

## RESUMEN DEL PROYECTO

### IMPACTO AMBIENTAL DE JAULAS DE CULTIVO

**SUBPROYECTO:** “IDENTIFICACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS QUE ACTÚEN COMO MEJORES INDICADORES DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LOS CULTIVOS MARINOS EN JAULAS FLOTANTES”.

#### Objetivos:

Determinación de los parámetros físicos, químicos y biológicos de los sedimentos, que pueden actuar mejor como indicadores tempranos del impacto ambiental generado por los cultivos marinos en jaulas flotantes, para distintas condiciones hidrogeográficas. Valoración del método de obtención de las muestras para dichos parámetros en términos de costes, esfuerzos e información aportada.

Se establecen los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Seleccionar parámetros físicos, químicos y biológicos del sedimento, estudiar su evolución durante varios ciclos productivos en instalaciones con diferentes intensidades de producción, e identificar cuales pueden actuar mejor como indicadores del impacto ambiental generado por instalaciones de cultivos marinos en jaulas flotantes.
- ✓ Estimar la idoneidad en términos de costes, esfuerzo e información aportada, de diversos métodos de obtención de muestras de sedimentos.
- ✓ Valorar los efectos de la hidrodinámica y la dispersión de los vertidos sobre la escala espacial y temporal del impacto. Correlacionar la hidrodinámica y la distancia al foco contaminante con la dinámica de comunidades biológicas sensibles a los residuos procedentes de cultivos marinos en jaulas flotantes.

#### Líneas de actuación:

1. Parámetros Físico-Químicos del sedimento
  - 1.1. Parámetros y métodos de muestreo
    - 1.1.1. Métodos de obtención de muestras
    - 1.1.2. Análisis de parámetros
2. Parámetros Biológicos del sedimento
  - 2.1. Poblamientos biológicos y métodos de muestreo
    - 2.1.1. Métodos de obtención de muestras
    - 2.1.2. Poblamientos biológicos
      - 2.1.2.1. Infauna del sedimento: poliquetos y anfípodos
      - 2.1.2.2. Macrófitos bentónicos: pradera de *Posidonia oceanica*

3. Hidrodinámica
  - 3.1. Estudio de las corrientes y dispersión del vertido
    - 3.1.1. Modelo hidrodinámico a escala local
    - 3.1.2. Variación de las corrientes inducida por la presencia de las jaulas flotantes.

### **Antecedentes y justificación:**

Como cualquier actividad humana de índole económica, la acuicultura consume una serie de recursos para producir bienes a la sociedad, desprendiéndose en el camino de los desechos derivados de sus procesos productivos.

La cría de peces en jaulas flotantes es, dentro de la acuicultura marina, la rama que más se ha desarrollado en los últimos años. El impacto ambiental más significativo de los cultivos marinos deriva de la alimentación, y se manifiesta por la aparición de cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas del medio receptor. La magnitud del impacto va a depender, entre otros factores, de la intensidad de producción, de la dispersión de los contaminantes por las corrientes y de la capacidad del medio para asimilar los aportes extras de materia orgánica principalmente. En general, para todos los cultivos en jaulas flotantes, la mayor acumulación de desechos se produce en el fondo marino, inmediatamente debajo de las instalaciones, pudiendo extenderse de decenas a centenares de metros a partir del foco emisor. Estos nutrientes incorporados al sistema bentónico pueden ocasionar cambios importantes en la estructura y distribución espacio-temporal de las comunidades receptoras; a la vez que son biotransformados en otros, retornando parte de ellos a la columna de agua, mientras que el resto permanece en el fondo, pudiendo provocar importantes alteraciones en el perfil aeróbico-anaeróbico.

