

## **PRIMEROS TRABAJOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE ACUICULTURA EN JAULAS EN CANARIAS**

J.M. VERGARA MARTÍN<sup>1</sup>, N. GONZÁLEZ HENRÍQUEZ<sup>2</sup>, R. HAROUN TRABAUE<sup>3</sup>, L. MOLINA DOMÍNGUEZ<sup>1</sup> y M.I. GARCÍA RODRÍGUEZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Acuicultura. Instituto Canario de Ciencias Marinas. Apdo. 56-35200 Telde, Las Palmas, España.

<sup>2</sup>Programa de Fito-Bentos. Grupo de Investigación del Bentos. Instituto Canario de Ciencias Marinas. Apdo. 56-35200 Telde, Las Palmas, España.

<sup>3</sup>Unidad de Investigación Litoral. Departamento de Biología. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Apdo. 550-35017 Las Palmas de Gran Canaria, España.

### **ABSTRACT**

#### **FIRST WORKS ON ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESMENT OF CAGE AQUACULTURE AT THE CANARY ISLANDS**

More than 50% of the present marine finfish aquaculture production at the Canary Islands (1000 Mt foreseen for 1999) is carried out in off-shore cage farms, being the predominant technology involved in all new commercial projects at the Archipiélago. This economical sector has experienced a significant growth in recent years at a Regional level, with excellent prospects for expansion due to different geographic and climatic advantages. However, this is arising an increasing social concern about environmental implications, being frequently used as an argument to restrain this activity. A heavy competition for use of the islands coasts has probably much to do with this particular situation. This work aims to evaluate the nutrients discharge to the environment and its effects on the surrounding ecosystems, by means of a comprehensive sampling program of two and a half years at two commercial cage farms operating at Gran Canaria island, then try to identify those physical, chemical, and biological parameters more sensitive to the environmental impact of this type of facilities. In addition, the effect of a reef structure located under one of the farm, and designed to mitigate the undesirable concentration of nutrients, was evaluated. The ultimate goal was to produce a program for environment management of this type of farms at the Canaries, which would provide both farmers and public administrations involved in local development with a usefull tool for decission taking.

As a whole, results suggest that both the water current regime and the carrying capacity of this particular Bay, seemed enough to disperse solid organic nutrients sediments as well as to transform the ammonia excreted by cultured fish. These factors, together with the presence of vegetal and animal fouling organisms in the facilities, leaded to possitive effects, including water quality and sediments parameters considered as normal for this area. No indication of negative effects on the surrounding environment was shown.

Key words: Aquaculture, cages, environment.

### **RESUMEN**

Más del 50% de la producción de piscicultura marina en Canarias (1000 Tm previstas para 1999) se lleva a cabo hoy en día en instalaciones de jaulas oceánicas, siendo la tecnología predominante en todos los nuevos proyectos empresariales de las Islas. Es éste un sector económico que ha experimentado un crecimiento significativo a nivel Regional en los últimos años, y con excelentes perspectivas de expansión debido a una

serie de ventajas geográficas y climáticas. No obstante, este hecho ha despertado una creciente sensibilización social acerca de las implicaciones medioambientales, y es frecuentemente empleada como argumentación para frenar esta actividad. La fuerte competencia por el uso del litoral no es ajena a esta situación. El presente trabajo tuvo como objetivo el desarrollar una metodología de evaluación, seguimiento y control de del impacto ambiental de estas instalaciones y sus efectos sobre el propio sistema y los ecosistemas circundantes, intentando identificar aquéllos parámetros físicos, químicos y biológicos mas sensibles asociados al impacto ambiental de este tipo de instalaciones. La expresión última de este objetivo sería un programa de gestión medioambiental de aplicabilidad preferente al archipiélago Canario. Para ello, se llevó a cabo un programa de muestreos en una instalación de jaulas flotantes para engorde de dorada y lubina, con una capacidad actual de producción de 500 toneladas anuales, situada en la bahía de Melenara, en el litoral Este de la isla de Gran Canaria. Desde junio de 1994, dos meses antes del comienzo de la operación del sistema, se han realizado muestreos periódicos y análisis en dicha instalación que incluyen: calidad del agua, retención y descarga de nitrógeno y fósforo por los peces, sedimentos, hidrología, adherencias, así como evaluación ecológica intermareal, bentónica y pelágica de las diferentes zonas de influencia.

