global de Requisitos normativos.

#### Desarrollo de técnicas de minimización

Con el objetivo de identificar y validar medidas en proceso para reducir en origen la generación de residuos y aumentar la eficiencia de la producción, se ha llevado a cabo junto con los centros de las Comunidades Autónomas una vigilancia tecnológica sobre técnicas de minimización y producción limpia. Se han identificado casos reales en otros sectores y estudiado su aplicabilidad en los productores de acuicultura.

Las fuentes de información revisadas para el desarrollo de la vigilancia tecnológica han sido las siguientes:

- Fuentes documentales propias.
- Estudios, trabajos y publicaciones anteriores sobre minimización.
- Bases de datos científico-técnicas (revistas, artículos)
- Fuente Internet: Productos, proveedores, etc.

La vigilancia tecnológica desarrollada en las CCAA se ha centrado en los siguientes procesos:

- Engorde de peces de mar en tierra (sobre todo dorada y lubina).
- Cría de peces de río (sobre todo trucha).
- Engorde de peces en jaulas de mar
- Engorde de peces en esteros
- Engorde de peces en tanques o piscinas

Los documentos de vigilancia parciales elaborados con toda la información recopilada y tratada sobre tecnologías, técnicas y medidas identificadas, han sido enviados a la Coordinación Técnica (AZTI-TECNALIA), quien ha realizado una vigilancia Tecnológica a nivel internacional utilizando las siguientes fuentes:

- Bases de datos de información de mercado internacional.
- Bases de datos de patentes a nivel internacional.
- Investigaciones de I+D europeo y americano.
- Entrevistas con proveedores, ferias,...
- Fuentes documentales propias.

Además, se seleccionaron empresas tipo en cada CCAA para implantar de modo piloto una metodología adaptada por AZTI-TECNALIA para identificar y evaluar desde un punto de vista

técnico, económico, legislativo y ambiental dichas medidas, seleccionando aquellas que suponen un mayor ahorro y disminución de residuos.

Se seleccionaron las siguientes como plantas-tipo:

- Acuicultura continental:
  - Engorde y transformación de trucha
- Acuicultura marina:
  - Engorde de dorada y lubina
  - Engorde y transformación de dorada y lubina en tanques en tierra y jaulas en mar

Los datos recopilados de las empresas piloto de acuicultura marina y continental han sido: localización geográfica, antecedentes y descripción genérica de la actividad acuícola desarrollada en planta.

Se han llevado a cabo visitas técnicas a las empresas tipo por parte de cada centro de las CCAA, junto con técnicos de AZTI-TECNALIA con el fin de analizar el tipo de prácticas de trabajo, los procesos y técnicas empleadas en cada una de las fases principales y auxiliares del proceso productivo.

Se ha elaborado un diagrama de flujo de los procesos identificando todas las entradas y salidas, y cuantificándolas a partir de los cuestionarios elaborados para tal fin.

Se han identificado aquellos puntos donde se genera un residuo en cada uno de los tipos de actividad acuícola. Asimismo, se ha tenido en cuenta la aplicabilidad de las técnicas detectadas mediante la vigilancia tecnológica.

Utilizando la información obtenida en la vigilancia tecnológica, la normativa vigente, los informes de diagnóstico de situación y el análisis de causa-efecto pormenorizado, se han desarrollado medidas y técnicas de minimización tendentes a la reducción de pérdidas de producto acuícola a lo largo de todos los procesos productivos, reducción de residuos de envases y embalajes, de heces y lodos de depuradora y otros residuos que se generan en las distintas granjas.

Se han desarrollado técnicas específicas de minimización para cada tipo de cultivo y proceso y otras generales aplicables al conjunto del sector.

Una vez identificadas una serie de medidas de minimización aplicables a cada tipo de planta acuícola, se ha evaluado su potencial de minimización, factibilidad técnica real, inversión requerida y su período de recuperación, mediante un método diseñado por AZTI-TECNALIA.

De las visitas técnicas y operativas de implantación realizadas, se definieron actuaciones de minimización de residuos de amplia aplicación en el sector.

En base a los resultados de la valoración de las medidas identificadas y desarrolladas, se han seleccionado las de aplicación más amplia y mayor reducción de residuos esperados. Con ellas, se ha elaborado una guía la cual servirá como referencia a las empresas del sector de todo el Estado.

#### Obtención de compuestos de alto valor añadido

Inicialmente, se han seleccionado aquellos subproductos no destinados a consumo humano y que no son de categoría 1 o 2 (animales muertos sin ser sacrificados, con medicamentos veterinarios,

animales con enfermedades infecciosas y otros), los cuales deben ser gestionados (tratados o eliminados) de modos específicos establecidos en el Reglamento 1774/2002 del Parlamento Europeo. Por ello, la obtención de productos de alto valor añadido se ha estudiado para los subproductos de categoría 3, los cuales, por otro lado son los más numerosos. Los analizados son:

- Colas Aletas
- Cabezas
- Hígado
- Vísceras
- Escamas
- Piel
- Espinas
- Testículos
- Agua de lavado
- Ojos
- Pescado entero
- Restos de masa muscular
- Conchas de crustáceos
- Crustáceos enteros
- Conchas de moluscos

Para cada uno de los productos de alto valor añadido identificado se han estudiado una serie de aspectos importantes que marcan a priori la conveniencia de un aprovechamiento u otro. Los aspectos analizados han sido:

- **Producto V.A.:** Compuesto de valor añadido
- **Subproducto de origen:** se enumeran los residuos / subproductos que lo contiene y de los que potencialmente se pueden extraer
- **Descripción:** se ha especificado cual es el compuesto o aprovechamiento de valor añadido y se ha realizado una descripción de los mismos.
- **Propiedades funcionales:** se explica que propiedades básicas tiene el compuesto que le confieren un valor añadido en distintas aplicaciones comerciales
- **Aplicaciones:** Se enumeran las aplicaciones comerciales potenciales en la actualidad existen de la sustancia de valor añadido
- **Proceso de obtención laboratorio:** Se explica el proceso de obtención a nivel laboratorio y las tecnologías necesarias para su extracción y purificación a partir del subproducto.
- **Proceso de obtención industrial:** Se explica el proceso de obtención a nivel industrial si existe y las tecnologías necesarias para su extracción y purificación a partir del subproducto.
- **Ratio obtención:** Se muestra la cantidad de producto obtenido o presente con respecto a la cantidad total de subproducto.
- **Factores económicos:** se detallan aquellos factores de índole económica (coste de la tecnología, precios de carburantes, etc.) que pudieran afectar de algún modo a la viabilidad de obtención real del producto de alto valor añadido y su comercialización.