Las rías gallegas soportan una elevada producción en acuicultura basada fundamentalmente en el cultivo de mejillón en suspendido. Consecuentemente, los fondos de las rías presentan en las proximidades de estas instalaciones un elevado enriquecimiento orgánico. La necesidad de diversificar la producción orienta al sector de la acuicultura a la búsqueda de alternativas como la piscicultura en jaulas. La búsqueda de los lugares más adecuados para el desarrollo de esta actividad lleva a la instalación de estos sistemas de cultivo en áreas todavía vírgenes desde el punto de vista de la acuicultura en sistemas flotantes. Las pequeñas rías altas donde se pretenden implantar estos cultivos, ofrecen la oportunidad de conocer el estado del medio previo a la actividad y su evolución. Paralelamente, en el litoral murciano se está produciendo una expansión importante del sector acuícola en jaulas flotantes, lo que ha planteado ciertos problemas relacionados con la ubicación de las instalaciones y el monitoreo de los efectos de la actividad sobre el medio. Estos aspectos son de gran importancia para el establecimiento y la continuidad de este sector sin entrar en conflicto con otros usos del litoral.

### **Utilidad y oportunidad del Plan:**

La acuicultura ha de ir emparejada con unas excelentes condiciones de la calidad ambiental del medio en que se implanta. El desarrollo de la acuicultura puede verse frenado si no va de la mano de un cuidado exquisito del medio natural que lo rodea. La implantación de nuevos sistemas de cultivos ha de ser prudente con la conservación del medio, máxime cuando han de compatibilizarse con otras actividades económicas como la explotación de los recursos naturales (pesca, marisqueo...), turismo, etc.

El seguimiento de los efectos que sobre el fondo marino puedan tener los cultivos en sistemas flotantes beneficiará tanto a la Administración como al sector productor. Los resultados procedentes de este proyecto constituirán una herramienta fundamental como uno de los criterios manejados para la autorización y renovación de las concesiones de explotación. Igualmente serán de gran aplicabilidad tanto para los gestores de las empresas interesadas en la búsqueda de nuevos emplazamientos, como para los de los sectores supuestamente afectados en el seguimiento de los efectos de instalaciones de este tipo en otras zonas.

### Grupos participantes:

<b>ORGANISMO</b>	Dirección General de Investigación y Transferencia Tecnológica. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia
<b>CENTRO</b>	Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario. Dpto: Acuicultura
<b>NOMBRE Y APELLIDOS</b>	Benjamín García García ( <b>Coordinador</b> )
<b>TELÉFONO Y FAX</b>	968 184 518 / 968 184 518
<b>CORREO ELECTRÓNICO</b>	<a href="mailto:benjamin.garcia@carm.es">benjamin.garcia@carm.es</a>

<b>ORGANISMO</b>	Dirección General de Investigación y Transferencia Tecnológica. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia
<b>CENTRO</b>	CIDA. Dpto: Acuicultura
<b>NOMBRE Y APELLIDOS</b>	Felipe Aguado Giménez
<b>TELÉFONO Y FAX</b>	968 184 518 / 968 184 518
<b>CORREO ELECTRÓNICO</b>	<a href="mailto:felipe.aguado@carm.es">felipe.aguado@carm.es</a>

<b>ORGANISMO</b>	Universidad de Santiago. Galicia
<b>CENTRO</b>	Facultad de Biología. Dpto: Biología Animal
<b>NOMBRE Y APELLIDOS</b>	José Mora Bermúdez
<b>TELÉFONO Y FAX</b>	981 563 100 ext. 13281 / 981 596 900
<b>CORREO ELECTRÓNICO</b>	<a href="mailto:bajmora@usc.es">bajmora@usc.es</a>

### Explotación y difusión de los resultados:

- ✓ Los resultados obtenidos en este proyecto serán difundidos en revistas científicas especializadas en la materia. Las publicaciones que resulten de la financiación de este proyecto harán mención a la JACUMAR como fuente de la misma.
- ✓ Los resultados del proyecto serán igualmente presentados en los Congresos Nacionales de Acuicultura, a celebrar en los años 2005 y 2007.
- ✓ La información será preparada para que esté disponible en la página Web de JACUMAR.
- ✓ A lo largo de la ejecución del proyecto, se establecerán reuniones periódicas de coordinación, en las que se efectúe un seguimiento y evaluación continua de los resultados. Dichas reuniones servirán igualmente para divulgar las actividades llevadas a cabo entre el sector interesado.