En líneas generales, los resultados sugieren que tanto el régimen de corrientes como la capacidad de carga de esta bahía, parecen suficientes para dispersar los depósitos de sedimentos sólidos de nutrientes orgánicos y para transformar el amonio excretado por los peces engordados en esta instalación. Estos factores, junto con la presencia de adherencias vegetales y animales en estas instalaciones produjeron efectos positivos, manteniendo unos niveles de calidad de agua y sedimentos normales para la zona, no apreciándose indicadores de efectos negativos sobre el medio ambiente circundante.

Palabras clave: Acuicultura, jaulas, medio ambiente.

## INTRODUCCIÓN

Más del 50% de la producción de piscicultura marina en Canarias se lleva a cabo hoy en día en instalaciones de jaulas oceánicas, siendo la tecnología predominante en todos los nuevos proyectos empresariales de las Islas. Es éste un sector económico que ha experimentado un crecimiento significativo a nivel Regional en los últimos años, y con excelentes perspectivas de expansión debido a una serie de ventajas geográficas y climáticas. No obstante, este hecho ha despertado una creciente sensibilización social acerca de las implicaciones medioambientales, y es frecuentemente empleada como argumentación para frenar esta actividad. La fuerte competencia por el uso del litoral no es ajena a esta situación. El presente trabajo tuvo como objetivo el desarrollar una metodología de evaluación, seguimiento y control de del impacto ambiental de estas instalaciones, intentando identificar aquéllos parámetros físicos, químicos y biológicos mas sensibles asociados a la descarga de nutrientes propia de esta actividad. La expresión última de este objetivo sería un programa de gestión medioambiental de aplicabilidad preferente al archipiélago canario.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los estudios de impacto medioambiental que el GIA comienza desde la misma fecha de la siembra de las jaulas flotantes (junio de 1994), comprende sucesivas fases en el tiempo, incluyendo un programa de muestreos y analítica de agua y sedimentos en distintas áreas de influencia de la instalación, análisis bioquímicos de los piensos y de los peces engordados en las jaulas, adherencias en la instalación, evaluación del régimen de corrientes y del impacto medioambiental en los ecosistemas bentónicos de diferentes zonas de influencia. La iniciación y desarrollo de estos diferentes estudios

sólo ha sido posible mediante la implicación de diferentes equipos o grupos de investigación, pertenecientes tanto al ICCM como a la ULPGC, y coordinados todos ellos por el GIA.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Hidrología*

Resulta del todo imprescindible disponer de datos acerca de la dinámica marina de la zona en cuestión. En efecto, la capacidad de renovación de las aguas, así como de dispersión de los desechos orgánicos producidos por esta instalación, están directamente relacionadas con parámetros como las direcciones e intensidades prevalecientes en la zona. Con este objetivo, y desde los inicios de este trabajo, nuestro grupo de trabajo procede al fondeo periódico, en las inmediaciones de las jaulas (a 4 metros de profundidad), de un correntímetro automático que realiza toma de datos cada media hora de los siguientes datos:

- Dirección de la corriente
- Velocidad de la corriente
- Temperatura del agua

En cuanto a las velocidades de las corrientes, la máxima registrada (60 cm/seg, con valores medios de 25-30 cm/seg) durante los episodios de temporales, está por debajo de la recomendada como máxima para no producir una excesiva deformación de las redes y someter a los componentes del fondeo a un desgaste indeseable (100 cm/seg). Las velocidades mínimas medias (10 cm/seg) son consideradas suficientes para permitir una buena renovación de agua (y oxígeno) en las jaulas y una buena dispersión de los sólidos en suspensión producidos por la instalación.