- **Factores técnicos:** se detallan aquellos factores de índole técnico, biológico otro asociado a la viabilidad técnica de obtención real del producto de alto valor añadido y su comercialización.
- **Factores de mercado:** se detallan aquellos factores asociados a la oferta y la demanda que pudieran afectar de algún modo a la viabilidad de obtención real del producto de alto valor añadido y su comercialización.
- **Factores legislativos:** Se detallan aquellos factores asociados a las políticas y legislación que pudieran establecer restricciones al aprovechamiento del subproducto.
- **Otros Factores:** especificación de algún otro factor no clasificado anteriormente que pudiera afectar a la viabilidad o factibilidad del aprovechamiento
- **Producción:** Se especifican datos de producción actual del producto de valor añadido (en España, Europa, etc.).
- **Datos de importación/ exportación:** es caso de que existan
- **Precio:** precio en el mercado del producto y fluctuaciones
- **Productos competidores / sustitutivos:** Detalle de fabricantes actuales de sustancias similares u otras que cumplan la misma función que el producto que objeto de estudio.
- **Evolución prevista:** detalle de la evolución del mercado que afecta al producto objeto de estudio, si va en aumento, en descenso y están apareciendo productos sustitutivos, etc.

Tras dicho análisis se han seccionado aquellos compuestos que por su valor comercial, cantidad potencial a obtener en cada comunidad autónoma o factibilidad técnica de obtención, tiene un mayor potencial de ser obtenidos a escala real de un modo técnicamente y económicamente viable.

Con los compuestos seleccionados, se ha procedido a realizar pruebas experimentales para su obtención. Las pruebas experimentales han sido:

- Obtención de **pulpa de pescado estabilizada** a partir de dorada, trucha y lubina: tras descongelar, descabezar, eviscerar y separar el músculo y la piel, se ha llevado a cabo un lavado y picado del músculo con un determinado tamaño de partícula. Tras estas fases de preparación y picado, se han añadido crioprotectores y antioxidantes en el músculo para su estabilización. Una vez realizado, se ha envasado en bolsas transparentes y congelado.
- Obtención de **surimi**: tras las fases de preparación y picado transcurridas de igual forma que en el caso de la pulpa, se ha llevado a cabo la extracción de las proteínas miofibrilares, mediante tres ciclos de lavado, filtrado y centrifugado. Posteriormente se han añadido crioprotectores para estabilizar el surimi, envasado y congelado.

Ambas pruebas se han llevado a término tanto a escala laboratorio-piloto, como a nivel pre-industrial.

- **Obtención de quitina-quitosano:** los residuos de cangrejo de río se han acondicionado para llevar a cabo la desproteinización con NaOH, lavado, desmineralización con HCl y decoloración para conseguir así la quitina. Tras un proceso de desacetilación con NaOH, se ha obtenido el quitosano.

### Aprovechamiento y valorización de subproductos de forma íntegra

De los distintos subproductos animales generados en cada uno de los procesos, se pretende obtener productos de alto valor añadido con aplicación comercial. Para ello, se ha llevado a cabo una vigilancia tecnológica de los potenciales aprovechamientos y compuestos de alto valor añadido de los que pudieran ser destino los subproductos de la acuicultura. Asimismo, se han estudiado los factores técnico-económicos y de mercado para cada aprovechamiento, con el fin de conocer los factores determinantes para su utilización real. Los factores estudiados han sido:

- *Criterios legislativos:* requisitos propios de la normativa asociada a los residuos y otros asociados a la normativa de cada uno de los aprovechamientos.
- *Criterios científico-técnicos:* cantidades mínimas necesarias, características físico-químicas del subproducto, condiciones de operatividad necesaria.
- *Criterios económicos:* costes de inversión y explotación, transporte, precio final del producto aprovechable obtenido, costes de eliminación final.
- *Criterios logísticos:* necesidad de condiciones de almacenamiento y/o transporte adecuadas, etc., sistemas para evitar la transmisión de enfermedades entre plantas acuícolas.
- *Criterios de mercado:* existencia de infraestructuras, gestores y empresas-organismos de aprovechamiento o tratamiento, distancia de ubicación, condiciones o requisitos de aceptación por parte de potenciales compradores.

En base a la información obtenida, se seleccionaron los parámetros físico-químicos de caracterización y se realizaron analíticas de laboratorio de cada subproducto. Las muestras analizadas son especies representativas del sector de la acuicultura, tanto marina como continental, y provienen de Andalucía (dorada, trucha, lubina y cangrejo rojo americano), Canarias (dorada, lubina y fouling) y Cataluña (moluscos).

Los parámetros de análisis seleccionados han sido: aceites y grasas, proteína, perfil de ácidos grasos (incluidos PUFA), perfil de aminoácidos, calcio, fósforo, colágeno, carbonato cálcico, humedad, amoníaco, metales pesados (Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn, Hg), N amínico, cloruro sódico y relación C/N.

Además, se han realizado pruebas experimentales de obtención de componentes de alto valor añadido, como el surimi, quitina y quitosano.

Asimismo, se determinó la idoneidad de cada subproducto para cada aprovechamiento identificado, cotejando los resultados obtenidos de las analíticas con los valores de los requisitos identificados. Igualmente, en base a las diferencias entre los valores de los parámetros de los subproductos y los óptimos de cada opción de valorización se han definido los tratamientos necesarios (deshidratación, adición de nutrientes, etc.) para su adecuación.

