



**XIV FORO dos RECURSOS MARIÑOS
e da ACUICULTURA das RÍAS GALEGAS**



**XXIII CICLO CULTIVANDO O MAR:
CULTIVOS EMERXENTES**

Illa de A Toxa (O Grove), 6 e 7 de outubro do 2011

Esta obra citarse como sigue:

Todo o libro:

Rey-Méndez M., Fernández Casal J., Lodeiros C., Guerra A. (eds.) 2012. *Foro Rec. Mar. Ac. Rías Gal.* 14, 412 pp. Edit. Asoc. Foro dos Recursos Mariños e da Acuicultura das Rías Galegas. Santiago de Compostela, A Coruña, España.

E para un traballo concreto (exemplo):

Guerrero S., Cremades J., Dominguez J., Ancosmede C.H., Cores A. 2011. Poliquetos en el effluente de una piscifactoría de peces planos. En: *Foro Rec. Mar. Ac. Rías Gal.* Rey-Méndez M., Lodeiros C., Fernández Casal J., Guerra A. (eds.) 14: 333-340

Libromar Ediciones y Gestión S.L.

Dep. Legal: C 851-2012

ISBN: 978-84-695-3126-6

Microbalance [®] . Flexibilidad e independencia en el uso de materias primas para los piensos piscícolas Ramon Fontanillas	91
Mesa de trabajo: A acuicultura como instrumento de cooperación ao desenvolvemento: novas realidades	101
La acuicultura como herramienta de cooperación al desarrollo Alberto López García-Asenjo	103
Las empresas acuícolas como motor de cooperación Juan Manuel Fernández Aldana	105
Cooperación Galega: referente en la cooperación acuícola y pesquera Yolanda Molares	107
Presentación Libros	113
Ingeniería de la ACUICULTURA MARINA: Instalaciones en tierra José Daniel Beaz Paleo	115
Razor clams: biology, aquaculture and fisheries Guerra A., Lodeiros C., Gaspar M., da Costa F. (eds.)	117
Mesa de trabajo: Biotecnología	121
Proyecto genómico AQUAGENET Manuel Manchado	123
HIPRA: Biotecnología de vacunas para peces de acuicultura española Daniel Vendrell Pérez	133
Paneis	137
Acuicultura Multitrófica Integrada en Canarias: Impacto Ambiental en un cultivo <i>offshore</i> Bilbao A., Pérez Y., Pavón N., Ruiz M., Louzara G., González N.	139
Aislamiento de marcadores microsatélite en la coquina <i>Donax trunculus</i> Nantón A., Arias A., Freire R., Méndez J.	147
Comparación de la relación talla-peso en peces de interés pesquero del atlántico y mediterráneo andaluz Garrido M.P., Jiménez-Tenorio N., Bruzón M.S., Bruzón M.A.	155
Comparative molecular analysis of evolutionary distant glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase from <i>Sardine pilchardus</i> and <i>Octopus vulgaris</i> Baibai T., Oukhattar L., Quinteiro J., Serrano A., Rey-Méndez M., Soukri A.	163

Acuicultura Multitrófica Integrada en Canarias: Impacto Ambiental en un cultivo *offshore*

Bilbao¹A., Pérez¹ Y., Pavón¹ N., Ruiz² M., Louzara² G., González³ N.

¹Gestión del Medio Rural de Canarias, S.A.U. C/Subida a El Mayorazgo nº 24 portal B, Planta 2, Pol. Ind. El Mayorazgo 38110 Santa Cruz de Tenerife (Tenerife, Islas Canarias) España. e-mail: albertobs@gmrcanarias.com

²ECOS - Estudios Ambientales y Oceanografía S.L. C/ Alfred Nobel,31B. Los Tarajales, C.P. 35013 Las Palmas de Gran Canaria (Gran Canaria, Islas Canarias) España.

³ Instituto Canario de Ciencias Marinas. Ctra. de Taliarte s/n 35200 Telde. (Gran Canaria, Islas Canarias) España.

Resumen

En la actualidad en Gran Canaria (Islas Canarias) se está desarrollando un proyecto de investigación acuícola marino basado en un modelo de Acuicultura Multitrófica Integrada. La finalidad de esta comunicación es contribuir al conocimiento de los posibles impactos ambientales asociados a este tipo de cultivo *offshore*, con vistas a un futuro desarrollo en Canaria.

