

## Biodeposiciones del cultivo de mejillón de acuicultura en Galicia: ¿contaminante o recurso?

Anxo Conde, Jorge Domínguez

Dpto. de Ecología e Bioloxía Animal, Facultade de Ciencias do Mar de Vigo. Vigo (España)

### Resumen

Entre las características que acompañan al cultivo de mejillón en Galicia (Noroeste de España) se han descrito elevadas tasas de sedimentación, sedimentos reducidos y cambios en la comunidad bentónica. Los organismos asociados a este tipo de cultivo marino (especies con hábitos filtradores y detritívoros) unidas al cultivo de macroalgas pueden minimizar el impacto ambiental que acompaña al cultivo del mejillón. La instalación de un filtro biológico (biofiltro) debe reducir el impacto de contaminación por materia orgánica en estas zonas. Los estudios sobre el contenido estomacal de la macrofauna asociada al cultivo de mejillón en bateas apuntan hacia algunas especies susceptibles de colonizar esta estructura artificial. A continuación se argumenta sobre las potencialidades de utilización de un biofiltro que reduzca el impacto ambiental del cultivo de mejillón en Galicia. En este trabajo se muestra como el mejillón y las especies asociadas de interés comercial podrían constituir una forma de acuicultura integrada.

### Summary

#### Biodeposition from mussel-raft aquaculture in Galicia: pollutant or resource?

High sedimentation rates, reduced sediments change in benthic community structure and an excess of nutrients are described conditions associated with mussel farming in Galicia (NW Spain). The organisms found associated with this type of culture (filter feeders and deposit feeders) together with the growth of macroalgae are the biological control agents that could effectively reduce the impacts of this type of monoculture. The installation of a biological filter system (biofilter) must reduce the impact of pollution cause by organic matter in these areas. Studies carried out on the stomach content of macrofauna associated to mussel raft farms suggest some species susceptible of colonizing this artificial structure. Here, a project designed to experimentally assess the expectations associated with the use of a biofilter in reducing the environmental impact of mussel-raft farming in Galicia. It is shown how target species could further be commercially exploitable alongside with the mussels in a form of integrated aquaculture.

## Introducción

La elevada producción primaria de las rías gallegas ha hecho posible el cultivo de mejillón en batea desde hace cinco décadas (1). El beneficio económico y social del cultivo está unido, sin embargo, a contrastes medioambientales negativos. Debido a la alteración de las características físico-químicas de los fondos de batea donde se registran elevados contenidos de materia orgánica y ocasionalmente muy bajas concentraciones de oxígeno, las comunidades bentónicas adaptadas a las condiciones anteriores al cultivo del mejillón han sido desplazadas (2 y 3).

La baja eficiencia alimentaria del mejillón en la cadena trófica le obliga a filtrar ingentes cantidades de agua, enviando hacia el fondo importantes cantidades de heces y pseudoheces (4). Cabanas y cols. (5) estiman una acumulación neta de materia orgánica procedente del cultivo de mejillón en batea de  $25 \text{ g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$ . Además los bajos valores del cociente C:N (6) le dan la oportunidad a las biodeposiciones de este organismo de ser incorporadas nuevamente en la cadena trófica mediante la intervención de las correspondientes trofoespecies.

Los organismos suspensívoros y detritívoros son capaces de asimilar este flujo de materia incrementando su biomasa, llegando a completar su ciclo vital. La epifauna asociada al cultivo de mejillón en batea puede aprovechar las heces y pseudoheces como recurso alimenticio creando cadenas tróficas cortas que minimizan las pérdidas de energía. Sus principales predadores son decápodos portúnidos y peces. Existe pues la posibilidad de reencaminar este flujo de materia y energía hacia especies de interés comercial mediante la inclusión de un sustrato adecuado minimizando además el impacto de la contaminación por materia orgánica en el fondo.