Las alternativas de aprovechamiento o eliminación planteadas para los residuos de los que no ha sido posible obtener productos de valor añadido por motivos de su composición, exigencias legales, ubicación de la planta, etc, han sido las permitidas por el Reglamento 1774/2002 para los SANDACH y el resto de normativa europea estatal y autonómica en el caso general de los residuos. Estas son:

- Biometanización
- Compostaje
- Alimentación animal (harinas y aceites)

Por otra parte, en base a la distribución de las plantas acuícolas y su cantidad de residuos generados, se establecieron los puntos de gravedad de un eventual tratamiento centralizado.

### Subproyecto Galicia

Se establecieron dos tipos de ensilados experimentales, uno químico empleando ácido fórmico y sorbato potásico como agente antifúngico utilizando como materia prima vísceras de trucha suministradas por una piscifactoría de la empresa Marcultura S.A. y rodaballo entero procedente de una granja marina de Sotl Sea Farm.

A lo largo de los estudios microbiológicos se emplearon los medios de cultivo: MRS Agar/Caldo, TSA-1 y PCA

Inicialmente se probaron distintos tipos de ácidos variando las concentraciones y finalmente se opta por ácido fórmico al 3% ya que así se asegura la conservación sin descenso excesivo del pH, lo que a su vez evita la etapa de neutralización del producto final, en el ensilado microbiológico se realizaron dos lotes, uno con *Lactobacillus plantarum* al 1% y como fuente de hidratos de carbono, lactosuero en polvo y otro en el que se utiliza jarabe de glucosa al 7.5%.

## 2.4. RESULTADOS

A continuación se exponen los resultados más resaltables de cada uno de los objetivos del proyecto:

### **Inventario y caracterización de residuos**

Los residuos propios de proceso más habituales generados por cada CCAA, clasificados por el tipo de aprovechamiento para el que pueden ser útiles, así como sus cantidades y frecuencia de generación, son los siguientes:

Aprovechamiento		Andalucía		Cataluña		Canarias	
		Residuos (tn)	Frecuencia generación	Residuos (tn)	Frecuencia generación	Residuos (tn)	Frecuencia generación
Alimentación animal	Partes de animales sacrificados para consumo humano pero que no se destinen a este fin por fines comerciales (Cat. 3)	173,9	diaria	12,84	diaria	21,96	semanal
	Subproductos de pescado procedentes de industrias que fabriquen productos a base de pescado destinados al consumo humano (Cat.3)	330,3	puntual	205	diario	0	
Biometanización y compostaje	Animales que mueran sin ser sacrificados por enfermedad (Cat. 2)	101,88	puntual	149,78	puntual	15,26	Semanal, diaria
	Animales que mueran sin ser sacrificados por causas físicas (Cat. 2)	212,48	diaria	39,37	Semanal, anual	70,37	semanal
	Lodos o fangos de los fondos	21,6	diaria	3	diaria	1,60	mensual
	Pienso caducado	0,36	puntual			0	



	Organismos que se pegan en las cuerdas, jaulas, etc.	37,0	mensual	34,24	Todo el ciclo	4,21	Todo el ciclo
	Algas	206,5	diaria			1,80	Limpieza redes, jaulas
Carbonato cálcico	Caparazones, conchas, etc. de animales que no presenten signos clínicos de ninguna enfermedad transmisible al ser humano (Cat. 3)	555,55	diaria	842,18	anual		

Por otra parte, los residuos generales que más se generan por cada CCAA son:

<i>Residuo</i>	<i>Andalucía (tn)</i>	<i>Canarias (tn)</i>
Residuos plásticos (envases, embalajes, films, etc.)	85,97	45,51
Papel y cartón	58,36	0,29
Restos de madera (Palets, etc.)	310,12	170,02
Sacos (big-bags)	8,78	2,4
Metal y chatarra	41,28	4,88
Vidrio	3,61	0,5
Restos sanitarios (antibióticos, etc.)	15,32	1,64
Redes desechables	11,22	20,3

En la CCAA de Cataluña, sólo se han inventariado 5 tn de residuos de metal y chatarra, obtenidos de los cuestionarios cumplimentados por las empresas de acuicultura.

Por otro lado, en el caso particular de Galicia, los residuos o subproductos obtenidos, así como los residuos generales, han sido los siguientes:

<i>Residuos propios de proceso</i>	<i>Galicia (tn)</i>
Fangos y materia orgánica del laboreo del mejillón	30999
Algas y otra biomasa	8924
Concha blanca	1727
Lodos de balsas de decantación	2907
Peces muertos	330

<i>Residuos generales</i>	<i>Galicia (tn)</i>
Tablones de madera	4000
Flotadores de bateas	1225
Cuerdas de bateas	667
Palets de madera	446
Sacos de pienso	95
Tubos fluorescentes	3804 ud.

En el caso de Andalucía, Durante la fase de caracterización de los residuos generados las instalaciones, se realizaron encuestas y visitas técnicas programadas a la mayoría de las empresas de acuicultura marina y continental de Andalucía. En cuanto a las empresas de acuicultura continental, además, se consideraron dos empresas dedicadas a la transformación y comercialización del cangrejo rojo americano por ser la actividad extractiva de esta especie susceptible de ser regulada como actividad acuícola a medio plazo.

Según el marco temporal del estudio, 2004-2005, en Andalucía existían 74 empresas de acuicultura marina de las cuales fueron encuestadas 34, mientras que en el sector de la acuicultura continental existían 13 empresas (incluyendo las empresas transformadoras de cangrejo rojo americano) de las cuales fueron encuestadas 8.