Palabras clave

Acuicultura Integrada, Impacto Ambiental, Cultivo *offshore*.

Introducción

Se estima que en los próximos 30 años la producción del sector acuícola se duplicará. Este incremento se dirigirá sobre todo hacia la acuicultura costera, siendo los peces las principales especies cultivadas, aunque el cultivo de otras, como los bivalvos y las algas,

también aumentará. Es por ello fundamental comenzar a preguntarse cómo se llegará a esta situación y cuáles serán las consecuencias ambientales y socioeconómicas (Troell, 2008). España ocupa el tercer puesto en el ranking europeo de producción de lubina. Por su parte, la Comunidad Autónoma de Canarias es la primera productora de lubina a nivel nacional (APROMAR, 2011).

En la Acuicultura Multitrófica Integrada (en castellano AMTI, en inglés *Integrated Multi-Trophic Aquaculture – IMTA*), el término “integrada” se refiere al sistema sinérgico en donde las diferentes especies desarrollan su función con respecto al incremento de la producción y la reducción de los residuos, mientras que el término “multitrófico” describe el papel ecológico de las especies implicadas, como la producción fotosintética de las algas y el uso heterótrofo de los residuos sólidos por parte de los organismos filtradores (Tomas, 2011).

En el archipiélago Canario, concretamente en la isla de Gran Canaria, se está desarrollando un proyecto de investigación, a través de un modelo IMTA, asociado a un cultivo de lubina *offshore*. El objetivo de este trabajo es describir los impactos ambientales y los efectos probables de un IMTA en Canarias.

Materiales y métodos

El proyecto se desarrolla, en aguas abiertas, al este de la isla de Gran Canaria (Islas Canarias). El sistema IMTA (Fig.1) consiste en una estructura cuadrada tipo *longline*, diseñada *ad hoc*, de unos 15x15 metros en superficie, asociada a un cultivo comercial de lubinas que está situado a unos 25 metros de las jaulas de cultivo en sentido de la corriente dominante. El cultivo comercial pertenece a la empresa ADSA (Alevines y Doradas, S.A.), establecido desde hace unos 12 años, que consta de 12 jaulas de cultivo, de unos 22 metros de diámetro. En la tabla I se presentan las características de las especies cultivadas en el IMTA propuesto.

Tabla I.- Características de las especies que conforman el IMTA

Tipo de acuicultura	Tipo de organismo	Especies
Acuicultura de alimentación	Peces	<i>Dicentrarchus labrax</i>
Acuicultura extractiva orgánica de suspensión	Moluscos Bivalvos	<i>Perna perna</i>
Acuicultura extractiva inorgánica de suspensión	Macroalgas	<i>Ulva rigida</i>
Acuicultura extractiva de depósito	Erizos y holoturias	<i>Diadema antillarum</i> y <i>Holothuria sanctori</i>
Co-cultivo	Erizo	<i>Paracentrotus lividus</i>

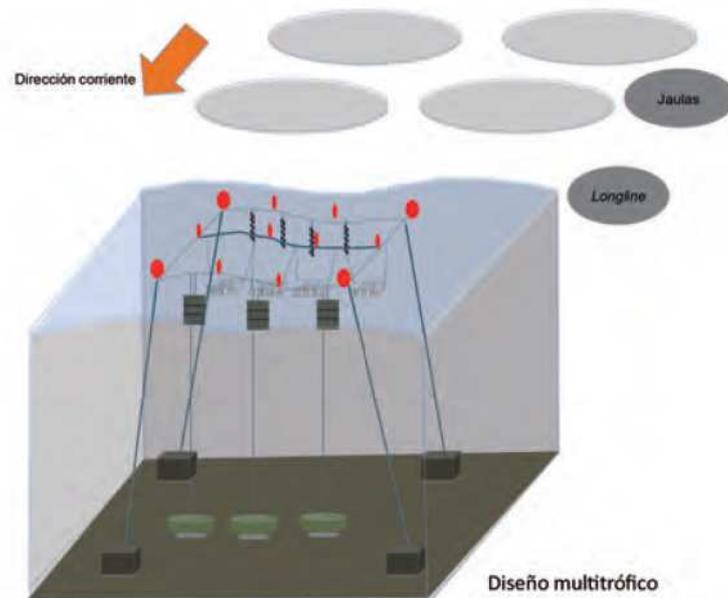


Figura 1.- Sistema IMTA diseñado.