Situaciones similares de contaminación producida por explotaciones de acuicultura se han descrito, por ejemplo, en la costa sudeste de Asia, donde existe un elevado consumo de productos marinos. Para reducir el impacto del cultivo de peces en jaulas, se propuso preservar la capacidad de carga del sistema de manera a mantener la calidad del agua y el sedimento. Con ese objetivo fue propuesto el cultivo conjunto de algas y la utilización de organismos filtradores y sedimentívoros para evitar el exceso de nutrientes y materia orgánica particulada en las zonas adyacentes al cultivo de peces (7).

De manera análoga, se está aplicando en el Próximo Oriente el cultivo intensivo mixto de peces, donde las formas inorgánicas del nitrógeno se utilizan para el cultivo de la macroalga *Ulva lactuca* que sirve de alimento a la oreja de mar *Haliotis tuberculata*. Se consigue así una mejora en la calidad del agua que abandona el sistema llegando incluso a recircular parcialmente (8).

La importancia de las prácticas productivas y sostenibles en el mar se recoge en el Plan de Ordenación de los Recursos Pesqueros de Galicia donde se dice: “En la explotación y gestión de los recursos marinos ganan terreno día a día las consideraciones medioambientales en un doble sentido: no sólo interesa de manera creciente la calidad ambiental del medio marino por su influencia en especies de interés comercial, en el equilibrio ecológico marino y la salubridad de los productos del mar; también adquiere gran relevancia el efecto sobre el ambiente de ciertas actividades de acuicultura” (8).

## Descripción ecológica

El punto clave para conseguir la incorporación de las biodeposiciones del mejillón en la cadena trófica es la introducción de un sustrato adecuado que permita la fijación de la epifauna y no impida la proliferación de la comunidad bentónica sirviendo además como hábitat favorable para sus predadores. Este sustrato introducido se denomina “biofiltro” pues tiene la capacidad de retirar materia orgánica de la columna de agua después de ser colonizado por la epifauna.

**Tabla I**

Fauna asociada a los fondos y cuerdas de cultivo de mejillón en Galicia.

Filum	Epifauna	Infaua	Megafauna
Porifera	Esponjas		
Mollusca	<i>Mytilus edulis</i>	<i>Abra alva</i>	
	<i>Musculus</i> spp.	<i>Nucula nucleus</i>	
	<i>Nucella lapillus</i>	<i>Thyasira flexuosa</i>	
Annelida	<i>Arenicola eucaudata</i>	<i>Heteromastus filiformis</i>	
	Fam. Aphroditidae	<i>Notomastus latericeus</i>	
	Fam. Serpulidae	<i>Spiochaetopterus costarum</i>	
		<i>Tharyx multibranchis</i>	
Arthropoda	<i>Phtisica marina</i>		<i>Liocarcinus arcuatus</i>
	<i>Eurystheus maculata</i>		<i>Liocarcinus depurator</i>
	Gammáridos		<i>Necora puber</i>
	<i>Pisidia longicornis</i>		<i>Carcinus maenas</i>
Equinodermata	<i>Aslia lefevrei</i>	<i>Amphiura</i> spp.	<i>Asterias rubens</i>
	<i>Cucumaria normani</i>	<i>Ophiotrix fragilis</i>	<i>Psammechinus miliaris</i>
		<i>Ophiocomina nigra</i>	
Chordata	<i>Ciona intestinalis</i>		<i>Callionymus lira</i>
	<i>Phallusia mamillata</i>		<i>Gobius niger</i>
			<i>Lesuerigobius fresii</i>
			<i>Trisopterus luscus</i>

En la Tabla I se mencionan a algunos de los organismos que han sido encontrados entre los contenidos estomacales de la megafauna que se alimenta en las zonas de cultivo de mejillón en las rías gallegas (10, 11, 12, 13, 14 y 15).

### **La epifauna**

Una de las principales presas de la megafauna (cangrejos y peces) en las áreas de cultivo de mejillón en Galicia, es el pequeño decápodo *Pisidia longicornis*, organismo que alcanza grandes densidades y biomasa entre las especies epifaunales. Otra especie de importancia para el biofiltro es el propio *Mytilus edulis*. Además se han encontrado entre la epifauna asociada al cultivo de mejillón anfípodos, balánidos, ascidias, esponjas, gasterópodos y holoturias.

