

## **IMPACTO AMBIENTAL DE GRANJAS DE JAULAS PARA ENGORDE DE PECES MARINOS: ESTADO ACTUAL DE CONOCIMIENTOS Y CONCLUSIONES PRÁCTICAS**

**José Manuel Vergara Martín(\*)**  
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria  
[www.grupoinvestigacionacuicultura.org](http://www.grupoinvestigacionacuicultura.org)  
(\*) e-mail: [jvergara@dbio.ulpgc.es](mailto:jvergara@dbio.ulpgc.es)

### **RESUMEN**

El efecto de la acuicultura sobre el medio ambiente ha resultado un foco de atención en los últimos años y objeto de múltiples investigaciones, particularmente en instalaciones de piscicultura intensiva de mar abierto, como son las jaulas flotantes donde se engordan especies como el salmón atlántico en aguas del norte de Europa, o como la dorada y la lubina en las costas del Mediterráneo y Atlánticas europeas.

El presente trabajo presenta los resultados de un trabajo realizado durante un periodo de dos años (2000-2001) en dos granjas comerciales de jaulas flotantes para engorde de peces marinos en la isla de Gran Canaria, y cuyo objetivo fue el desarrollar una metodología de evaluación del impacto ambiental de instalaciones de jaulas flotantes en Canarias, identificando aquellos parámetros físicos, químicos y biológicos más sensibles asociados a la descarga de nutrientes de esta actividad.

Asimismo, se realiza una revisión de los conocimientos científicos actuales sobre este tema, incluyendo fuentes principales de impacto, su cuantificación y efectos sobre el medio ambiente, extrayéndose una serie de conclusiones prácticas para este sector productivo.

**PALABRAS CLAVE:** Acuicultura marina, piscicultura, dorada, lubina, impacto ambiental.

### **ABSTRACT**

The effect of aquaculture on the environment has focused the attention during the last years, being the object of different studies, particularly in facilities of intensive fish farming in open sea such as floating cages, where fish species as the Atlantic salmon in the North of Europe seas or as the gilthead seabream and the European seabass in the Mediterranean and Atlantic European coasts are fattened.

This work shows the results of a study carried out for two years (2000-2001) in two commercial cage farms for the fattening of marine fish located at Gran Canaria island, which aimed to develop a methodology for the assessment of the environmental impact

produced by marine fish floating cages in the Canary Islands, with the objective of identifying those more sensitive physical, chemical, and biological parameters associated to the discharge of nutrients produced in this activity.

In addition, a review of the scientific current knowledge on this topic was done, including main sources of impact, its quantification and effects on the environment, resulting in a number of practical conclusions for this primary sector.

**KEY WORDS:** Marine aquaculture, fish farming, gilthead seabream, European seabass, environmental impact.

### **PRINCIPALES FUENTES DE IMPACTO**

Una proporción variable del alimento suministrado a los organismos cultivados (1% a 30%) no es ingerido, bien porque se sobrealimenta, o bien porque el sistema o su gestión deficiente no optimizan su ingestión. Otros factores, como contenidos en material pulverizado de los piensos superiores a los especificados por los productores, contribuyen a esta fracción de residuos sólidos.

La fracción no digerida del alimento es eliminada por los animales marinos en forma de heces sólidas, mientras que aquellos 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).

El extremo hasta el cual los ecosistemas naturales son alterados dependerá, entre otros aspectos, de si los sistemas de cultivo son intensivos o extensivos, de la gestión de dichos sistemas, de las especies cultivadas, de la localización, y del volumen de producción.

### **EFFECTOS MEDIOAMBIENTALES**

En granjas de engorde intensivo de peces marinos, tanto el alimento como otras formas de energía son aportados por el hombre.