Resultados

Si se consideran, en términos generales, los impactos ambientales del cultivo monoespecífico de las organismos descritos en la tabla I: en el cultivo de peces los principales impactos derivan de la carga de nutrientes en dilución y de la materia orgánica en forma particulada (Vergara *et al.*, 2005); en el cultivo de moluscos, donde se emplea la propia producción natural del agua como fuente de alimento, el impacto sería menor que en el caso de los peces, siendo el más relevante el derivado de la acumulación de residuos bajo la estructura de cultivo (Gavine & McKinnon, 2002); en cuanto a las algas, los impactos más destacados son la reducción en la concentración de nutrientes (Phillips, 1995); el cultivo de erizos, a pequeña escala, puede causar enriquecimiento orgánico de los sedimentos (Defrance *et al.*, 2000); por último, el impacto del cultivo de holoturias, en estanques, sólo sugieren que reduce la concentración de nutrientes en los sedimentos (Ren *et al.*, 2010).

En la tabla II, se presentan los principales impactos, fuentes y efectos probables considerando los cinco tipos de organismos. Sin embargo, en la práctica acuícola de un sistema IMTA, los desechos (*outputs*) de una especie que proviene de acuicultura de alimentación, ej. peces, son reciclados para ser inputs (fertilizantes, alimento y energía) para especies de acuicultura extractiva que utilizan los residuos inorgánicos (nitrógeno inorgánico disuelto), ej. macroalgas, y orgánicos (materia orgánica particulada – pequeña) como los filtradores, ej. mejillones, o equinodermos (materia orgánica particulada – grande), ej. holoturias y erizos, para su crecimiento, siempre considerando especies que poseen valor comercial (Chopin *et al.*, 2010; Soto, 2009).

Tabla II.- Impactos ambientales generales en cultivos marinos monoespecíficos de peces (p), mejillones (m), algas (a), erizos (e) y holoturias (h).

Recurso afectado	Fuente	Impacto	Efecto probable
Sedimentos	Restos de comida y heces (p), heces, pseudoheces, conchas muertas y otros detritos (m) Restos de comida (e) Desprendimiento de algas (a)	Acumulación bajo las áreas de cultivo	Agotamiento localizado del oxígeno disuelto Alteración del ciclo de nutrientes y, potencialmente, liberación de gases tóxicos. Alteración de las características físicas y químicas de los sedimentos Alteración de la comunidad microbiana e invertebrada bentónica Deterioro localizado en la calidad ambiental
	Estructura de cultivo (p) (m) (a)	Interferencia en la dirección y velocidad de las corrientes	Cambios en los patrones de sedimentación
Columna de agua	Restos de comida y heces (p)	Lixiviado/traspaso de nutrientes en la columna de agua	Hipernutricación, que puede llevar a la eutrofización
	Stock de cultivo (p)	Productos de excreción	Reducción de los niveles de oxígeno disuelto Incremento localizado en los niveles de amonio
	Alimentación por filtración del stock (m)	Absorción de la producción primaria y secundaria	Agotamiento de recursos esenciales Modificación del ciclo de nutrientes Reducción de los niveles de oxígeno disuelto Cambios en la composición de las comunidades planctónicas
	Stock de cultivo (a)	Reducción en la concentración de nutrientes	Agotamiento de recursos esenciales
Biológicos	Stock de cultivo (p) de especies exóticas o localmente ausentes	Escape de peces	Interacciones con poblaciones salvajes (modificación del hábitat, competición, predación)
	Stock de cultivo (p)	Transferencia de enfermedades	Posible transferencia a poblaciones salvajes
	Estructura de cultivo (p) (m) (a)	Creación de hábitats	Aumento de la biodiversidad
		Dispositivos de Agregación	Aumento de la biodiversidad y biomasa
		Obstrucción a la fauna marina (mamíferos, tortugas y aves)	Impactos negativos en la fauna marina, reducción de la biodiversidad
	Stock de cultivo (m)	Colección de semilla	Impactos en la población nativa
Creación de lechos de mejillones		Incremento en la población nativa de moluscos	