Según las observaciones hechas en las cuerdas de batea, los organismos epifaunales más frecuentes son de hábitos sedimentívoros cuando el mejillón de cultivo es pequeño, predominando los organismos de estrategia alimentar filtradora cuando los mejillones adquieren mayores tamaños (1).

### **La infauna**

La materia orgánica particulada no capturada por la epifauna puede servir como fuente de alimento a la infauna. Entre los organismos infaunales susceptibles de proliferar en este medio enriquecido destacan algunos bivalvos, ofiurideos y poliquetos (Tabla I).

### **Las algas**

En las cuerdas de cultivo del mejillón o en los flotadores de la batea se ha observado el crecimiento de algas, existiendo una sucesión estacional de manera que las algas verdes y rojas predominan en otoño e invierno y las laminariales en verano siendo la producción un orden de magnitud superior en la época estival (16).

El incremento de la densidad de organismos que colonizan el biofiltro permitiría implementar el cultivo de macroalgas siempre que haya un aumento significativo en sus excreciones (17), además de incrementar la producción primaria fitoplanctónica local. Las algas son también un recurso alimenticio para los decápodos ya que éstos tienen la capacidad de degradar sus carbohidratos de reserva (18). Algunas especies macrófitas de interés comercial susceptibles de cultivo son las algas pardas del género *Macrocystis* y otras laminariales (19).

El cultivo de algas se localizaría en las proximidades del biofiltro en una profundidad incluida dentro de la capa fótica, después de estudiar el hidrodinamismo de la zona para garantizar la llegada óptima de nutrientes

### **La megafauna**

Son varios los trabajos que desde hace años han puesto de relieve el incremento de biomasa en la megafauna demersal en los polígonos dedicados al cultivo del mejillón en Galicia (20, 21 y 22), principalmente entre los decápodos portúnidos y los peces, siendo también frecuentes los equinodermos *Psammechinus miliaris* y *Asterias rubens*.

La instalación de un biofiltro facilitaría alimento, cobijo y la oportunidad de un desplazamiento vertical en casos de anoxia o hipoxia en la interfase agua-sedimento. El resultado es análogo al que en la actualidad ocasionan los desprendimientos de las cuerdas de cultivo del mejillón, ocasionados por temporales o accidentalmente por su manipulación, creando zonas de refugio en las que se encuentran agregados de portúnidos.

Entre los portúnidos, la especie más destacada es *Necora puber*, por su elevado valor comercial. Las poblaciones de este cangrejo ocupan el segundo lugar de importancia desde el punto de vista de las densidades de decápodos en los fondos de bateas (23). Los braquiuros *Liocarcinus depurator* y *Liocarcinus arcuatus*, asociados también a los fondos de batea, tienen potencialidades comerciales para el consumo humano directo o bien en la industria conservera. Además se ha descrito la presencia del decápodo *Carcinus maenas*, siendo relativamente frecuente la comercialización de los individuos de mayor tamaño. La competencia por el espacio y posiblemente también por el alimento podría generar luchas interespecíficas. La disponibilidad de presas es elevada en las zonas del cultivo de mejillón, lo que unido a la captura diferenciada de las presas entre las especies de braquiuros aquí considerados (24 y 25), amortiguarían la competencia interespecífica por el alimento contribuyendo para aumentar sus densidades.

Entre los peces que han sido favorecidos por las nuevas condiciones aportadas por el cultivo de mejillón se encuentran los góbidos *Gobius niger*, *Lesuerigobius fresii*, el caliónido *Callionymus lira* y el más apreciado, la faneca, *Trisopterus luscus*. Estos peces migran hasta las bateas para alimentarse de la epifauna y la infauna (10 y 26).

## El arrecife artificial

Tras las primeras etapas de colonización del sustrato introducido (biofiltro) y la posterior evolución ecológica hacia estados de mayor estabilidad y maduración, se irían agregando nuevas especies a la comunidad. Las relaciones depredador-presa son un ejemplo del aumento en el número de especies. Así, el mayor depredador de *Necora puber*, el pulpo, *Octopus vulgaris*, tiene una estrecha relación en su abundancia con respecto a su presa (27). Por otro lado, los intersticios y huecos que permitan la acumulación de materia orgánica en el biofiltro aumentarían el número de especies de la epifauna con hábitos detritívoros (6).