## **EFFECTOS DE LA MATERIA ORGÁNICA LIBERADA EN FORMA SÓLIDA**

La materia orgánica que se libera en forma sólida es degradada fácilmente en el sedimento en presencia de oxígeno. La cantidad de oxígeno empleada en este proceso se denomina DBO (demanda biológica de oxígeno), y sus valores oscilan entre 2.0 y 4.5 kg de oxígeno/día/tonelada de peces producida, siendo estas magnitudes proporcionales a la cantidad de pienso empleado (115-120 g oxígeno/kg de pienso empleado). Esto puede dar lugar a déficits de oxígeno disuelto en el sedimento, provocando un cambio en las condiciones químicas que favorecen la liberación adicional de fósforo y nitrógeno contenido en la materia orgánica hacia la columna de agua, acelerando el proceso de eutrofización. Los efectos de estas deficiencias de oxígeno pueden en ocasiones afectar a los propios organismos cultivados, llegando a dar lugar a fenómenos de desoxigenación total en ciertas estaciones del año, frecuentemente asociadas con formaciones de termoclinas estivales en la columna de agua y a los ciclos de mareas. Parece, sin embargo, que no es probable que una depleción de oxígeno en ambientes marinos abiertos llegue a ser un grave problema. En casos de régimen de corrientes muy pobres, la acción en condiciones anaerobias de bacterias sulfato reductoras y metanogénicas en el sedimento ocasiona la producción de dióxido de carbono, gas sulfhídrico y metano, que liberados bajo instalaciones de jaulas pueden causar mortalidades en los animales cultivados debido a su toxicidad. Estos efectos, estudiados principalmente en sistemas intensivos de jaulas flotantes, se restringen generalmente a la vecindad más inmediata de la instalación de acuicultura, con efectos despreciables a distancias superiores a 15-20 metros de las jaulas en instalaciones pequeñas y medianas, y superiores a los 45-90 metros para granjas con producciones de 600 Tm anuales. Tan sólo se han reportado efectos a mayor escala cuando se concentran varias instalaciones de acuicultura en un sólo sitio. De todas formas, la topografía, batimetría y régimen de corrientes de la zona influyen decisivamente en el grado de impacto sobre el bentos.

En cuanto a las comunidades bénticas, éstas se ven influenciadas por la deposición de materia orgánica, y aunque se han reportado cambios estructurales en comunidades de meiofauna (abundancia de grandes nematodos), la mayoría de los estudios se han centrado en los efectos sobre la macrofauna béntica. La depleción de oxígeno disuelto en sedimentos enriquecidos con materia orgánica ocasionan la mortalidad o la emigración de muchas de las especies características de los sedimentos blandos no perturbados, ocasionando una

reducción en la riqueza o diversidad de especies, llegando a veces hasta un 90%-100% de reducción en esta riqueza justo bajo las jaulas, y en lugares muy resguardados.

A menudo la disminución en la diversidad se ve acompañada en un incremento en la abundancia total de macrofauna, reflejando altas densidades de poliquetos oportunistas (Ej.: *Capitella capitata* en Europa, Norte América y Asia, con densidades entre 1.000 y 10.000 individuos/m<sup>2</sup>, con grandes fluctuaciones temporales para un mismo sitio. Los equinodermos, por el contrario, son el grupo que muestra el mayor descenso en abundancia. Son las primeras especies en desaparecer al incrementarse los sedimentos orgánicos.

La biomasa de macrofauna no muestra una relación lineal consistente con el grado de enriquecimiento orgánico. Mientras unos autores han encontrado una reducción de esta biomasa, otros no han podido encontrar ningún efecto sobre ésta. Por lo tanto, es imposible predecir un incremento o un descenso de biomasa macrofaunística, al depender este parámetro del tamaño y densidad de las especies oportunistas. Cuando el flujo de aporte de materia orgánica al bentos es moderado, este aporte de alimento se traduce en el fenómeno de BIOESTIMULACION, caracterizado por un enriquecimiento de la diversidad y biomasa de la macrofauna, aunque los trabajos reportados son a veces contradictorios.

La velocidad a la que la comunidad béntica es alterada después de la instalación de una granja, y la velocidad de recuperación de esta comunidad después de la desaparición de una granja, dependerá de toda una serie de parámetros físicos (corrientes, batimetría) y biológicos (Ej.: escala de ciclos de reclutamiento). Como regla general, las alteraciones del bentos tienen lugar en cuestión de unos cuantos meses (un mes y medio a un año), mientras que la recuperación requiere períodos de años.