Discusión

Parte del éxito del cultivo de peces en Canarias se debe a la calidad de las aguas y a las condiciones ambientales que se dan en el archipiélago, muy favorables en comparación a otras regiones de España donde también se practica esta actividad. En este contexto preservar el capital natural es esencial para que esta industria pueda mantener, o incluso aumentar, sus niveles de crecimiento. Consecuentemente es imperativo diseñar prácticas acuícolas responsables que mantengan la integridad de los ecosistemas, mientras aseguran la viabilidad del sector. En este sentido, las macroalgas pueden llegar a eliminar nitrógeno disuelto con una eficiencia entre el 35-100%. La producción de macroalgas puede ser invertida en la obtención de ficocoloides de interés industrial (Troell *et al.*, 2003). Además, estas macroalgas y también los excedentes de pienso pueden formar parte de la dieta, por ejemplo, del erizo *P. lividus* (Pantazis, 2009). Así mismo, con la introducción de nuevas especies de cultivo, como el mejillón *P. perna*, especie de potencial interés acuícola en Canarias (Bilbao *et al.*, 2009; Viera *et al.*, 2009), se pueden diversificar las especies cultivadas por el sector acuícola canario. En cuanto a la calidad sanitaria de los productos obtenidos a través de un sistema IMTA, por ejemplo el caso del mejillón *Mytilus edulis* en Canadá lo han comenzado a explotar de forma comercial, tras pasar los estándares de calidad necesarios (canadienses, norteamericanos y europeos), después de su cultivo conjunto con salmones y macroalgas (Reid *et al.*, 2011).

Conclusiones

En los últimos años, la FAO está trabajando en la implementación del Enfoque Ecosistémico en la Acuicultura (EEA) como el camino para mejorar la gobernanza del sector. El EEA promueve el uso eficiente de los nutrientes como recurso, así como la ocurrencia de diversos productos y beneficios (y beneficiarios) mientras se reducen los impactos. Es por ello que la IMTA es una vía práctica para poder implementar esa aproximación (Soto *et al.*, 2008; Soto, 2009). Actualmente se está investigando de forma significativa el cultivo de peces *offshore*, y para que esta investigación se extendiese a otras especies deberían existir incentivos adecuados para la IMTA en ambientes oceánicos (Troell *et al.*, 2009).

Agradecimientos

Trabajo financiado por la Junta Asesora de Cultivos Marinos (JACUMAR), a través del proyecto “Acuicultura integrada: experiencia piloto para el desarrollo de sistemas de cultivo multitróficos”.

Bibliografía

- APROMAR. 2011. La Acuicultura Marina de Peces en España. 77 pp.
- Bilba A., Viera M.P., Courtois de Viçoise G., Pérez Y., Falcón R., Aarab L., Bilbao-Villena A., Fernández Palacios H., Molina L., Izquierdo M.S., Pavón N. 2009. Descripción del cultivo de mejillón *Perna perna* en *longline* (Fuerteventura, Islas Canarias). En: *XII Congreso Nacional de Acuicultura*. 24-26 noviembre. Madrid. Libro de Resúmenes. 690-691 pp.
- Chopin T., Troell M., Reid G.K., Knowler D., Robinson S.M.C., Neori A., Buschmann A.H., Pang S.J. 2010. Integrated Multi-Trophic Aquaculture. Part I. Responsible Practice Provides Diversified Products, Biomitigation. *Global Aquaculture Advocate*. 38:39.
- Defrance Malay M.C., Bangi H.G.P., Junio-Meñez M.A.R. 2000. Enhancement Effect of Sea Urchin Grow-out Cages in Lucero, Bolinao, Pangasinan. *Science Diliman*. 12:2, 1-9.
- Gavine F.M., McKinnon L.J. 2002. Environmental Monitoring of Marine Aquaculture in Victorian Coastal Waters: A Review of Appropriate Methods. *Technical Report No. 46*. Marine and Freshwater Resources Institute, Victoria. 57 pp.
- Pantazis P.A. 2009. The culture potential of *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) in Greece: a preliminary report. *Aquaculture International*. 17:545–552
- Phillips M.J. 1995. Aquaculture and the environment - striking a balance, In: *Aquaculture towards the 21st century. Proceedings of INFOFISH-AQUATECH'94 International Conference on Aquaculture*, Colombo, Sri Lanka, 29-31 August 1994. Organized by INFOFISH and the Sri Lanka Export Development Board. K.P.P. Nambiar and T. Singh (eds.). p.26-55.
- Reid G.K., Robinson S.M.C., Chopin T., Mullen J., Lander T., Sawhney M., MacDonald B., Haya K., Burrige L., Page F., Ridler N., Boyne-Travis S., Sewuster J., Marvin R., Szemerda M., Powell F. 2011. Recent developments and challenges for open-water, integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in the Bay of Fundy, Canada. In: *Proceedings of Contributed Papers and Second National Freshwater Symposium*, Edmonton, Alberta, Canada, 23-26 September 2007. Securing sustainable economic prosperity. 2011. 43-47.
- Ren Y., Dong S., Wang F., Gao Q., Tian X., Liu F. 2010. Sedimentation and sediment characteristics in sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) culture ponds. *Aquaculture Research*. 42, 14-21.
- Soto D. (ed.). 2009. Integrated mariculture: a global review. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 529*. Rome, FAO.183p.
- Soto D., Aguilar-Manjarrez J., Hishamunda N. (eds). 2008. Building an ecosystem approach to aquaculture. FAO/ Universitat de les Illes Balears Expert Workshop. 7–11 May