Concretamente, se consideraron los datos aportados por las siguientes empresas clasificadas por subgrupos según las características de su cultivo:

INSTALACIONES DE ACUICULTURA MARINA		INSTALACIONES DE ACUICULTURA CONTINENTAL	
Subgrupos	Nº	Subgrupos	Nº
Criadero y preengorde de peces en estanques.	7	Criadero, preengorde y engorde de peces en estanques	6
Engorde de peces en granjas marinas en tierra	10	Plantas de transformación de crustáceos	2
Engorde peces en jaulas flotantes	10		
Cría de moluscos en estanques, long-lines, bateas y parques intermareales.	5		
Cría de crustáceos en estanques	3		
<b>SUBTOTAL</b>	<b>35</b>		<b>8</b>

**Tabla:** Organización del sector acuícola marino y continental en subgrupos con características comunes.

**Fuente** Empresa Pública DAP.

En la siguiente tabla podemos ver el grado de participación y representatividad de las instalaciones acuícolas:

REPRESENTATIVIDAD DE LAS INSTALACIONES ENCUESTADAS (AÑO 2004)						
Provincias	Acuicultura marina			Acuicultura continental		
	Biomasa anual producida (Tm)	Instalaciones encuestadas		Biomasa anual producida (Tm)	Instalaciones encuestadas	
		Biomasa anual producida (Tm)	Grado de representación		Biomasa anual producida (Tm)	Grado de representación
Almería	1.752,24	1.752,24	100 %			
Cádiz	2.622,49	2.426,34	93%	160,00	160,00	100%
Granada	249,00	249,00	100%	2.209,00	2.209,00	100%
Huelva	1.672,16	1.401,01	84%			
Jaén				36,00	36,00	100%
Málaga	239,71	224,71	94%			
Sevilla	880,00	880,00	100%	3.000,00*	2.000,00*	67%*
<b>TOTAL</b>	<b>7.415,59</b>	<b>6.933,30</b>	<b>94%</b>	<b>5.405,00</b>	<b>4.405,00</b>	<b>85%</b>

**Tabla.-** Grado de representatividad de las instalaciones encuestadas en función de la biomasa producida. \* Instalaciones de cangrejo rojo americano. **Fuente** Empresa Pública DAP.

De esta forma, el trabajo realizado en Andalucía se ha basado en datos proporcionados por empresas que representan en producción de biomasa el 94% de la acuicultura marina y el 85% de la acuicultura continental.

La alta participación, unida a la similitud que presentan las plantas acuícolas en lo que ha generación de residuos se refiere, han facilitado que el estudio se haya realizado sobre datos cercanos a los reales de nuestra comunidad.

En el caso de Canarias, existen en la actualidad 33 empresas en la Comunidad Autónoma dedicadas al cultivo de peces y moluscos. De ellas solo 26 se encuentran funcionando en estos momentos, ya que las otras 7 no han empezado aún su actividad o sencillamente el expediente para obtener la concesión correspondiente no ha sido aprobado.

Por otra parte el cultivo continental se encuentra representado por una única planta dedicada al cultivo de Trucha Arco Iris y la gestiona el Cabildo Insular de Tenerife.

Los datos obtenidos de las empresas de cultivos marinos encuestadas para este proyecto, representan 15 de las 26 que se encuentran funcionando en la actualidad, esto representa aproximadamente el 60 % del total.

En realidad en el año 2004, fecha en que se tomaron las encuestas, las empresas entrevistadas representaban el 100% de las que se encontraban funcionando en ese momento, pero debido a la prolongación de este proyecto en el tiempo y a la continua evolución que está sufriendo la acuicultura en Canarias en los últimos tiempos, en 4 años se han puesto en funcionamiento 11 empresas más, con el consiguiente descenso del grado de representatividad de las encuestas realizadas.

Por último la representatividad de los datos obtenidos de las encuestas realizadas a las plantas de cultivos continentales es del 100%, ya que como se ha especificado anteriormente, se han obtenido los datos de la encuesta realizada a la única instalación existente en las islas dedicada al cultivo continental de Trucha Común.

### ***Desarrollo de técnicas de minimización***

Las medidas identificadas y/o desarrolladas para cada tipo de residuo son:

Aspectos generales:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilización del personal sobre el uso eficiente de los recursos</li> <li>• Divulgación de la información referente a residuos y vertidos generados</li> <li>• Formación, capacitación y sensibilización del personal.</li> <li>• Aplicación de Buenas Prácticas de Fabricación</li> </ul>
Reducción de productos y útiles de limpieza:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilización de productos alternativos de limpieza más eficaces y menos contaminantes</li> <li>• Optimizar las dosificaciones de productos químicos y detergentes</li> <li>• Aprovechamiento de detergentes al máximo</li> <li>• Usar material de mayor vida útil</li> </ul>
Reducción de envases y embalajes:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reutilización de los big-bag para otros usos no alimentarios</li> <li>• Reutilización interna de los sacos de piensos pequeños (p.e. 25 kg)</li> <li>• Optimización de las instalaciones de almacenamiento</li> <li>• Negociación con proveedores la devolución del envase para su reutilización.</li> <li>• Aumento de la utilización de material a granel</li> <li>• Establecimiento de sistemas de incentivos/penalizaciones</li> <li>• Ajuste del tamaño de film separador de peces</li> <li>• Utilización de big-bags en lugar de sacos de 25 kg</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sustitución de redes antes de su vida límite</li> </ul>
Reducción del volumen de peces muertos:	<ul style="list-style-type: none"> <li>Solicitud de punto verde para los sacos de pienso</li> <li>Optimización del manejo de peces</li> <li>Optimización hidráulica de las balsas</li> <li>Retención de sólidos y sustancias tóxicas en los sistemas de recirculación de agua</li> <li>Control de la densidad de peces en tanques</li> <li>Optimización de las clasificadoras a los tamaños de los peces</li> <li>Evitar las ventas parciales de peces</li> </ul>
Reducción del volumen de pienso no aprovechado:	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adecuación de las tolvas a los tamaños de los sacos de pienso</li> <li>Mantenimiento de traspaletas para la manipulación de sacos de pienso</li> </ul>

### Evaluación de las opciones de aprovechamiento y valorización

Las opciones potenciales de valorización / productos de valor añadido inicialmente identificadas han sido:

	Colas	Aletas	Cabezas	Hígado	Vísceras	Escamas	Piel	Espinas	Testículos	Agua de lavado	Ojos	Pescado infravalorado	Restos de masa muscular	Conchas de crustáceos	Conchas de moluscos
<b>Harinas y aceites</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		
<b>Ensilado</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		
<b>Concentrado de proteínas (FPC)</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
<b>Hidrolizado De proteínas (FPH)</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<b>Ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs)</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<b>Proteasas y enzimas proteol</b>				X	X	X									
<b>Colágeno</b>		X				X	X	X							
<b>Cola / Gelatina</b>		X				X	X	X							
<b>Vitaminas liposolubles</b>				X											
<b>Minerales:calcio</b>		X	X			X		X							
<b>Insulina</b>					X										

<b>Esteroles</b>					X													
<b>Protamina</b>									X									
<b>Compost</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
<b>Cuero</b>							X											
<b>Surimi</b>												X	X					
<b>Esencia de Perlas</b>						X												
<b>Marinebeef</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
<b>Ácido Hialurónico</b>												X						
<b>CaCO<sub>3</sub></b>																		X
<b>Conchina</b>																		X
<b>Chitin/Chitosan</b>																	X	
<b>Colorante</b>																	X	

De todas estas opciones y productos, las alternativas seleccionadas y propuestas como mas convenientes han sido:

Aprovechamiento	subproducto	Especies aplicables dentro del proyecto
Alimentación animal, suriomi, pulpa de pescado	Partes de animales sacrificados para consumo humano pero que no se destinen a este fin por fines comerciales (Cat. 3)	Dorada, lubina, trucha, anguila
	Subproductos de pescado procedentes de industrias que fabriquen productos a base de pescado destinados al consumo humano (Cat.3)	
Biometanización y compostaje	Animales que mueran sin ser sacrificados por enfermedad (Cat. 2)	Dorada, lubina
	Animales que mueran sin ser sacrificados por causas físicas (Cat. 2)	
	Lodos o fangos de los fondos	
	Pienso caducado	Todas las especies
	Organismos que se pegan en las cuerdas, jaulas, etc.	Dorada, lubina
	Algas	Dorada, lubina
Carbonato cálcico	Caparazones, conchas, etc, de animales que no presenten signos clínicos de ninguna enfermedad transmisible al ser humano (Cat. 3)	Ostras, mejillón, cangrejo rojo
Quitina quitosano	Caparazones, conchas, etc, de animales que no presenten signos clínicos de ninguna enfermedad transmisible al ser humano (Cat. 3)	Cangrejo rojo

En cuanto a las opciones de aprovechamiento y valorización finalmente evaluadas, se exponen los resultados en cuanto a calidad y composición de los subproductos, así como en cuanto a la cantidad y dispersión de la generación para cada CCAA.

### ***Aprovechamientos para subproductos categoría 3:***

#### Alimentación animal

En cuanto al potencial aprovechamiento de los subproductos analizados (provenientes de dorada, lubina y trucha cat. 3) para su aplicación en alimentación animal, se han obtenido calidades con humedad superior a la idónea para tal fin (60-70% vs. 14%). No obstante, las humedades obtenidas se consideran valores bajos en relación a la humedad original de un pez vivo. Esto es debido a la pérdida de líquidos que sufre el pescado en su evisceración, manipulación y almacenamiento.

En relación al contenido en proteínas, aceites y grasas de las diferentes porciones de pescado analizadas, cabe destacar que, en general, las vísceras son las porciones más grasas en las tres especies analizadas. Asimismo, las cabezas de dorada tienen un alto contenido graso, siendo el contenido de aceites y grasas muy superior al del músculo y similar al de las vísceras.

En cuanto a las proteínas, el mayor contenido se encuentra en las cabezas, seguida del músculo y finalmente en las vísceras.

En general, en referencia a los niveles de proteínas, aceites y grasas, de las tres especies, la dorada es la que posee los mayores niveles, seguida de la lubina y finalmente la trucha.

Las tres especies presentan un perfil de alta calidad nutritiva ya que:

- altos niveles de ácidos omega 6 (mayoritariamente linoleico)
- altos niveles de ácidos omega 3 de cadena larga
- buena relación entre ácidos grasos saturados y poliinsaturados
- buena relación EPA/DHA
- porcentaje total de aceites y grasas alto y cantidades absolutas de los ácidos grasos beneficiosos bastante alto

El perfil aminoacídico de subproductos denota un alto contenido en aminoácidos esenciales. Sobre todo de lisina, que supera el 2% en las tres especies. No obstante, sus niveles no llegan a los valores que la bibliografía establece como óptimos (6%).

En cuanto a metales pesados y otras sustancias indeseables presentan valores muy por debajo de los máximos permitidos, como es el caso de los metales pesados, amoníaco y cloruro sódico, entre otros. En principio tienen calidad alimentaria, ya que están sometidos a los controles higiénico-sanitarios que la normativa alimentaria dispone.

### Pulpa de pescado

Los rendimientos obtenidos a nivel preindustrial son superiores a los obtenidos en el escalado piloto.

La pulpa obtenida de las tres especies estudiadas tiene un contenido graso de aproximadamente un 3%, por lo que sería necesario añadir un antioxidante que evite el enranciamiento graso durante su almacenamiento en congelación.

En cuanto a la caracterización del color, la pulpa de la trucha es la que presenta las mejores propiedades en cuanto a luminosidad y blancura. Sin embargo, en relación a la calidad de la pulpa, la de lubina es la que presenta las mejores características, y la dorada, por el contrario, es la de inferior calidad.

Sin embargo, cualquiera de las tres especies puede ser empleada para la elaboración de pulpa estabilizada, sobre todo si se incluyese una etapa de lavado y secado de la pulpa previa a la adición de los estabilizantes.

### Surimi

Los surimis resultantes de las tres especies estudiadas tienen un contenido en humedad dentro de los límites comerciales, por lo que se consideran de buena calidad.

Los geles de surimi presentan valores de luminosidad y blancura mayores que las del surimi crudo correspondiente. El gel de dorada es el que presenta las mejores propiedades de color, mientras que el de lubina es el peor. Asimismo, los geles de dorada son los que poseen una mayor elasticidad.