Collin y Jensen (28) citan ejemplos de arrecifes artificiales en los que diversas especies marinas son atraídas, especialmente peces, beneficiados por la protección que estas estructuras proporcionan en algún momento de su ciclo de vida así como por la presencia de recursos alimenticios.

La evolución ecológica en el biofiltro considerado como un arrecife artificial puede no ser del todo beneficiosa. Las tasas de filtración de materia orgánica particulada pueden ser inferiores con el paso del tiempo al ser desplazados organismos de la epifauna que maximizan la filtración. Por esta razón, el tiempo de inmersión podría ser interrumpido para volver a etapas anteriores en la sucesión y aumentar la eficacia del biofiltro.

## Los inconvenientes

---

El mayor inconveniente en la implementación del biofiltro pasa por las especies de la megafauna favorecidas y su impacto sobre el cultivo de mejillón, ya que para los decápodos portúnidos los metílidos son una de sus principales presas en estos ambientes. Así, por ejemplo, en el mes de Julio, los decápodos del género *Liocarcinus* se alimentan con preferencia de los mejillones que por causa de desprendimientos durante la manipulación en su cosecha llegan al fondo (11). Otro organismo de la megafauna, la estrella de mar *Asterias rubens* es un organismo abundante en la zona de cultivo (6) y un potencial depredador del mejillón.

Aunque el grado de depredación depende de diversos factores, parece existir en el presente caso una fácil solución estableciendo la relación entre el impacto de depredación del mejillón en función del volumen del biofiltro. Limitando el sustrato, se reduciría la densidad del

predador debiéndose encontrar un máximo de volumen de biofiltro por batea de modo que no tenga repercusiones significativas en la productividad del cultivo. Además un biofiltro demasiado grande podría competir con el mejillón por el fitoplancton.

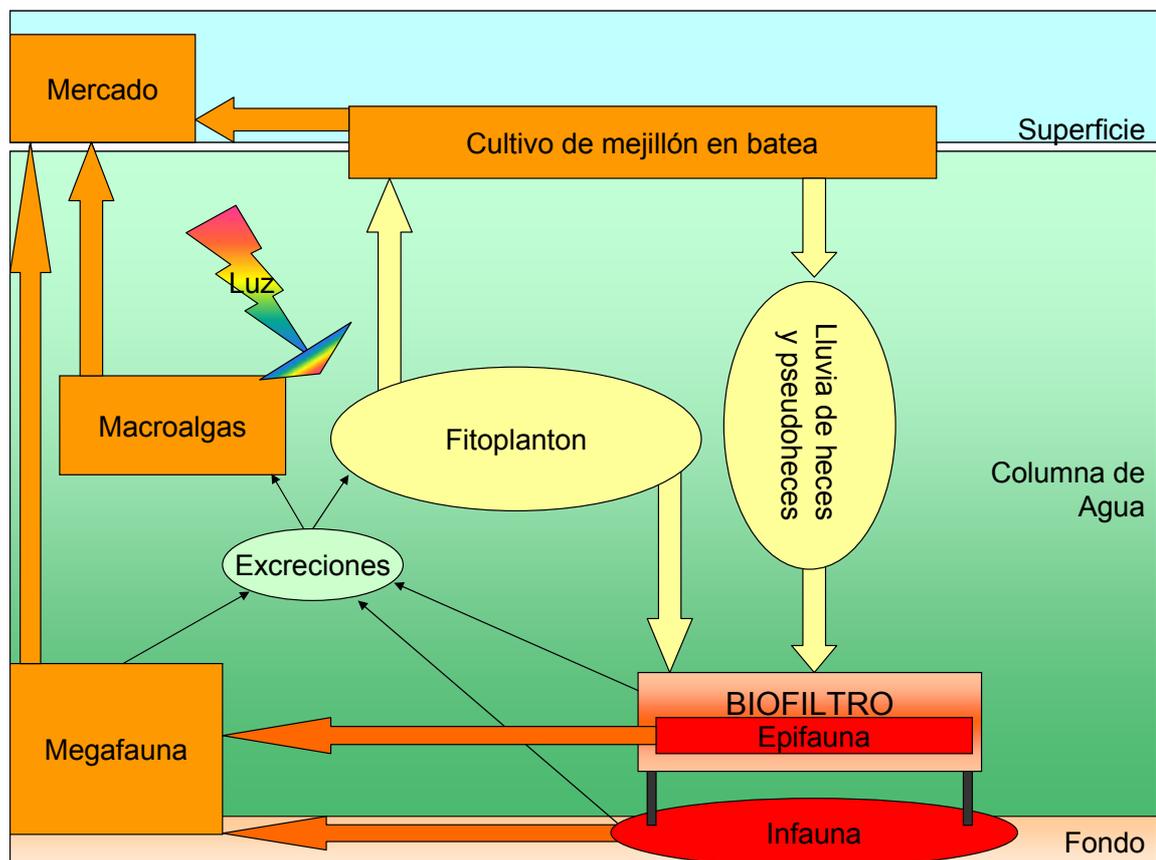
Otro inconveniente está relacionado con los temporales invernales en las costas gallegas que dependiendo de su intensidad se pueden hacer sentir en el fondo, dañando el biofiltro y su efectividad.