**SUBPROYECTO: “DESARROLLO Y APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DEL ALCANCE ESPACIAL DE LOS VERTIDOS ORGÁNICOS PROCEDENTES DE INSTALACIONES DE ACUICULTURA EN ECOSISTEMAS MARINOS COSTEROS.**

**Objetivos:**

Se propone, por lo tanto, como objetivo general del presente proyecto, el desarrollo y la aplicación de dos aproximaciones metodológicas novedosas capaces de identificar y cuantificar el alcance de los nutrientes aportados por la acuicultura sobre el ecosistema marino costero.

Se establecen los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Análisis de la señal isotópica del Nitrógeno ( $\delta N^{15}$ ) en tejidos vegetales.
- ✓ Técnicas de teledetección basadas en el análisis de imágenes de satélite y calibradas con muestreos *in situ* de variables ambientales.
- ✓ Aplicación simultánea de ambas técnicas. El interés de esta propuesta radica en el hecho de, que al ser la traza isotópica del N un marcador específico del vertido orgánico de las granjas marinas, será posible evaluar la consistencia de la correlación (calibración) entre el modelo de dispersión obtenido a partir de las imágenes de satélite y el obtenido a partir de las variables ambientales.

**Líneas de actuación:**

**1 Línea 1: Evaluación del destino de los aportes orgánicos de la acuicultura costera mediante el análisis de la señal isotópica del nitrógeno ( $\delta N^{15}$ ) en macrófitos bentónicos marinos: aplicación a un caso de estudio en L'Atmella (Tarragona)**

1.1 Actividad 1: Análisis de isótopos estables del N

- 1.1.1 muestreo de los organismos vegetales bentónicos de los alrededores de la granja marina (se seleccionarán unos 20 puntos de muestreo y se tomarán tres muestras en cada punto)
- 1.1.2 preparación de los bioensayos (cámaras de incubación y recogida de macroalgas)
- 1.1.3 realización de los bioensayos en transectos perpendiculares a la granja marina (como mínimo cuatro transectos con tres réplicas en cada punto)
- 1.1.4 medición de la señal isotópica del N en piensos, músculo y heces del cultivo
- 1.1.5 análisis de las muestras vegetales (mediante un analizador de flujo continuo Finnigan Mat Series IRMS)
- 1.1.6 medida de las variables ambientales en los puntos de muestreo
- 1.1.7 tratamiento de los datos y elaboración de los informes finales

**2 Línea 2: Evaluación del alcance espacial y destino de los aportes orgánicos de la acuicultura costera mediante análisis de la señal isotópica del nitrógeno ( $\delta N^{15}$ ) en macrófitos bentónicos marinos y técnicas de teledetección: aplicación en un caso de estudio en San Pedro del Pinatar (Región de Murcia)**

2.1 Actividad: Análisis de isótopos estables del N

- 2.1.1 muestreo de los organismos vegetales bentónicos de los alrededores de la granja marina (se seleccionaran unos 30 puntos de muestreo y se tomarán tres muestras en cada punto)
- 2.1.2 preparación de los bioensayos (cámaras de incubación y recogida de macroalgas)
- 2.1.3 realización de los bioensayos en transectos perpendiculares a la granja marina (como mínimo seis transectos con tres réplicas en cada punto)
- 2.1.4 medición de la señal isotópica del N en piensos, músculo y heces del cultivo.
- 2.1.5 análisis de las muestras vegetales (mediante un analizador de flujo continuo Finnigan Mat Series IRMS)
- 2.1.6 medida de las variables ambientales en los puntos de muestreo y realización de bioensayos.
- 2.1.7 tratamiento de los datos y elaboración de los informes finales

2.2 Actividad: Teledetección

- 2.2.1 obtención de imágenes de satélite en la misma fecha que los muestreos y bioensayos
- 2.2.2 procesamiento digital para mejora de contrastes y textura de las imágenes
- 2.2.3 selección de bandas espectrales y aplicación de algoritmos de conversión para las variables ambientales
- 2.2.4 creación de modelos para las variables seleccionadas y calibración con datos obtenidos en los muestreos
- 2.2.5 introducción y análisis de datos en SIG
- 2.2.6 interpretación de resultados y elaboración informe final

**3 Línea 3: Evaluación del destino de los aportes orgánicos de la acuicultura costera mediante el análisis de la señal isotópica del nitrógeno ( $\delta N^{15}$ ) en macrófitos bentónicos marinos: aplicación a un caso de estudio en Canarias**