Las direcciones predominantes de las corrientes incidentes detectadas en las jaulas fueron las de componente NE y SW, estando determinado este patrón por la corriente general de Canarias (dirección Norte-Sur), sobre el que se superpone la corriente de marea que es la que predomina en la zona. Su dirección es NE-SW, dependiendo su sentido de la subida o bajada de marea. Así, la variación de las direcciones de las corrientes a lo largo de un día suele coincidir con los períodos de marea del mismo día. Los períodos esporádicos en que este régimen se interrumpe, que además suele coincidir con incrementos en la velocidad de estas corrientes, corresponden a períodos de incremento de vientos, que originan sucesos de temporales de diversa intensidad. Se pudo observar que estos períodos se suceden estacionalmente.

### *Ciclo de nutrientes en el sistema*

Según Folke y Kautsky (1992), y para salmónidos, la fracción no digerida del alimento es eliminada por los animales marinos en forma de heces sólidas, mientras que aquéllos nutrientes absorbidos en exceso son excretados junto a los productos finales del catabolismo de las proteínas en forma de amonio y urea disueltos, a través de las branquias. En líneas generales, alrededor de 1/4 de los nutrientes aportados vía alimentación de peces son incorporados a la carne de éstos, mientras que 3/4 partes permanecerán en el medio (62% del nitrógeno y 11% del fósforo en forma disuelta; 13% del nitrógeno y 66% del fósforo en forma de sedimentos sólidos).

A lo largo de un año completo (junio, 1994 - agosto, 1995) se pesaron individualmente un número de peces correspondiente al 1% de la biomasa de una jaula, cada tres meses, sacrificando 24 peces cada vez para posteriores análisis de contenidos en fósforo y nitrógeno corporal. Asimismo, se tomaron muestras de los diferentes tipos de piensos extruidos empleados en la instalación durante ese periodo,

operaban durante ese período, basándonos en datos de crecimiento, biomasa u empleo de piensos suministrados por la empresa. Los porcentajes de retención de nitrógeno y fósforo se calcularon entonces mediante la fórmula del “valor productivo de la proteína” (PPV):

$$PPV = \frac{N \text{ final medio} - N \text{ inicial medio}}{N \text{ ingerido}} \times 100$$

Sustituyendo los valores de nitrógeno y fósforo en cada caso.

Se empleó el modelo de Gowen et al. (1991), de balance de nutrientes o balance de masas, para evaluar la relación entre la entrada de nutrientes al sistema vía piensos, la retención de estos nutrientes por los peces cultivados (doradas), y la liberación o descarga de estos nutrientes al medio, en relación a una producción en toneladas determinada. La Tabla 1 muestra cómo los resultados nos permitieron confeccionar un modelo preliminar de descarga de nutrientes al medio, que mostramos en comparación con los procedentes de otros autores para otras especies de peces cultivados, incluyendo la dorada. Como puede apreciarse, existen notables diferencias no sólo entre especies, sino también dentro de una misma especie, dependiendo de los diferentes tipos de alimento empleado, regímenes alimenticios, sistemas de cultivo y parámetros ambientales de un área determinada. Esta tabla muestra resultados de contenido en nutrientes del alimento, retención de nutrientes por los peces, y descarga de nutrientes al medio. Al comparar el porcentaje de nitrógeno retenido obtenido en nuestro trabajo (18%) con los datos publicados para otras especies (25 - 28%), su valor resulta inferior, aunque muy similar al obtenido con esta misma especie, cultivada en jaulas y con piensos extruidos similares (22%). Por otro lado, los valores de retención de fósforo (31,4%) resultaron superiores a los publicados para otras especies (17 - 30%), pero de nuevo similares a los publicados para esta misma especie en jaulas y con piensos extruidos parecidos (27,8%).

TABLA I. Resultados de contenidos en nutrientes del alimento, retención de nutrientes por los peces y descarga de nutrientes por los peces, obtenidos en este trabajo, comparados con los resultados de otros autores para otras especies y la misma dorada.