## Descripción de la estructura

A continuación se hace la descripción de los distintos compartimentos ecológicos que intervienen en el modelo propuesto para la minimización del impacto ambiental por el cultivo de mejillón y la proliferación de especies accesorias.

**Figura 1**

Esquema que representa el flujo de materia en el sistema, creado tras la inclusión del biofiltro. Las flechas no indican la magnitud del flujo. La acción bacteriana en la columna de agua y en el sedimento no es considerada.



El fitoplancton es el recurso alimenticio que el mejillón necesita para su crecimiento y cultivo. Las heces y pseudoheces procedentes del cultivo de mejillón en batea crean una lluvia hacia el fondo en dispersión variable según las condiciones hidrodinámicas dominantes bajo el polígono de bateas.

Para evitar que las heces y pseudoheces se acumulen como biodeposiciones en el sedimento el biofiltro se interpone entre el cultivo de mejillón y el fondo. En el momento que se alcanza el máximo de filtración, los organismos epifaunales que colonizan el biofiltro

asimilan parcialmente el flujo de materia orgánica, pudiendo la comunidad bentónica infaunal aprovechar la materia orgánica que todavía llega al fondo.

La megafauna (cangrejos y peces) se alimenta de los organismos asociados al biofiltro sirviéndole también de sustrato y refugio.

En la región de influencia del biofiltro se conseguiría recuperar la fauna bentónica y las características físico-químicas del sedimento. Las excreciones conjuntas de la epifauna, infauna y megafauna son una fuente de nitrógeno que permitiría el cultivo de macroalgas dentro de la capa fótica o contribuir para la proliferación del fitoplancton local, repercutiendo positivamente en la productividad del cultivo de mejillón.

Al igual que el mejillón de cultivo, la megafauna y las macroalgas tienen interés comercial por lo que su proliferación y explotación, en este contexto, permitiría minimizar las biodeposiciones en el sedimento.

El biofiltro pretende transformar un problema en un recurso. Las biodeposiciones procedentes del cultivo de mejillón se reconducen hacia especies de interés comercial con la finalidad de extraer el exceso de materia orgánica que llega al fondo en la forma de recursos vivos.

La reducción de los contenidos de materia orgánica en la zona de influencia del biofiltro aumentaría el diámetro medio de los sedimentos y reduciría su grado de hidratación que en ocasiones supera el 70% (6). Con la mejoría de las características de los sedimentos se espera un incremento en el número de especies infaunales y epifaunales con la consecuente mejora para la comunidad en su conjunto. El biofiltro tiene características de arrecife artificial.