## **EFFECTOS DE LAS DESCARGAS DE NUTRIENTES DISUELTOS**

Las descargas de nutrientes disueltos provocarán un enriquecimiento (fertilización o hipernutrición) del agua circundante, dando lugar a un incremento de la producción primaria de las zonas afectadas (eutrofización), y alterando la composición en especies de algas de la zona. El incremento en biomasa de algas, tanto microscópicas como macroscópicas puede alcanzar dimensiones significativas ("blooms" algales), dando lugar a un incremento de la turbidez y a déficits de oxígeno disuelto en la columna de agua por descomposición posterior de esta biomasa. En casos más extremos estos "blooms" pueden originar altas concentraciones de algas tóxicas (mareas rojas).

Comparados con otras fuentes de descargas de nutrientes, puede decirse que las instalaciones de acuicultura contribuyen en una proporción ínfima a fenómenos de eutrofización a larga escala, aunque cuanto mayor sea la concentración de este tipo de granjas en un área determinada, mayor será el riesgo de este impacto. La sensibilidad a estos efectos variará según las zonas. En aguas costeras marinas, ambos tipos de efectos tenderán a minimizarse, siempre en función de las tasas de renovación de agua, de la topografía y de la batimetría de la zona en cuestión.

Tanto los cambios provocados en los ecosistemas bentónicos como en la columna de agua afectan también a las poblaciones salvajes de peces pelágicos en las cercanías de las instalaciones, que son en primer lugar atraídos por el alimento que escapa fuera de las jaulas, y en ocasiones atrayendo también a reproductores y concentrando la biomasa de los diferentes eslabones de la cadena trófica en las proximidades de las instalaciones. Estos efectos no difieren significativamente entre sistemas de estanques, tanques y jaulas flotantes.

## **CONSIDERACIONES FINALES**

Los resultados de los estudios científicos realizados sobre el efecto ambiental de este tipo de instalaciones ha probado repetidamente que, comparados con el resto de actividades humanas asentadas en zonas costeras, el impacto ejercido por los residuos de la acuicultura marina resulta poco significativo.

En muchos casos, estos efectos han sido hasta la fecha beneficiosos, como el enriquecimiento de la diversidad y biomasa de la macrofauna (bioestimulación), la repoblación de zonas esquilmadas, el actuar como actividad preservadora de los ecosistemas acuáticos en zonas reservadas para esta actividad, y la rehabilitación de zonas rurales costeras a través de la reutilización de terrenos degradados. Es además previsible, en la mayoría de los casos de acuicultura marina, que la capacidad medioambiental de las masas de aguas costeras esté lejos de agotarse a causa de la cantidad de desechos recibidos de estas actividades. Por el momento, pueden darse impactos graves en el medio ambiente acuático sólo en circunstancias especiales, como la sugerida en este trabajo fruto de un uso excesivo de pienso, o cuando se produzca la combinación de malas condiciones hidrográficas y una concentración excesiva de granjas intensivas.

La acuicultura es solo una de las muchas actividades que utilizan los recursos acuícolas, y posiblemente la más sensible y concienciada respecto a la calidad de estos

recursos, y sería en este sentido deseable que se desarrollara en un marco general de programas de planificación y ordenación de las zonas afectadas. En este sentido, la ausencia de una adecuada coordinación entre sectores, unida a la ausencia de control del desarrollo de las diferentes actividades relacionadas con el medio acuícola, han contribuido en cierta medida a la reducción de los recursos naturales, a la degradación del medio ambiente y a conflictos en la utilización de los recursos.

En el caso de instalaciones como jaulas flotantes, la adecuada ubicación atendiendo a las características hidrodinámicas, morfométricas y batimétricas de la zona es quizás uno de los factores decisivos, tanto para la optimización de la producción, como para minimizar los posibles impactos negativos sobre el entorno. En general, el apropiado diseño de las instalaciones (dimensionamiento de las diferentes unidades), junto con la gestión eficaz de las mismas (alimentación, manejo, limpieza, etc.), son otros factores que tienden a minimizar el impacto medioambiental negativo.

Los programas de seguimiento que evalúen los cambios medioambientales en las zonas costeras beneficiarán sin duda al desarrollo sostenido de la acuicultura comercial presente y futura.

Las medidas legislativas y administrativas tendentes a la compatibilidad medioambiental de las distintas prácticas acuícolas deberían ser consideradas en un contexto legislativo más amplio que el actual. Muchos países tienen escasa o nula legislación acuícola específica expresamente destinada a proteger o permitir actividades de acuicultura. Sin embargo, muchos acuicultores deben hacer frente a leyes y reglamentos complejos sobre la propiedad de la tierra, utilización del agua, protección del medio ambiente, sanidad pública y pesca y marisqueo en general. Pocos de entre ellos están redactados específicamente para promover o regular la acuicultura, existiendo confusión, conflictos y solapamientos.