Especie de pez	Nutrientes en pienso	Retención por los peces	Descarga de nutrientes	Referencia
Pez gato <i>Ictalurus punctatus</i>	5%N 1%P	27%N 30%P	73%N 70%P	Schwartz y Boyd, 1994
Trucha arcoiris <i>Oncorhynchus mykiss</i>	6-9%N 1.1-1.6%P	27-28%N 17-19%P	61-71%N 78-82%P	Hall <i>et al.</i> , 1992 Holby y Hall, 1991
"	-	26%N 18%P	74%N 82%P	Enell, 1987
"	-	28%N 18%P	78%N 72%P	Ackefords y Enell, 1990
Salmón atlántico <i>Salmo salar</i>	-	25%N 23%P	75%N 77%P	Folke y Kautsky, 1991
Dorada <i>Sparus aurata</i>	6%N 1.2%P	26%N 21%P	74%N 79%P	Neori y Krom, 1991
"	7.5%N 1%P	23%N 28%P	76%N 71%N	Ewos, S.A., 1996
"	7.9%N 1.1%P	18.8%N 31.4%P	81.2%N 68.6%P	<b>Este trabajo</b>

El objetivo de estos estudios fue la evaluación del efecto de la presencia del sistema de jaulas flotantes sobre la calidad de las aguas marinas circundantes, utilizando como comparación datos acerca de parámetros de aguas litorales considerados de referencia para la calidad. Se presentan a continuación los resultados de muestreos sistemáticos llevados a cabo durante todo el año 1998, para lo que se establecieron cuatro puntos de muestreo (uno fuera del sistema de jaulas, dos dentro de la concesión y uno en el interior del sistema de jaulas). En cada punto se tomaron datos *in situ* de concentración de oxígeno disuelto y temperatura del agua mediante una sonda multiparamétrica portátil cada quince días, y al mismo tiempo se recogieron muestras de agua a varias profundidades (2, 4 y 6 metros), que se conservaron en frío. Una vez en el laboratorio, estas muestras de agua se filtraban (0.45 micras) y se congelaban a -20°C hasta su posterior análisis.

Los valores de "fósforo disuelto" ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) permanecieron en niveles casi despreciables a lo largo de todo el período de estudio, llegando a valores nulos en el mes de octubre. Los valores de silicatos mostraron una estacionalidad relacionada con los crecimientos de biomasa planctónica de diatomeas en la zona, presentando valores más altos en primavera (abril y mayo) y otoño (octubre y noviembre). Todos los puntos muestreados mostraron los valores más elevados de nitratos + nitritos en los meses de noviembre y diciembre (otoño), mientras que los mínimos valores correspondieron a los meses de junio, julio y agosto (verano). Los valores correspondientes a la zona próxima a las jaulas no fueron significativamente diferentes de los encontrados en la zona más alejada de las instalaciones, durante los meses de enero, febrero, marzo, julio y agosto. Sin embargo, estos valores sí difirieron entre sí durante los meses de abril, mayo, junio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, siendo más acusadas estas diferencias en los dos últimos meses mencionados (noviembre y diciembre). No obstante, y para todos los casos, los valores fueron siempre inferiores al valor máximo de nitritos + nitratos reportados para la bahía de Melenara (1.19 mol/litro) (Fig.1).

En cuanto a los valores obtenidos de concentración de amonio ( $\text{NH}_4$ ), todos los puntos muestreados presentaron unos valores mínimos durante los meses de enero, julio, agosto y septiembre; y máximos durante los meses de mayo y noviembre, correspondiéndose con los valores observados de nitritos + nitratos. Los valores de este parámetro fueron similares dentro y fuera del sistema de jaulas durante los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio y diciembre, difiriendo entre sí durante los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre. En este caso, los valores máximos de concentración de amonio medidos en el interior de las instalaciones, llegaron a doblar el valor típico reportado para la bahía de Melenara (8.51 mol/litro) (Fig.1).