- 2007, Mallorca Spain. *FAO Fisheries Proceedings*. No 14. Rome, FAO. pp. 15-35.
- Thomas S.A. 2011. Integrated Multi-Trophic. Aquaculture: a workshop. *White paper*. September, 14-15. 2010. Port Angeles, Washington. 45 pp.
- Troell M. 2008. Integrated mariculture: its role in future aquaculture development. In: *FAO/NACA Regional Workshop on the Future of Mariculture: a Regional Approach for Responsible Development in the Asia-Pacific Region*. Guangzhou, China, 7–11 March 2006. *FAO Fisheries Proceedings*. No. 11. Rome, FAO. 2008. Lovatelli A., Phillips M.J., Arthur J.R., Yamamoto K. (eds) pp. 323–325.
- Troell M., Joyce A., Chopin T., Neori A., Buschmann A.H., Fang J.G. 2009. Ecological engineering in aquaculture. Potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems. *Aquaculture*. 297:1-9
- Troell M., Halling C., Neori A., Chopin T., Buschmann A.H., Kautsky N., Yarish C. 2003. Integrated mariculture: asking the right questions. *Aquaculture* 226: 69–90
- Vergara Martín J.M., Haroun Tabraue R., González Henríquez N., Molina Domínguez L., Briz Miquel M.O., Boyra López A., Gutiérrez Martínez de Marañón L., Ballesta Méndez A. 2005. *Evaluación de Impacto Ambiental de Acuicultura en Jaulas en Canarias*. (Eds. VergaraMartín J.M., Haroun Tabraue R., González Henríquez, N.) Oceanográfica, Telde. 110pp.
- Viera M.P., Bilbao A., Courtois de Viçose G., Pérez Y., Aarab L., Bilbao- Villena A., Falcón R., Pavón N., Fernández-Palacios H., Molina L. 2009. Estudio de la viabilidad Técnica de la captación de semilla y cultivo del mejillón *Perna perna* en Fuerteventura. Fase inicial: selección, diseño y montaje de sistemas en zona expuestas (*SmartFarm*). En: *XII Congreso Nacional de Acuicultura*. 24-26 noviembre. Madrid. Libro de Resúmenes. 432-433 pp.

Acuicultura Multi-Trófica Integrada en Canarias. Impacto Ambiental en un cultivo *offshore*

Bilbao¹, A., Pérez¹, Y., Pavón¹, N., Ruiz², M., Louzara³, G. y González³, N.

¹Gestión del Medio Rural de Canarias, S.A.U. C/Obispo s/n El Mayorazgo nº 24 portal B Planta 2 Pol. Ind. El Mayorazgo 38110 Santa Cruz de Tenerife (Tenerife, Islas Canarias) España. e-mail: abilbao@gmcanarias.com
²ECOS - Estudios Ambientales y Oceanográficos S.L. C/Alfred Nobel, 31B. Las Teresitas, C.P. 38013 Las Palmas de Gran Canaria (Gran Canaria, Islas Canarias) España.
³Instituto Canario de Ciencias Marinas. Ctra. de Talante s/n 38200 Talde (Gran Canaria, Islas Canarias) España.