Los granjeros de organismos acuáticos son los más interesados en limitar y controlar los efectos negativos medioambientales, ya que éstos perjudican significativamente a la propia instalación en muchos casos, comenzando a apreciarse cambios en el comportamiento y el crecimiento de los animales. Por lo tanto, un desarrollo sólido y sostenido de la acuicultura, donde exista la percepción de las interrelaciones existentes entre las actividades de acuicultura y los ecosistemas circundantes puede contribuir a la prevención y control de la contaminación de las aguas, ya que se fundamenta en la buena calidad de los recursos acuáticos. En los últimos años van apareciendo nuevas técnicas que

permiten resolver problemas actuales, como el desarrollo de nuevos prototipos de jaulas que permiten ser fondeados a mayores profundidades, resistir corrientes marinas más fuertes, y en algunos casos pueden además ser sumergidas. Dicho de otra manera, las futuras granjas de peces marinos estarán a una distancia doble o triple de la costa que las actuales, reduciendo significativamente su impacto medioambiental y visual.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACKEFORS, H. 1999. Sustainable Aquaculture food for the future?. In: Proceedings of the second International Symposium on sustainable aquaculture. Svennevig, N, Reinertsen, H. & New, M. (eds.). Balkeme, Rotterdam. pp.: 145-169.
- ACKEFORS, H. and ENELL, M., 1990. Discharge of nutrients from Swedish fish farming to adjacent sea areas. *Ambio*, Vol.19, nº1. pp. 28-35.
- AGUADO-GIMENEZ, F. and GARCIA-GARCIA, B. 2004. Assessment of some chemical parameters in marine sediments exposed to offshore cage fish farming influence: a pilot study. *Aquaculture*. 242, 283-295.
- BALLESTRAZZI, R., LANARI, D. and D'AGARO, E. 1998. Performance, nutrient retention efficiency, total ammonia and reactive phosphorus excretion of growing European sea-bass (*Dicentrarchus labrax*, L.) as affected by diet processing and feeding level. *Aquaculture*, 161, pp.: 55-65.
- BELIAS, C., BIKAS, V., DASSENAKIS, M. and SCOULLOS, M. 2003. Environmental Impacts of Coastal Aquaculture in Eastern Mediterranean Bays. The Case of Astakos Gulf, Greece. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 10, 287-295.
- BEVERIDGE M. C. M., ROSS L. G. and KELLY, A. 1994. Aquaculture and biodiversity, Royal Swedish Academy of Sciences, 23, 497-502.
- CANCEMI, G., FALCO, G.D. and PERGENT, G. 2003. Effects of organic matter input from a fish farming facility on a *Posidonia oceanica* meadow. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.* 56, 961-968.
- CORBERA, J. and CARDELL, M. J. 1995. Cumaceans as indicators of eutrophication on soft bottoms. *Scientia Marina*, 59, 63-69.
- COWEY, C.B. 1994. Intermediary metabolism in fish with reference to output of end products of N and P. II Intern. Symp. on Nutritional Strategies & Management Aquaculture waste. April, 1994, Aalborg Denmark, pp.: 24-27.
- FINDLAY, R. H. and WATLING L. 1995. Environmental impact of salmon net-pen culture on marine benthic communities in Maine: A case study. *Estuaries*. 18, 1A, 145-179.
-