Como conclusión, los parámetros que presentaron más diferencias entre el interior y el exterior de las instalaciones fueron los de concentración de amonio y nitritos + nitratos, particularmente durante los meses de otoño. Estos resultados son muy similares a los obtenidos en años precedentes. El amonio constituye el principal producto de excreción en los peces, y los elevados valores de este parámetro en las proximidades de las jaulas durante esta época del año, serían un reflejo del incremento del metabolismo general de los peces debido a los valores máximos de las temperaturas del agua en estos meses, lo que les conduce a un mayor consumo de alimento (pienso). Inmediatamente a su liberación al medio a través de las branquias, el amonio es transformado en nitritos y posteriormente en nitratos por las bacterias nitrificantes presentes en el agua, y esto queda perfectamente reflejado en la coincidencia de valores máximos de estos dos parámetros también en otoño (las altas concentraciones de amonio originan altas concentraciones de nitritos y nitratos, que requieren del primero como sustrato o "materia prima"). Por otro lado, y aunque estos valores máximos de amonio resultan más elevados que los considerados normales para esta bahía, los máximos valores de nitritos + nitratos a que los anteriores dan lugar

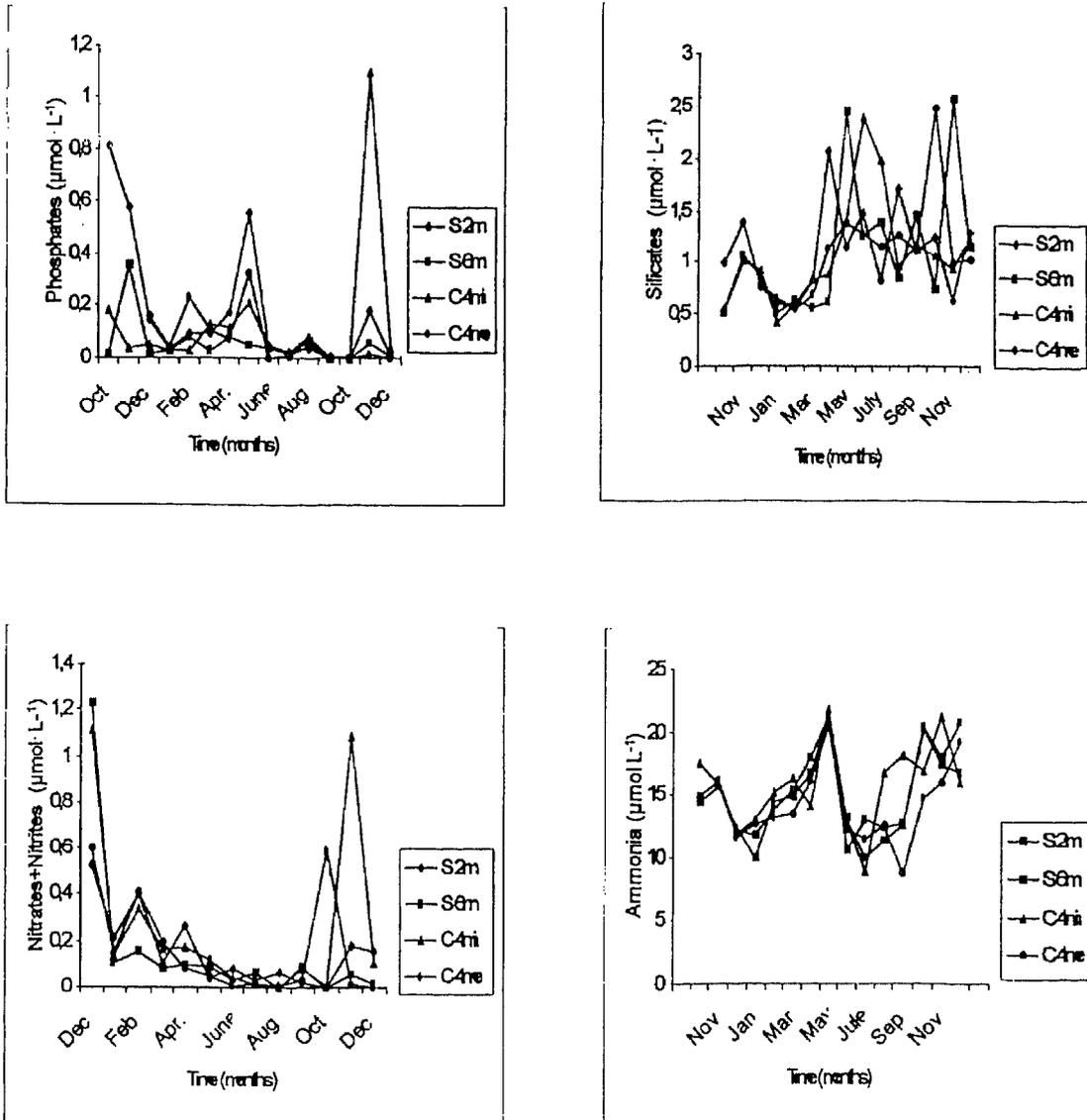


FIG. 1. Valores de fosfatos, silicatos, nitratos, nitritos y amonio, registrados en las diferentes zonas muestreadas de la instalación de jaulas durante diferentes periodos del estudio. (S= dentro del sistema de jaulas, C= control).

resultaron siempre inferiores a los considerados normales para esta zona, sugiriendo que la capacidad de carga de esta bahía es suficiente para transformar el amonio excretado por la totalidad de los peces engordados en esta instalación, y mantener unos niveles de nitritos y nitratos perfectamente normales. El único problema de toxicidad que pudiera afectar a organismos vivos vendría derivado de los niveles máximos de amonio, que a todas luces no provoca efectos negativos en los propios peces mantenidos en las jaulas, que serían los primeros y mejores indicadores de los mismos.

### *Sedimentos*

Se llevaron a cabo una serie de muestreos bimensuales de sedimentos en tres zonas pre-determinadas de influencia de las instalaciones: justo bajo las jaulas, a 60 metros y a 200 metros de las jaulas, utilizando cores cilíndricos de PVC (25 cm de longitud y 8 cm de diámetro interno), y analizándose la granulometría, el contenido en materia orgánica, de nitrógeno y fósforo.