XIV Foro de Recursos Marinos e de Acuicultura das Ilhas Gallegas Ó Grove, Pontevedra, 6-7 de outubro de 2011

Resumen

En la actualidad en Gran Canaria (Islas Canarias) se está desarrollando un proyecto de investigación acuícola marino basado en un modelo de Acuicultura Multi-Trófica Integrada. La finalidad de esta comunicación es contribuir al conocimiento de los posibles impactos ambientales asociados a este tipo de cultivo *offshore* con vistas a un futuro desarrollo en Canarias.

Introducción

Se estima que en los próximos 30 años la producción del sector acuícola será el doble. Este incremento se dirigirá sobre todo hacia la acuicultura costera, siendo los peces las principales especies cultivadas, aunque el cultivo de especies extensivas, como los bivalvos y las algas, también aumentará. Es por ello fundamental comenzar a preguntarse cómo se llegará a esta situación y cuáles serán las consecuencias ambientales y socioeconómicas (Troell, 2008). España ocupa el tercer puesto en el ranking europeo de producción de lubina. Por su parte, la Comunidad Autónoma de Canarias es la primera productora de lubina a nivel nacional (APROMAR, 2011). Con respecto al concepto de Acuicultura Multi-Trófica Integrada, (en castellano AMTI, en inglés *Integrated Multi-Trophic Aquaculture - IMTA*), el término "Integrada" se refiere al sistema sinérgico en donde las diferentes especies desarrollan su función con respecto al incremento de la producción y la reducción de los residuos, mientras que el término multitrófico describe el papel ecológico, de varias especies implicadas, como la producción fotosintética de las algas y el uso heterótrofo de los residuos sólidos por parte de los organismos filtradores (Tomas, 2011). En el Archipiélago Canario, concretamente en la isla de Gran Canaria, se está desarrollando en el mar un proyecto de investigación a través de un modelo IMTA unido a un co-cultivo de erizos. Los objetivos de este trabajo son por una parte describir los impactos ambientales y los efectos probables de un IMTA en Canarias.

Material y Métodos

En la Tabla I se presentan las características de las especies que serán cultivadas en el IMTA propuesto. El proyecto se desarrolla, en aguas abiertas, en el este de la isla de Gran Canaria (Islas Canarias). El sistema IMTA, consiste en un cultivo comercial de peces, perteneciente a la empresa ADSA (Atervines y Doradas, S.A.), establecido desde hace unos 12 años, que en la actualidad consta de 22 jaulas de cultivo de lubina de unos 22 metros de diámetro, y una estructura cuadrada tipo longline, para el resto de especies diseñada *ad hoc*, de unos 15x15 metros en superficie, situada a unos 25 metros de las jaulas de cultivo aguas abajo, a una profundidad de unos 40 metros. Toda la información utilizada para el presente trabajo se ha obtenido mediante el análisis de bibliografía especializada.



Fig. 1. Localización del cultivo IMTA en el este de Gran Canaria.



Fig. 2. Cultivo IMTA, en la Bahía de Meloneras.

Tabla I. Características de las especies que conforman el IMTA.

Tipo de acuicultura	Tipo de organismo	Especies
Acuicultura de alimentación	Peces	<i>Oncorhynchus labrax</i>
Acuicultura extractiva orgánica de suspensión	Moluscos Bivalvos	<i>Pecten perna</i>
Acuicultura extractiva inorgánica de suspensión	Microalgas	<i>Gracilaria tikvahiae</i> y <i>Poroclinidium capillare</i>
Acuicultura extractiva de depósito	Erizos y holoturias	<i>Diadema antillarum</i> y <i>Holothuria scabra</i>
Co-cultivo	Erizo	<i>Paracentrotus lividus</i>

Resultados

En la Tabla II, se presentan los principales impactos, fuentes y efectos probables considerando los 5 tipos de organismos. Sin embargo, en la práctica acuícola de un sistema IMTA, los desechos (outputs) de una especie que proviene de acuicultura de alimentación, ej. Peces, son reciclados para ser inputs (fertilizantes, alimento y energía) para especies de acuicultura extractiva que utilizan los residuos inorgánicos (Nitrógeno Inorgánico Disuelto), ej. Macroalgas, y orgánicos (Materia Orgánica Particulada - pequeña) como los filtradores, ej. Mejillones, y equinodermos (Materia Orgánica Particulada - Grande), ej. Holoturias y erizos, para su crecimiento, siempre considerando especies que poseen valor comercial (Chopin et al. 2010; Soto, 2009).

Tabla II. Impactos ambientales generales en cultivos marinos mono-específicos de peces (p), mejillones (m), algas (a), erizos (e) y holoturias (h).