Desde el punto de vista de los constituyentes del biofiltro no se pondría en riesgo el medioambiente, pues las especies que lo colonizan no son artificialmente introducidas sino que se encuentran previamente en el ecosistema.

La aplicación del biofiltro no es exclusiva para evitar el impacto por el cultivo de mejillón pudiéndose aplicar también en el cultivo de peces en jaulas.

## **Un caso empírico**

---

La descripción teórica hecha en este trabajo se realizó fundamentalmente a partir de trabajos de alimentación de la megafauna en los polígonos bateros dedicados al cultivo de mejillón en Galicia. Desde la conclusión hasta el presente fue publicado un estudio sobre este tema llevado a cabo en el Mar Rojo (29) que muestra la viabilidad de los biofiltros.

Los autores de este trabajo comprobaron que el biofiltro instalado bajo una jaula dedicada al cultivo de peces, conseguía un máximo de filtración del 35%. La clorofila-a se utilizó como la medida que estimó la eficiencia de filtración. La filtración real se considera todavía mayor al no ser considerado material particulado procedente de los restos de comida, heces de los peces, fragmentos de algas, etc. Velocidades intermedias de la corriente (3-10  $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ) son referidas como un factor importante para conseguir el máximo de filtración, no influyendo ni la dirección de la corriente ni la concentración de materia orgánica particulada.

Respecto a un arrecife de control alejado de la zona de cultivo, la biomasa alcanzada en el biofiltro fue inferior en una primera fase, superior en meses posteriores e igual en el final del estudio. La epifauna se caracterizó por una fijación inicial de tunicados y briozoos que posteriormente fueron desplazados por bivalvos y poliquetos. Otros organismos epifaunales que se fijaron en el biofiltro aunque presentaron una densidad menor fueron esponjas, anémonas, gasterópodos, erizos y crustáceos así como macroalgas.

La dinámica y los cambios observados en la comunidad epifaunal se atribuyeron a la temperatura del agua durante el tiempo de estudio y a la presión por predación. Respecto a las comunidades macrobentónicas no se efectuó un seguimiento exhaustivo y las observaciones realizadas no sugieren recuperación alguna. La comunidad de peces presentó una riqueza específica mayor en el biofiltro que en el arrecife de control, siendo elevadas las abundancias en ambos.

## Discusión

El biofiltro diseñado para el Mar Rojo (29) es una buena contribución aunque otras arquitecturas y materiales pueden ser experimentados con la finalidad de maximizar la eficacia de filtración. Los autores mencionados utilizaron una red de polietileno dándole forma cilíndrica (30 cm de diámetro por 250 cm de largo, aproximadamente) para construir un biofiltro piramidal apoyado directamente sobre el fondo.

Otras estructuras podrían ser desvinculadas del sedimento al hacer apoyo sobre unas "piernas" (Figura 1) que eleven el biofiltro una distancia suficiente del fondo para que la epifauna evite la influencia negativa de bajas concentraciones de oxígeno o sustancias tóxicas (p.e., H<sub>2</sub>S) así como para tomar muestras de sedimento bajo la estructura. Los sistemas de anclaje y las dimensiones del biofiltro deben facilitar su retirada y reinstalación.

Un diseño circular garantizaría que la tasa de filtración no sea afectada por la dirección de la corriente, consiguiéndose por otro lado una distribución más homogénea de la epifauna. El biofiltro piramidal del Mar Rojo no sufrió diferencias en la tasa de filtración debido a la dirección de la corriente pero sí favoreció en la competición por el espacio a algunas especies en partes localizadas de la estructura.

Las cuerdas utilizadas para el cultivo de mejillón han demostrado ser un excelente sustrato para la epifauna. Como parte integrante del biofiltro habría que tener en cuenta su distanciamiento horizontal y vertical. Las superficies imaginarias que contienen a un conjunto de cuerdas paralelas entre sí, deben ser consideradas planos de filtración. Este concepto permite introducir una nueva variable de estudio donde la disposición interior de los planos y su orientación en relación a la corriente y por tanto a la dirección de llegada de la materia orgánica particulada permita maximizar su eficiencia.