Los resultados sugieren que durante el período de estudio, y debido al régimen de corrientes de la zona, no se pudo apreciar un efecto de acumulación de sedimentos orgánicos en las distintas zonas de influencia de las jaulas, apreciándose una tendencia a la recuperación de los valores iniciales de nitrógeno y fósforo en el sedimento con carácter estacional.

De esta forma, los diversos muestreos y análisis de sedimentos durante el primer año parecen indicar que, si bien existe una acumulación de materia orgánica (procedente de heces fecales y pienso no comido), que incluso se extiende hasta la zona seleccionada de muestreo más alejada de la vertical de las jaulas (200 metros), esta acumulación desaparece estacionalmente debido a que la zona está expuesta a la acción del oleaje y corrientes de marea que hace que la columna de agua re-suspenda y ponga en movimiento estos sedimentos periódicamente.

En un segundo período de muestreos, no se observaron diferencias significativas entre las tres zonas estudiadas, si bien el contenido medio de nitrógeno en la zona inmediatamente bajo las jaulas resultó significativamente mayor que en las otras zonas.

Es de destacar que, al igual que el estudio precedente, volvieron a observarse variaciones estacionales en todas las zonas para todos los parámetros químicos, con una clara tendencia a la recuperación de los valores mínimos. Este hecho de nuevo puede interpretarse como que el régimen de corrientes de la zona es suficiente para dispersar los depósitos de sedimentos sólidos de nutrientes orgánicos, sugiriendo que el impacto detectado en cuanto a la calidad de los sedimentos marinos es, hasta la fecha, despreciable.

### *Ecosistemas bentónicos*

Se llevaron a cabo una serie de muestreos bimensuales de flora y fauna bentónica, en diferentes zonas de influencia de las instalaciones. Las técnicas utilizadas están basadas en los censos visuales de los organismos en tres zonas diferenciadas. Una de las zonas de estudio son los transectos de 150 metros en dirección NE y en dirección SW que se instalaron y se encuentran delimitados de una forma permanente en el fondo. En ellos se realizan los censos que nos darán información acerca del área de influencia de las jaulas para cada especie. Otra zona de estudio es el espacio situado en la vertical bajo las jaulas, que es el que recibe la influencia más directa (sedimentación, sombreado, etc.), y por último, se realizan censos visuales alrededor de las jaulas y de los sistemas de anclaje.