Con estos resultados se demuestra que las tres especies son tecnológicamente viables para la elaboración de surimi.

### Quitina-quitosano

La composición aproximada del cangrejo analizado ha sido: carne comestible 15%, agua 70%, residuos sólidos secos 15%

Las muestras de quitosano extraídas consiguen un valor de humedad dentro de los comerciales.

El contenido de cenizas en el quitosano final está dentro del rango aceptado para estos productos. En cuanto a grasa, se han encontrado pequeños vestigios en el producto obtenido, que, por otro lado, ofrece unas características visuales buenas.

En un principio los resultados de desacetilación de la quitina no son óptimos, por lo que se varía esta etapa, obteniendo una solubilidad del quitosano mucho mayor. Los malos resultados del proceso de desacetilación indicaban en un principio que el extracto no era quitosano. No obstante, el cambio en el proceso ha mejorado notablemente las características del producto final, aunque el color final ha resultado ser más oscuro.

### ***Aprovechamientos para subproductos de categoría 2 o 3:***

#### Biometanización

Los subproductos de acuicultura presentan un elevado contenido en nitrógeno (relación C/N de 7,6/1 en la dorada, 6,4/1 en lubina y en la trucha) frente a los valores estimados como óptimos (relación C/N de 20/1 o 30/1) para el proceso de biometanización. Por tanto, estos subproductos deberán ser mezclados con otros residuos de elevado contenido en carbono como restos vegetales de industrias cercanas, restos de poda, etc., con el fin de obtener una mezcla de residuos con valores óptimos de C/N y optimizar así el proceso de biometanización.

Por otra parte, presentan también una elevada concentración de nitrógeno amínico mayor que el máximo recomendable (2500 – 4800 mg N/kg vs. 2000 mg/l). En cuanto a cenizas, los valores obtenidos (2,1-3%) son inferiores al máximo permitido por la normativa vigente (25%). Siendo la concentración de nitrógeno amínico un factor limitante para la biometanización, se considera que la mezcla de los subproductos de acuicultura con restos vegetales, hará disminuir la concentración de este parámetro hasta valores aceptables.

### Compostaje

Los subproductos analizados presentan valores de humedad adecuados (52-72 % frente a los valores óptimos de 60-65%), por lo que no se requiere ningún tratamiento de deshidratación ni adición de agua para su aprovechamiento mediante compostaje. Asimismo, los valores de metales pesados son muy inferiores a los máximos permitidos, razón por la que también se considera que los subproductos de partida son adecuados para la elaboración de compost.

Los metales pesados se encuentran en valores muy inferiores a los máximos permitidos por la normativa para el producto final (Real Decreto 824/2005 sobre productos fertilizantes), por lo que se considera que los subproductos de partida son adecuados para la elaboración de compost.

No obstante, debido a su elevado contenido en N según su relación C/N frente a los óptimos de 25/1 o 30/1 estimados para el compostaje, para la obtención de compost de elevada calidad, debe mezclarse con otros subproductos como restos vegetales.

El elevado contenido en fósforo de las muestras analizadas, indican el elevado potencial fertilizante de estos subproductos. Además, su bajo contenido en cloruros no provocaría una salinización de los suelos.

Se considera que el producto sólido obtenido del proceso de biometanización es también adecuado para compostaje.

Dada la alta biodegradabilidad de los subproductos, y con objeto de cumplir la normativa agraria, se debe considerar que:

- Los subproductos deben ser estabilizados previamente a su depósito (mediante congelación o refrigeración según el tiempo a transcurrir desde su generación hasta su tratamiento).
- Las plantas de transformación deben facilitar a los clientes finales los análisis químicos del compost obtenido.
- Es recomendable conocer las características químicas del suelo antes de la aplicación

### Carbonato cálcico

Los análisis de los subproductos indican restos de materia orgánica de mejillón que es necesario eliminar en función del uso que se le de al carbonato cálcico, como en el caso de la fabricación de cementos.

Además se da la presencia de cloruros, que aunque se encuentran en valores reducidos de aproximadamente 2,5%, para algunas aplicaciones, como la fabricación de cemento, se requiere que éstos estén exentos. Sin embargo, para aplicación del carbonato en alimentación animal y fertilizantes, los subproductos se encuentran dentro de los niveles.

### ***Dispersión de la generación.***

Dado que se ha determinado que el transporte es uno de los costes más importante a la hora de abordar una gestión para el aprovechamiento de los subproductos o residuos de la acuicultura, se muestra para cada CCAA el grado de dispersión de cada uno de los subproductos principales de su acuicultura.

### Andalucía



La mayor dispersión de generación de residuos proviene del cultivo de peces, ya sean continentales o marinos y la menor es la de moluscos y crustáceos, lo que facilita la gestión y/o aprovechamiento de sus cáscaras. Aún así existe una gran dispersión y distancia entre las plantas acuícolas, y aunque existen ciertas zonas de concentración de la producción, la distancia entre dichas zonas es muy alta.

### Canarias

La dispersión en Canarias viene marcada por la propia naturaleza del archipiélago y por el reparto de plantas en cada isla, siendo las islas de Tenerife y Gran Canaria las que concentran la mayor parte de la producción.

En referencia a la producción de peces en Canarias, en la isla de Tenerife se da la mayor dispersión, mientras que en Gran Canaria se encuentra más concentrada. Esto facilita la gestión de los subproductos (en su mayoría peces muertos y producto no comercializado) en este último caso.

Asimismo, en las islas de Lanzarote y La Palma, la producción de peces se agrupa en una zona, posibilitando también, por tanto, que la gestión de los subproductos se realice más fácilmente.

### Cataluña

En el Delta del Ebro se ubica la prácticamente totalidad de la producción de moluscos, por lo que los subproductos de conchas presentan una mínima dispersión y favoreciendo un potencial aprovechamiento de las mismas. Por contra, el cultivo de peces presenta una dispersión muy significativa a lo largo de la costa catalana.

### Galicia

La producción de moluscos se encuentra mayoritariamente concentrada en las Rías Baixas, favoreciendo la gestión de los subproductos.