Estos datos apoyan la propuesta de utilización de biofiltros para minimizar los impactos ambientales derivados de los cultivos marinos. Más trabajos de investigación son necesarios para conseguir que esta tecnología avance hasta su optimización, llegándose a formas de acuicultura integrada.

## Agradecimientos

---

Al Dr. González-Gurriarán por la extensa bibliografía entregada y la calidad de los trabajos. A los compañeros de la Facultad de Ciencias do Mar de Vigo y a Miguel por su estímulo y apoyo. A los colegas del IPIMAR de Portugal por haberse interesado en adaptar este proyecto para una explotación intensiva en la "Estação Piloto de Piscicultura" de Olhão. Muito obrigado Dr. José Calvário, Dr. Luis Fonseca e restantes colegas.

## Referencias

---

1. TENORE KR, GONZÁLEZ N. Food chain patterns in the Ría de Arousa, Spain: an area of intensive mussel aquaculture. X *European Symposium on Marine Biology* 1975; 2:601-19
2. GRAÑA J, MACÍAS F. Contaminación orgánica en las rías gallegas. *Cuad. Marisq. Publ. Téc.* 1987; 12:747-52

3. LÓPEZ-JAMAR E. Distribución espacial de las comunidades bentónicas infaunales de la Ría de Arosa. *Bol. Inst. Esp. de Oceanografía* 1982; 7:255-68
4. PÉREZ A, ROMÁN G. Estudio del mejillón y su epifauna en los cultivos flotantes de la Ría de Arosa. II. Crecimiento, mortalidad y producción del mejillón. *Bol. Inst. Esp. de Oceanografía* 1979; 5:23-41
5. CABANAS JM, GONZÁLEZ JJ, MARIÑO J, PÉREZ A, ROMÁN G. Estudio del mejillón y de su epifauna en los cultivos flotantes de la Ría de Arosa. *Bol. Inst. Esp. de Oceanografía* 1979; 5:45-50
6. TENORE KR, BOYER LF, CAL RM, CORRAL J, GARCÍA-FERNÁNDEZ C, GONZÁLEZ N, Y COLS. Coastal Upwelling in the Rías Bajas, NW Spain: Contrasting the benthic regimes of the Rías de Arousa and de Muros. *Reimpresión Journal of Marine Research* 1982; 40:701-72
7. WU RSS. The Environmental Impact of Marine Fish Culture: Towards a Sustainable Future. *Marine Pollution Bulletin* 1995; 31:159-66
8. SHPIGEL M, NEORI A. The integrated culture of seaweed, abalone, fish and clams in modular intensive land-based systems: I. Proportions of size and projected revenues. *Aquacultural Engineering* 1996; 15:313-26
9. CONSELLERÍA DE PESCA, MARISQUEO E ACUICULTURA. *Plan de Ordenación dos Recursos Pesqueiros e Marisqueiros de Galicia*. Xunta de Galicia 1992: 874 pp
10. LÓPEZ-JAMAR E, IGLESIAS J, OTERO JJ. Contribution of infauna and mussel-raft epifauna to demersal fish diets. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1984; 15:13-8
11. GONZÁLEZ-GURRIARÁN E, FREIRE J, FERNÁNDEZ L, POZA E. Incidencia del cultivo de mejillón en la dieta de *Liocarcinus depurator* (L.) (Brachyura: Portunidae) en la Ría de Arousa (Galicia, NW España). *Cah. Biol. Mar.* 1989; 30:307-19
12. FREIRE J, FERNÁNDEZ L, GONZÁLEZ-GURRIARÁN E. Influence of Mussel raft culture on the diet of *Liocarcinus arcuatus* (Leach) (Brachyura: Portunidae) in the Ría de Arousa (Galicia, NW Spain). *Journal of Shellfish Research* 1990; 9:45-57
13. FERNÁNDEZ L, FREIRE J, GONZÁLEZ-GURRIARÁN E. Actividad alimentaria de *Liocarcinus arcuatus* (Brachyura: Portunidae) en la Ría de Arousa (Galicia, NW España). *Bol. Inst. Esp. de Oceanografía* 1991; 7:139-46
14. GONZÁLEZ-GURRIARÁN E, FERNÁNDEZ L, FREIRE J, MUIÑO R. Alimentación de los crustáceos decápodos de la Ría de Arousa: predación sobre infauna y epifauna de cultivo en batea. *Publ. Espec. Inst. Esp. de Oceanografía* 1993; 11:21-5
15. FREIRE J. Feeding ecology of *Liocarcinus depurator* (Decapoda: Portunidae) in the Ría de Arousa (Galicia, north-west Spain): effects on habitat, season and life history. *Marine Biology* 1996; 126:297-311
16. LAPOINTE B, NIELL FX, FUENTES JM. Community structure, succession and production of seaweeds associated with mussel rafts in the Ría de Arousa, N.W. Spain. *Mar. Biol.* 1981; 5:243-53
17. NEORI A, KROM MD, ELLNER SP, BOYD CE, POPPER D, RABINOVITCH R, Y COLS. Seaweed biofilters as regulators of water quality in integrated fish-seaweed culture units. *Aquaculture* 1996; 141:183-99
18. NORMAN CP, JONES MB. Utilization of brown algae in the diet of the velvet swimming crab *Liocarcinus puber* (Brachyura: Portunidae). In: Barnes M, Gibson RN, eds. *Trophic relationships in the marine environment. Proc. XXIV Eur. Mar. Biol. Symp.* Aberdeen University Press, 1990:491-502
19. PETRELL RJ, MAZHARI TK, HARRISON PJ, DRUEHL LD. Mathematical model of Laminaria production near a British Columbia Salmon sea cage farm. *J. Appl. Phycol.* 1993; 5:1-14
20. GONZÁLEZ-GURRIARÁN E. Estudio de la comunidad de crustáceos decápodos (Brachyura) en la Ría de Arousa (Galicia, NW España), y su relación con el cultivo de mejillón en batea. *Bol. Inst. Esp. de Oceanografía* 1982; 7:223-54
21. ROMERO P, GONZÁLEZ-GURRIARÁN E, PENAS E. Influence of mussel rafts on spatial and seasonal abundance of crabs in the Ría de Arousa, NW Spain. *Mar. Biol.* 1982; 72:201-10