En la zona donde se hallan instaladas las jaulas se reconoce un ecotono de transición de sebadal, el cual se incrementa pero sin formar una densa y extensa comunidad, en cotas de más de 15 metros de profundidad. El estudio de las comunidades faunísticas se ha dirigido hacia las poblaciones de peces, además de seguir la evolución de ciertas especies de invertebrados que podrían ser utilizadas como bio-indicadores.

A finales del año 1997, se apreció una disminución drástica en la densidad de haces de seba (*Cymodocea nodosa*) en la zona más próxima a las jaulas (0-10m), particularmente en la dirección más somera y próxima a la costa de los dos transectos con orientación N-S que se establecieron a partir de la vertical de la instalación. Asimismo, fue significativo el incremento en la concentración del poliqueto *Diopatra neopolitana* en estas zonas de máxima influencia, siendo este incremento también apreciable, aunque menos drástico, en las restantes zonas de influencia a lo largo de los dos transectos (80 y 150m).

La mayor densidad de peces, tanto pelágicos como bentónicos, se observó en la inmediata proximidad de las jaulas, con un valor medio de 150 individuos por cada 20 m<sup>2</sup>, apareciendo una disminución progresiva al alejarnos de la instalación a lo largo de estos dos transectos.

### *Adherencias (Fouling)*

A los organismos que son capaces de colonizar los sustratos artificiales se les denomina "fouling", "salissures" o incrustaciones, y estas comunidades están constituidas por una gran variedad de grupos: bacterias, algas, protozoos, celentéreos, poliquetos, briozoos, moluscos, crustáceos y tunicados. Estas especies colonizadoras crecen sobre las estructuras artificiales flotantes, fijas y/o sumergidas (como cascos de barcos, escolleras y paredes de muelles, obras de ingeniería civil e instalaciones industriales ligadas al mar) y esta colonización se establece mediante la interacción de los organismos con los sustratos, lo que da lugar a una sucesión que va desde las bacterias hasta los invertebrados filtradores. Desde el punto de vista industrial y económico, los perjuicios que pueden ocasionar estos organismos son importantes, y dependen del número de organismos colonizadores, del tamaño que alcanzan y del tipo particular de efectos que producen. Diferentes autores han trabajado sobre los daños ocasionados por las comunidades incrustantes en diferentes países.

El día 27 de noviembre de 1996 se efectuó el anclaje de una estructura diseñada y fondeada para muestrear la incidencia del fouling a dos profundidades medias (2 y 7 m), ya que la distribución de los organismos cambia con la profundidad. Se llevaron a cabo una serie de muestreos mensuales en las redes, retirando tres cuadrados de 20 x 20 cm, 400 cm<sup>2</sup> cada vez y reponiendo estos paneles para continuar con el estudio de la colonización temporal. El objetivo era estudiar los cambios en la sucesión de las comunidades y la estacionalidad de las mismas, así como la comunidad clímax.

Después de los primeros seis meses de muestreos, lo más destacable fue la aparición de macroalgas rodofitas filamentosas (*Polysiphonia harveyi*) a partir de los primeros 15 días, aunque la aparición de las rodofitas en general está citada en bibliografía a partir de los seis primeros meses en sustratos artificiales. En general, la diversidad y biomasa se incrementaron con el tiempo, siendo las rodofitas el grupo más abundante a una profundidad de 2, mientras que a 7 m predominaron colonias de ascidias.

La fracción animal mostró una presencia constante y abundante a lo largo del perfil vertical de las jaulas, y los organismos presentaron una distribución definida en bandas de comunidades, que en algunos casos llegan a ser mono-específicas (ascidias, *Grateloupia*). La cobertura de fouling en las redes llega a ocupar el 90% de la superficie a los 2 metros de profundidad, volviendo a descender hacia los 8 metros.

Se pudo apreciar una diferencia significativa entre redes con y sin tratamiento anti-fouling, en número de especies, aunque no cualitativamente (Escepto en el caso de *Grateulopia*, cuyas bandas de comunidades estaban ausentes en las redes con el tratamiento).