Por otro lado, el cultivo de peces marinos presenta una mayor dispersión geográfica a lo largo de toda la costa gallega, siendo en el caso de la acuicultura continental la dispersión muy homogénea a lo largo de toda la geografía.

### Subproyecto Galicia

De las muestras inoculadas en los dos tipos de ensilado tenemos que el tiempo del ensilaje microbiológico es mayor que el químico, a su vez el ensilado microbiológico con lactosuero es más lento que el de glucosa, en cuanto a la composición elemental, se observa que los valores de humedad, cenizas y cloruros apenas varían durante el período de ensilaje y posterior almacenamiento a temperatura ambiente.

Los análisis microbiológicos de los diferentes ensilados se hicieron coincidir con la toma de muestras para análisis bioquímicos, en el ensilado químico de rodaballo hubo un descenso de la microbiota asociada, desde valores iniciales hasta no detectarse al cabo de 16 días, sin embargo en el caso del ensilaje microbiológico a base de *Lactobacillus* tarda más en inactivarse la bacteria patógena inoculada.

En el ensilado de vísceras de trucha los contenidos iniciales de bacterias en la materia prima fueron muy elevados, en el ensilado químico hay una reducción de la microbiota asociada hasta valores mínimos al cabo de 28 días que es cuando no se detecta crecimiento en MRS y PCA., en el ensilado microbiológico los resultados son similares al de el rodaballo.

## 2.5. CONCLUSIONES

La aplicación informática que contiene la base de datos de empresas y de residuos generados, es de gran utilidad, ya que es actualizable y ampliable al resto de Comunidades Autónomas. De este modo, en el futuro puede ser una aplicación de residuos cada vez más completa de la acuicultura de todo el Estado Español, y que permitirá una recogida sistematizada y actualizable en el tiempo del inventariado de residuos producidos.

Como resultado de la fase de minimización, existen posibilidades reales de reducir la generación de residuos en origen por medio de técnicas de minimización. El empleo de estas técnicas permite a las empresas reducir los costes de producción y obtener una mayor eficiencia de sus materias primas y auxiliares, las cuales son o provienen de recursos naturales. La guía de minimización de Residuos de acuicultura que se anexa, servirá como medio de sensibilización del sector y como medio directo de aportar medidas de ahorro económico y mejora ambiental.

Los subproductos de la acuicultura de categoría 2 (lodos, *fouling*, peces muertos, etc.) son aptos, incluso adecuados para los aprovechamientos permitidos por el Reglamento 1774/2002. Al ser subproductos ricos en nitrógeno, en el caso de elaboración de compost y biogás se recomienda su mezcla con residuos vegetales (éstos son ricos en carbono). Asimismo los bajos niveles de metales pesados, hace de estos subproductos materias primas seguras para aplicación agraria del compost obtenido. Además, los elevados contenidos en fósforo que presentan las muestras indican un elevado potencial fertilizante.

Las propiedades orgánicas, nutritivas y de composición de los subproductos de categoría 3, hacen de ellos excelentes materias primas para alimentación animal, cuando no son utilizados para la obtención de productos de alto valor añadido (surimi, extracción de ácidos grasos poliinsaturados, etc.).

Los piensos para animales con alto contenido de omega 3 de cadena larga tienen un alto valor nutricional. Por tanto, los subproductos de pescado son una fuente inmejorable y complemento perfecto para mejorar la calidad de los animales que se alimenten con esta materia prima, ya que además los vegetales solo tienen ácidos grasos omega3 de cadena corta.

Se ha determinado que muchos de los subproductos y sus partes presentan biomoléculas concretas en cantidades importantes susceptibles de ser aisladas y aplicadas comercialmente en diversos sectores (farmacéutico, alimentario, cosmético). No obstante, y con objeto de aportar soluciones nivel global, se ha dado prioridad a opciones de aprovechamiento que engloban a la totalidad de la masa del residuo. En la tabla siguiente se muestran las opciones consideradas más adecuadas para cada subproducto en base al análisis de los resultados tanto del inventario y caracterización de los residuos, como de sus aptitudes con respecto a las alternativas tecnológicas identificadas.

Subproducto	Opciones de valorización
Peces muertos antes de ser sacrificados	Compostaje, biometanización más compostaje o ensilado para aplicación agraria
Conchas de mejillón y ostra	Abonos y/o enmienda de suelos, Carbonato cálcico comercial, bases de carretera, Cementeras, alimentación animal
Fouling	Compostaje, biometanización más compostaje o ensilado para aplicación agraria

Animales sacrificados aptos para consumo humano pero no comercializados	Elaboración de aceites y harinas de pescado, pulpa de pescado, surimi. Nuevos productos de pescado elaborados.
Cabezas, vísceras y espinas	Elaboración de aceites y harinas de pescado
Grasas de la depuradora	Aplicaciones técnicas, encurtido de pieles o elaboración de biodiesel
Lodos de los fondos de decantación	Compostaje, biometanización más compostaje o ensilado para aplicación agraria

Opciones de valorización consideradas

Por todo ello, la acuicultura genera unos residuos que se denominan así solamente por el destino final y el propósito inicial de deshacerse de ellos. En realidad esta actividad genera unos subproductos que son excelentes materias primas para una alta diversidad de aplicaciones industriales y comerciales. No obstante, la dispersión en la generación reduce el nivel de rentabilidad del uso de dichos subproductos, por lo que el siguiente paso será realizar el estudio de análisis de viabilidad económica en cada Comunidad Autónoma. Por ello, las soluciones globales son a priori las más sencillas de acometer a gran escala y permiten integrar en dicha solución a la práctica totalidad de las plantas acuícolas, aunque el valor económico de los productos finales sea menor.

Ante esta premisa, los resultados obtenidos permitirán definir los procesos de valorización, logística más adecuada, y la necesidad de infraestructuras nuevas o utilización de existentes para los subproductos más voluminosos y problemáticos específicos de cada Comunidad Autónoma o región específica.