3.1 Actividad 1: Análisis de isótopos estables del N

- 3.1.1 muestreo de los organismos vegetales bentónicos de los alrededores de la granja marina (se seleccionaran unos 20 puntos de muestreo y se tomarán tres muestras en cada punto)
- 3.1.2 preparación de los bioensayos (cámaras de incubación y recogida de macroalgas)
- 3.1.3 realización de los bioensayos en transectos perpendiculares a la granja marina (como mínimo cuatro transectos con tres réplicas en cada punto)

- 3.1.4 medición de la señal isotópica del N en piensos, músculo y heces del cultivo
- 3.1.5 análisis de las muestras vegetales (mediante un analizador de flujo continuo Finnigan Mat Series IRMS)
- 3.1.6 medida de las variables ambientales en los puntos de muestreo
- 3.1.7 Tratamiento de los datos y elaboración de los informes finales

### **Antecedentes y justificación:**

La acuicultura marina basada en el engorde de peces en granjas flotantes cercanas a la costa es una actividad económica en plena expansión. La evaluación del impacto ambiental de los aportes orgánicos procedentes de dicha actividad representa uno de los principales retos para el desarrollo de una gestión sostenible.

Los ambientes marinos costeros del Mediterráneo se caracterizan por el marcado carácter oligotrófico de sus aguas. Las comunidades bentónicas adaptadas a tales condiciones son especialmente vulnerables a los cambios ambientales causados por el incremento de las concentraciones de nutrientes y de materia orgánica en el medio. Entre dichos cambios se han señalado la proliferación de especies algales oportunistas, la reducción de la transparencia de las aguas o la anoxificación de los sedimentos. Una serie de trabajos realizados recientemente en el Mediterráneo han puesto en evidencia la regresión de las praderas de *Posidonia oceanica* bajo la influencia de los aportes de nutrientes procedentes de granjas marinas.

El presente proyecto propone el empleo de técnicas ya utilizadas con éxito en otros estudios, pero novedosas en el ámbito mediterráneo, y con gran potencial para el desarrollo de métodos sencillos, fiables y eficaces aplicables a la gestión de la acuicultura en zonas con ecosistemas sensibles:

- empleo de trazadores basados en la relación isotópica del nitrógeno ( $\delta N^{15}$ ), que nos permite seguir la dispersión y destino de los aportes orgánicos en la red trófica del ecosistema marino costero
- técnicas de teledetección, que permiten visualizar los efectos de los vertidos orgánicos, a través del análisis de la reflectancia asociada a las propiedades físico-químicas y biológicas del agua registrada en imágenes satélite, obtenidas a través de diferentes tipos de sensores. El empleo de estas técnicas, en combinación con sistemas de información geográficos (SIG) tiene, por tanto, un elevado potencial para obtener métodos automatizados para el seguimiento de los vertidos procedentes de las granjas marinas.

Cada una de estas técnicas tiene ya, *per se*, un elevado interés en lo que concierne a sus respectivos potenciales para el análisis del impacto de los vertidos de la acuicultura en el ecosistema marino. Pero además, su aplicación simultánea y coordinada, permitirá una evaluación más realista sobre dicha potencialidad ya que, el empleo de isótopos estables aportará información más precisa sobre la dispersión real de los vertidos orgánicos.

## Utilidad y oportunidad del Plan:

Aunque la tecnología empleada está siendo aplicada con éxito a la resolución de otros problemas, la experiencia que se propone es pionera tanto en el Mediterráneo como en el Archipiélago Canario y contribuirá a ampliar el conocimiento sobre:

- la dispersión y el destino de los nutrientes aportados por las granjas marinas en el ecosistema marino costero
- aplicación de tecnologías novedosas basadas en la relación isotópica del Nitrógeno para detectar el alcance espacial de los vertidos.
- desarrollo de metodologías basadas en imágenes de satélite para estimar el alcance espacial de los vertidos

La coordinación se justifica por el estudio de tres situaciones distintas y separadas geográficamente:

- instalaciones más clásicas, de pequeñas dimensiones: caso de estudio de Cataluña y Canarias
- instalación de dimensiones y producción considerablemente superiores: caso de estudio de Murcia

Esta comparación permitirá establecer la variabilidad asociada al tamaño de las granjas y al tipo de ecosistema (Mediterráneo vs Atlántico), así como establecer criterios ecológicos sobre los tamaños óptimos y la distancia de seguridad a la que deben situarse de ecosistemas costeros sensibles o protegidos. Pero, sobre todo, permitirá evaluar la validez y precisión de los métodos empleados para la extrapolación de las técnicas empleadas en otras situaciones, estudios de impacto ambiental o planes de vigilancia.