## CONCLUSIONES

En primer lugar, hay que mencionar que el programa de estudio de la incidencia medio-ambiental que diseñamos no pudo ejecutarse desde un principio con la regularidad y periodicidad de muestreos establecida inicialmente, debido a toda una serie de problemas e incidencias de diversa naturaleza. Entre éstos cabe mencionar la alta demanda de personal requerido para las diversas tareas de muestreos, analítica, procesado de datos, etc., que además eran de naturaleza interdisciplinar; el requerimiento de un equipamiento muchas veces costoso (barco, correntímetro) que hemos ido adquiriendo conforme íbamos obteniendo fondos, procedentes de distintas fuentes; la variabilidad del estado de la mar, que muchas veces impidió el cumplimiento del programa de muestreos, e incluso nos hizo perder equipos fondeados en las inmediaciones de las instalaciones (estructura para muestreo del fouling, barco). No obstante, la experiencia ha resultado positiva, en la medida que hemos sido capaces de obtener algunos resultados preliminares sobre qué parámetros de los estudiados han resultado más sensibles a la descarga de nutrientes por este tipo de sistema de cultivo, nos hemos provisto con una serie de equipamientos necesarios para este tipo de estudios, y hemos adquirido una experiencia que en su conjunto, nos permite continuar e incluso abordar nuevos estudios de esta naturaleza.

En cuanto a los resultados preliminares, debemos destacar que el régimen de corrientes es el principal factor que interviene en la interacción de los sistemas de engorde en jaulas en general, y de este en particular, con el medio ambiente circundante. En primer lugar, porque la renovación de agua en las jaulas delimita la carga o concentración de peces que se pueden mantener en la granja, determinando a su vez la cantidad de nutrientes liberados o descargados al medio, cuyo origen último es el pienso empleado para alimentar a los peces. En nuestro caso concreto, la cantidad de pienso empleado en un año asciende a 500 Tm (250 Tm, para un Índice de Conversión de Alimento: 2). Las cantidades de nitrógeno y fósforo que este pienso contienen son 39,5 Tm y 5,5Tm, respectivamente, y la descarga correspondiente de estos dos nutrientes por parte de los peces será de 32,1 Tm de nitrógeno y 3,8 Tm de fósforo, tanto en forma disuelta como particulada.

Los diversos muestreos y análisis de sedimentos parecen indicar que, si bien existe una acumulación de materia orgánica sólida (procedente de heces fecales y pienso no comido), esta acumulación desaparece estacionalmente debido a que la zona está expuesta a la acción de corrientes de marea que hace que la columna de agua ponga en movimiento estos sedimentos periódicamente. Esto sugiere que el impacto detectado en cuanto a la calidad de los sedimentos marinos es, hasta la fecha, despreciable. En cuanto a la calidad del agua, los resultados obtenidos hasta la fecha parecen sugerir que la capacidad de carga de esta bahía es suficiente para transformar el amonio excretado por la totalidad de los peces engordados en esta instalación, y mantener unos niveles de nitritos y nitratos perfectamente normales. Estas primeras conclusiones parecen también ser confirmadas por el hecho de que los estudios de adherencias o fouling mostraron un incremento de la biodiversidad, lo que representa un enriquecimiento biológico a pesar del incremento localizado de nutrientes.

Finalmente, el efecto de bio-filtro de nutrientes ejercido por los organismos del fouling, es interpretado como positivo, al disminuir la cantidad de nutrientes liberados al entorno.

## BIBLIOGRAFÍA

- FOLKE, C. & KAUTSKY, N. 1992. *Ocean & Coastal Management*, 17: 5-24.
- GOWEN, R.J., WESTON, D.P. & ERVIK, A. 1991. En: *Nutritional strategies and aquaculture waste. Proceedings of the First International Symposium on Nutritional Strategies in Management of Aquaculture Waste*. pp 187-205. C.B. Cowey & C.Y. Cho (Eds.). University of Guelph.Ontario.
- MOLINA, L., LÓPEZ-CALERO, G., ROBAINA, R. & J.M. VERGARA. 1997. *Cah. Options Méditerr*, 22: 291-300.
- VERGARA, J.M. & L. MOLINA. 1997. En: *Zootecnia. Bases de la producción animal. Tomo XIII: Producción animal acuática. Capítulo XVIII*. pp 290-303. C. Buxadé (ed.). Mundi-prensa, Madrid.