Comentar que la alta dispersión y las distancias entre plantas, así como la existencia de plantas de compostaje y fabricación de harinas, desaconseja una única gestión centralizada en un punto de aprovechamiento, sino que se recomienda la negociación con los responsables de las infraestructuras actuales, promoviendo acuerdos entre las plantas acuícolas y las empresas valorizadoras de subproductos en los que las condiciones de suministro, precio y logística necesaria sea asumible por ambas partes.

La existencia de un intermediario transportista en muchos casos facilita la situación, ya que es quien se encarga de rentabilizar el transporte de muchos puntos de origen a uno de destino.

### Subproyecto Galicia

Se comprueba que el ensilado químico mantiene estables las características físicoquímicas y nutricionales durante todo el período de almacenamiento ya que reduce sustancialmente el crecimiento bacteriano e impide la supervivencia tanto de bacterias patógenas como del parásito inoculado.

Asimismo el ensilado químico permite mantener el producto varios meses en condiciones ambiente sin ningún tipo de conservante y/o tratamiento adicional para su uso en alimentación animal y se presenta como una alternativa a la eliminación de los residuos de la acuicultura, considerados como alimentación de riesgo según la UE. Además y puesto que se eliminan los patógenos estudiados, puede emplearse en alimentación animal sin riesgo.

En el ensilado microbiológico se generan aminas biógenas y una vez estabilizado predominan las bacterias lácticas durante todo el proceso y se ha demostrado la inactivación total de los microorganismos patógenos incorporados sin embargo es más costoso al requerir un aporte adicional de nutrientes así como cepas específicas de microorganismos, es más lento y de valor nutricional más bajo.

Al analizar el conjunto de resultados obtenidos se puede concluir que el ensilado químico presenta ventajas sobre el microbiológico.

Se dedicará especial atención a la utilidad de los resultados para el sector acuícola.

## 2.6. VALORACIÓN

El proyecto ha avanzado según lo previsto aunque las velocidades de avance de todas las CCAA involucradas no han sido a la misma velocidad. No obstante, se ha producido un retraso por la necesidad de incorporar resultados de todas las CCAA de fases necesarias para poder continuar con las siguientes.

Las alternativas tecnológicas que el proyecto ha proporcionado son de aplicación en todas las CCAA, incidiendo la posibilidad de aplicación a escala real en las propias características del sector en cada comunidad.

Cabe destacar que sería interesante sumar al proyecto CCAA como Valencia, Alicante, Castilla la Mancha, Castilla León y Extremadura, ya que en muchos casos es necesario alcanzar una masa mínima crítica de subproductos y residuos para hacer viable y rentable el aprovechamiento y gestión de los residuos de la acuicultura.

Los resultados obtenidos son de aplicación en todas las CCAA, ya que tienen en cuenta la distinta tipología y problemática asociada a su acuicultura.

Por otro lado, aunque los resultados se califican de satisfactorios, se han identificado problemáticas que se consideran pendientes de solucionar, como es el caso de las mortandades masivas.

### Subproyecto Galicia

Con los datos aportados a través de este proyecto se da una solución al problema del almacenamiento de despojos de peces en piscifactorías y granjas marinas y además es posible estimar de una forma general el tiempo necesario de inactivación de patógenos en el ensilado.

## 2.7. DIFUSIÓN

Los resultados parciales y finales del proyecto se han comunicado y difundido a distintos niveles, permitiendo así al sector acuícola beneficiarse de los mismos y su aplicación real.

### **Pósters:**

Sep 2007    Poster: "Management and valorization of the aquaculture fish wastes"  
Lugar: Aquaculture Europe 2007, Estambul

Sep 2007    Posters: "Residuos y subproductos de acuicultura: situación actual y perspectivas de gestión en Andalucía"  
"Técnicas de minimización, tratamiento y aprovechamiento de residuos de la acuicultura"  
"Valorización y aprovechamiento menor de residuos y subproductos procedentes de la acuicultura"  
Lugar: XI congreso Nacional de Acuicultura, Vigo.

Jun 2007 Poster: "Aquaculture by-products reuse"  
Lugar: Fourth SEAFOODplus Conference. Bilbao  
Organiza: AZTI-Tecnalia

#### Subproyecto Galicia

- Póster en el AQUA 2006 (Florenca, 9-13 Mayo de 2006)
- Póster presentado en Cuba en MARCUBA 2006, La Habana 4-8 de Diciembre de 2006)
- Póster presentado en el XI CONGRESO NACIONAL DE ACUICULTURA (Vigo, 24-28 Septiembre de 2007)

#### **Publicaciones**

Esturo, A; Revuelta, Duch, A; Zufía, J. Application of minimisation, Recycling and final treatment techniques for solids wastes and by-products form fresh fish farms. WORLD AQUACULTURE SOCIETY MAGAZINE. In press.

Zufía J., Esturo, A., Revuelta, M. Valorización de subproductos generados en la acuicultura. RUTA PESQUERA. Jul/ago 2007, pags. 30 – 32.

#### **Presentaciones orales**

- Feb 2008 Exposición Oral "Waste management of fish and fish wastes. The Spanish case"  
Lugar: AQUAGRIS Workshops. Bremen.
- Sep 2007 Exposición Oral "Técnicas de minimización, tratamiento, y aprovechamiento de residuos de la acuicultura"  
Lugar: 63ª Reunión JACUMAR. Vigo.
- Sep 2007 Exposición Oral "Waste management of fish and fish wastes"  
Lugar: ERSCP. Basel.
- Mar 2006 Exposición Oral "Técnicas de minimización, aprovechamiento y tratamiento de Residuos en la acuicultura"  
Lugar: Foro Anual JACUCON. Mérida.
- Oct 2005 Exposición Oral "Técnicas de minimización, tratamiento y aprovechamiento de residuos de la acuicultura: Caracterización y minimización en origen"  
Lugar: X CONGRESO NACIONAL DE ACUICULTURA. Gandia.
- Nov 2006 Exposición Oral: Plan Nacional "Técnicas de minimización, tratamiento y aprovechamiento de residuos de la acuicultura"  
Lugar: XI Semana Europea de la Calidad. Bilbao.