22. IGLESIAS J. Spatial and temporal changes in the demersal fish community of the Ría de Arousa (NW Spain). *Mar. Biol.* 1981; 65:199-208
23. GONZÁLEZ-GURRIARÁN E, FREIRE J, FERNÁNDEZ L. Feeding activity and contribution of mussel raft culture in the diet of crabs in the Ría de Arousa (Galicia, Northwest Spain). *Mar. Sci. Symp.* 1995; 199:99-107
24. FREIRE J, SAMPEDRO MP, GONZÁLEZ-GURRIARÁN E. Influence of morphometry and biomechanics on diet selection in three portunid crabs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1996; 137:111-21
25. AP RHEINALLT T, HUGHES RN. Handling methods used by the velvet swimming crab *Liocarcinus puber* when feeding on mollusks and shore crabs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1985; 25:63-70
26. CHESNEY EJJR, IGLESIAS J. Seasonal distribution abundance and diversity of demersal fishes in the inner Ría de Arousa, Northwest Spain. *Estuar. Coast. mar. Sci.* 1979; 8:227-39
27. GUERRA A. Sobre la alimentación y el comportamiento alimentario de *Octopus vulgaris*. *Invest. Pesq.* 1978; 42:351-64
28. COLLINS KJ, JENSEN AC. Artificial Reefs. In: SUMMERSHAYES CP, THORPE SA, eds. *Oceanography*. London: Manson Pub. Ltd. 1996:259-72
29. ANGEL DL, EDEN N, BREITSTEIN S, YURMAN A, KATZ T, SPANIER E. In situ biofiltration: a means to limit the dispersal of effluents from marine finfish cage aquaculture. *Hydrobiologia* 2002; 469:1-10