Recurso afectado	Fuente	Impacto	Efecto probable
Sedimentos	Restos de comida y heces (p), heces, pseudoheces, conchas muertas y otros detritos (m)	Acumulación bajo las áreas de cultivo	Agotamiento localizado del oxígeno disuelto Alteración del ciclo de nutrientes y, potencialmente, liberación de gases tóxicos. Alteración de las características físicas y químicas de los sedimentos Alteración de la comunidad microbiana e invertebrada bentónica
	Restos de comida (e)		Deterioro localizado en la calidad ambiental
	Desprendimiento de algas (a)		
	Estructura de cultivo (p) (m) (a)	Interferencia en la dirección y velocidad de las corrientes	Cambios en los patrones de sedimentación
Columna de agua	Restos de comida y heces (p)	Lixiviado/traspaso de nutrientes en la columna de agua	Hipernutrición, que puede llevar a la eutrofización
	Stock de cultivo (p)	Productos de excreción	Reducción de los niveles de oxígeno disuelto Incremento localizado en los niveles de amonio Agotamiento de recursos esenciales
	Alimentación por filtración del stock (m)	Absorción de la producción primaria y secundaria	Modificación del ciclo de nutrientes Reducción de los niveles de oxígeno disuelto Cambios en la composición de las comunidades planctónicas
Biológicos	Stock de cultivo (a)	Reducción en la concentración de nutrientes	Agotamiento de recursos esenciales
	Stock de cultivo (p) de especies exóticas o localmente ausentes	Escape de peces	Interacciones con poblaciones salvajes (modificación del hábitat, competición, predación)
	Stock de cultivo (p)	Transferencia de enfermedades	Posible transferencia a poblaciones salvajes
		Creación de hábitats	Aumento de la biodiversidad
	Estructura de cultivo (h) (m) (a)	Dispositivos de Agregación	Aumento de la biodiversidad y biomasa
		Obstrucción a la fauna marina (mamíferos, tortugas y aves)	Impactos negativos en la fauna marina, reducción de la biodiversidad
	Stock de cultivo (m)	Colección de semilla Creación de lechos de mejillones	Impactos en la población nativa Incremento en la población nativa de moluscos

Discusión

Parte del éxito del cultivo de peces en Canarias se debe a la calidad de las aguas y a las condiciones ambientales que se dan en el Archipiélago. En este contexto preservar el capital natural es esencial para que esta industria pueda mantener, o incluso aumentar, sus niveles de crecimiento. En este sentido, las macroalgas pueden llegar a eliminar nitrógeno disuelto con una eficiencia entre el 35-100%. La producción de macroalgas puede ser invertida en la obtención de ficoloides de interés industrial (Troell et al., 2003). Además, estas macroalgas y también los exocelidos de pimiento pueden formar parte de la dieta, por ejemplo, del erizo *P. lividus* (Pantazis, 2009). Así mismo, con la introducción de nuevas especies de cultivo, como el mejillón *P. perna*, especie de potencial interés acuícola en Canarias (Bilbao, et al. 2009; Viera et al. 2009), se pueden diversificar las especies cultivadas por el sector acuícola canario. En cuanto a la calidad sanitaria de los productos obtenidos a través de un sistema IMTA, por ejemplo, en el caso del mejillón *Mytilus edulis* en Canadá lo han comenzado a explotar comercialmente, tras pasar los estándares de calidad necesarios (canadienses, norteamericanos y europeos), tras su cultivo conjunto con salmones y macroalgas (Reid et al. 2011).

Conclusiones

En los últimos años, la FAO está trabajando en la implementación del Enfoque Ecológico en la Acuicultura (EEA) como el camino para mejorar la gobernanza del sector. El EEA promueve el uso eficiente de los nutrientes como recurso, así como la ocurrencia de diversos productos y beneficios (y beneficios) mientras se reducen los impactos. Es por ello que la IMTA es una vía práctica para poder implementar esa aproximación (Soto et al. 2008; Soto, 2009). Actualmente se está investigando de forma significativa el cultivo de peces *offshore*, y para que esta investigación se extienda a otras especies deberían existir incentivos adecuados para la IMTA en ambientes oceánicos (Troell et al. 2009).

Agradecimientos

Proyecto Financiado por la Junta Asesora de Cultivos Marinos (JACUMAR).