- FOLKE, C. and KAUTSKY, N. 1989. The role of ecosystems for a sustainable development of Aquaculture. *Ambio*, 18, 4, 234-243.
- 
- GOWEN, R.J., WESTON, D.P., and ERVIK, A. 1991. Aquaculture and the benthic environment: a review. In: C.B. Cowey and C.Y. Cho (Editors) *Nutritional Strategies & Aquaculture waste*. Proceedings of the first International Symposium on Nutritional Strategies in management of Aquaculture waste (NSMAW), pp. 187-205.
- IWAMA, G. K., 1991. Interactions between aquaculture and the environment. *Critical Reviews in Environmental Control*, 21,2,177-216.
- JOHANNESSEN, P.J. 1994. Macrobenthos: Before, During and After a Fish Farm. *Aquaculture and Fisheries Management*, 55, 58- 61.
- KARAKASSIS, I., HATZIYANNI, E., TSAPAKIS, M. and PLAITI, W. 1999. Benthic recovery following cessation of fish farming: a series of successes and Catastrophes. 1999. *Mar. Ecol. Progr. Series*. 184, 205-218.
- KARAKASSIS, I., TSAPAKIS, M., HATZIYANNI, E., PAPADOPOULOU, N. and PLAITI, W. 2000. Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal Areas. *ICES Journal of Marine Science*. 57, 1462-1471.
- KARAKASSIS, I. and HATZIYANNI, E. 2000. Benthic disturbance due to fish Farming analyzed under different levels of taxonomic resolution. *Mar. Ecol. Progr. Series*. 203, 247-253.
- KARAKASSIS, I., PITTA, P. and KROM, M.D. 2005. Contribution of fish farming to the nutrient loading of the Mediterranean. *Sci. Mar.*, 69(2):313-321.
- KARAKASSIS, I. 2007. Effects of aquaculture on Mediterranean marine ecosystems: findings of recent EU-funded projects and ongoing research activities. *Ciesm Workshops Monographs n° 32*: 35-38. Monaco. [www.ciesm.org/online/monographs/lisboa07.pdf](http://www.ciesm.org/online/monographs/lisboa07.pdf)
- KUSPILIC, G., TICINA, V., MATIJEVIC, S., SKEJIC, S., ANTOLIC, B., GRUBELIC, I. and TUDOR, M. 2007. Impact of fish farming on marine ecosystems. Croatian experiences. *Ciesm Workshops Monographs n° 32*: 29-34. Monaco. [www.ciesm.org/online/monographs/lisboa07.pdf](http://www.ciesm.org/online/monographs/lisboa07.pdf)
- MALDONADO, M., CARMEN, M. and RIESGO, A. 2005. The environmental impact of Mediterranean cage fish farms at semi-exposed locations: does it need a reassessment?. *Helgol Mar. Res.*, 59: 121-135.
- MIRTO, S., PUSCEDDU, A., GAMBI, C., HOLMER, M. and DANOVARO, R. 2007. Ecological assessment of aquaculture impact in the Mediterranean Sea. *Ciesm Workshops Monographs n° 32*: 21-28. Monaco. [www.ciesm.org/online/monographs/lisboa07.pdf](http://www.ciesm.org/online/monographs/lisboa07.pdf)

- LA ROSA, T., MIRTO, S., MAZZOLA, A. and DANOVARO, R. 2001. Differential responses of benthic microbes and meiofauna to fish-farm disturbance in coastal sediments. *Environ. Pollut.* 112, 427-434.
- LA ROSA, T., MIRTO, S., MAZZOLA, A. and MAUGERI, T.L. 2004. Benthic microbial indicators of fish farm impact in a coastal area of the Tyrrhenian Sea. *Aquaculture.* 230, 153-167.
- LU, L. AND WU, R.S.S.1998. Recolonisation and sucesion of marine macrobenthos in organic enriched sediment deposited from fish farms. *Environmental Pollution.* 107,2, 241-251.
- MIRTO, S., LA ROSA, T., GAMBI, C., DANOVARO, R. and MAZZOLA, A. 2002. Nematode community response to fish-farm impact in the western Mediterranean. *Environ. Pollut.* 116, 203-214.
- PITTA, P., KARAKASSIS, I., TSAPAKIS, M. and ZIVANOVIC, S..1999. Natural vs. Mariculture induced variability in nutrients and plankton in the eastern Mediterranean. *Hydrobiologia.* 391, 181-194.
- TACON, A.G.J. AND METIAN, M. 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture.* 285 (1-4), 146-158.
- VERGARA, J.M., HAROUN, R., GONZÁLEZ, M.N., MOLINA, L., BRIZ, M.O., BOYRA, A., GUTIÉRREZ, L. and BALLESTA, A. 2005. Evaluación de Impacto Ambiental de Acuicultura en Jaulas en Canarias. 110 pp. *Oceanográfica* (Eds.-<http://www.oceanografica.com/>). ISBN: 84-609-4073-X. Las Palmas de Gran Canaria, Spain.