La coordinación se justifica además por la trayectoria investigadora de los equipos participantes:

- La UB y el IEO han participado conjuntamente en proyectos europeos relacionados con el impacto de la acuicultura en jaulas flotantes sobre los ecosistemas marinos costeros del Mediterráneo, fruto de los cuales nacieron las primeras ideas sobre las que se basa este proyecto.
- El equipo del ICCM de Canarias tiene amplia experiencia en la caracterización y detección de los efectos de los vertidos de la acuicultura, así como un amplio conocimiento del ecosistema marino costero canario.
- En el caso de Murcia, el IEO es el encargado de transferir los resultados de isótopos estables del N al resto de los equipos, la UMU y la consultora de medioambiente TAXON, responsables de las tareas de teledetección. La coordinación entre el IEO y TAXON será imprescindible para la planificación de los muestreos y su desarrollo posterior ya que, entre otros aspectos, la empresa TAXON dispone de un amplio conocimiento de la zona a partir de la realización de los planes de vigilancia ambiental de las granjas marinas presentes en dicha zona.

## Grupos participantes:

<b>ORGANISMO</b>	Instituto Español de Oceanografía. Murcia
<b>CENTRO</b>	Centro Oceanográfico de Murcia. Dpto: Medio Marino
<b>NOMBRE Y APELLIDOS</b>	Juan Manuel Ruiz Fernández ( <b>Coordinador</b> )
<b>TELÉFONO Y FAX</b>	968 180 500 - 968 180 511 / 968 184 441
<b>CORREO ELECTRÓNICO</b>	<a href="mailto:jmruiz@mu.ieo.es">jmruiz@mu.ieo.es</a>



<b>ORGANISMO</b>	Universidad de Barcelona
<b>CENTRO</b>	Facultad de Biología. Dpto: Ecología
<b>NOMBRE Y APELLIDOS</b>	Marta Pérez Vallmitjana
<b>TELÉFONO Y FAX</b>	934 021 517 / 934 111 438
<b>CORREO ELECTRÓNICO</b>	<a href="mailto:perez@bio.ub.es">perez@bio.ub.es</a>

<b>ORGANISMO</b>	Dirección General de Universidades e Investigación. Canarias
<b>CENTRO</b>	Instituto Canario de Ciencias Marinas. Dpto: Medio Litoral
<b>NOMBRE Y APELLIDOS</b>	Nieves González Henríquez
<b>TELÉFONO Y FAX</b>	928 132 821 ext.211 / 928 132 808
<b>CORREO ELECTRÓNICO</b>	<a href="mailto:ngonzalez@iccm.rcanaria.es">ngonzalez@iccm.rcanaria.es</a>

### Explotación y difusión de los resultados:

- ✓ Publicación en revistas científicas internacionales de los resultados obtenidos que contribuyan al conocimiento general de los impactos de las actividades humanas sobre los ecosistemas costeros y el funcionamiento de los mismos.
- ✓ Emisión de un informe técnico para las administraciones colaboradoras en el proyecto, en el que se incluirán los resultados de interés para la gestión de las granjas marinas, información práctica concerniente a la aplicación de las técnicas empleadas a la detección y seguimiento de los impactos de las granjas marinas, así como la información aplicable a la ordenación de la acuicultura en el litoral. La información que lo requiera será transferida a los organismos públicos en formato GIS para su utilización directa en tareas de gestión.
- ✓ Difusión al gran público mediante conferencias y artículos en revistas de divulgación. Además, los contenidos y avances más interesantes del proyecto serán explicados en una página Web accesible al público interesado.