



**FIRMA**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA**

*Calidad, Pertinencia y Calidez*

**VII**

**FORO IBEROAMERICANO  
DE LOS RECURSOS  
MARINOS Y LA  
ACUICULTURA**

**MACHALA,  
18 AL 21 DE  
NOVIEMBRE,  
ECUADOR 2014**



**Willian Senior, Mairin Lemus,  
Nieves Gonzalez, Manuel Rey-Méndez, César Lodeiros**

**FIRMA 2014**

# **VII FORO IBEROAMERICANO DE LOS RECURSOS MARINOS Y LA ACUICULTURA**



**Willian Senior, Mairin Lemus,  
Nieves González, Manuel Rey-Méndez, César Lodeiros**

Esta obra se deberá citar como sigue:

Todo el libro:

Senior W., Lemus M., González N., Rey-Méndez M., Lodeiros C., 2015. VII Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y Acuicultura. Fondo Editorial Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 742pp.

Trabajo:

Caña P., Aponte A., Chung K., Lemus M. 2015. ARN/ADN en juveniles de *Cathorops Spixii* (Pisces: Ariidae). En el Golfo de Paria, Edo Sucre, Venezuela. Foro Iberoam. Rec. Mar. Acui. VII: 519-529.

**Nota de los editores:**

Los manuscritos han sido revisados por el comité editorial del libro; no obstante, las opiniones y manifestaciones científicas en los mismos, así como el estilo, particularmente en la forma de exposición de autores, referencias y usos de símbolos, se respetaron para su publicación y son responsabilidad de los autores.

Composición gráfica y arte final

Marycruz García González mgarcia@udo.edu.ve

Depósito legal Lfi589200156301933

ISBN: 978-980-234-2723

<b>La Corriente Cromwell y su influencia en la pesquería de la merluza peruana (<i>Merluccius gayi peruanus</i>)</b>	81
Luis Icochea, Gandy Rosales, Luis Mc. Callock, Eddy Reyes	
<b>Construcción y funcionamiento de jaulas marinas en mar abierto: experiencia en Islas Canarias y tecnología para la diversificación de la acuicultura en el Ecuador</b>	107
López-Alvarado J.	
<b>Valoración ambiental como determinante de espacios factibles para el desarrollo de una maricultura sustentable en Ecuador</b>	121
Ana Verónica García Condo, Jerry Landívar Zambrano	
<b>Macrozonificación para proyectos de maricultura oceánica de pargo (<i>Lutjanus guttatus</i>) y huayaípe (<i>Seriola rivoliana</i>) en Ecuador</b>	135
Johnny Chavarría, Jaime Mendo	
<b>Avances y perspectivas en el cultivo de equinodermos en Ecuador</b>	147
Jorge I. Sonnenholzner	
<b>Cultivo de peces marinos en el Ecuador</b>	153
Wilfrido Argüello-Guevara	
<b>Cultivo de moluscos en el litoral atlántico europeo, ¿Un modelo para Ecuador?</b>	161
Guerra, A.	
<b>Cultivos multitróficos: complementos a la explotación de otras especies de fuerte presencia en el mercado</b>	167
González-Henríquez N, Rey-Méndez M., Pérez Y., Bilbao A., Pavón N., Louzara G., Domínguez R.	
<b>Cultivo de pulpo: una alternativa en la producción a pequeña escala</b>	179
Manuel Rey-Méndez	
<b>Integración de la acuicultura en la producción de vegetales y cuyes empleando energía renovable en una zona rural de la costa centro del Perú</b>	193
Baltazar P., Francia, C., Colan C., Bellido, L.	
<b>Programa piloto de formación en piscicultura continental dirigido a pequeños y medianos productores del Municipio Ibarra, Provincia de Imbabura, Ecuador</b>	205
Poleo G. A., Caicedo F., Castro F.	



## Cultivos multitróficos: complementos a la explotación de otras especies de fuerte presencia en el mercado

González-Henríquez N<sup>1</sup>, Rey-Méndez M.<sup>4</sup>, Pérez Y.<sup>2</sup>, Bilbao A.<sup>2</sup>, Pavón N.<sup>2</sup>, Louzara G.<sup>3</sup>, Domínguez R.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>. Laboratorio Biodiversidad Molecular BIOMOL. Departamento de Biología.

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Campus Tafira 35017 Las Palmas. España

<sup>2</sup>. GMR CANARIAS. Gobierno de Canarias. Av. Alcalde José Ramírez Bethencourt, 17, Traseña edificio Torremar. 35003 Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas. España

<sup>3</sup>. ECOS Estudios Ambientales y Oceanografía. C/ Alfred Nobel 31B. Los Tarrales. 35013 Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas. España

<sup>4</sup>. Departamento de Bioquímica e Biología Molecular. Campus Vida. Edificio CIBUS. 15782 Santiago de Compostela. España

*E-mail:* nieves.gonzalez@ulpgc.es

### Resumen

La reutilización de los nutrientes generados en la explotación comercial de peces y otros organismos cultivados en condiciones intensivas, ha sido ampliamente estudiada con el fin de solventar los posibles problemas de los efluentes (Neori y Cohen, 1991, 1996); De-Pauw y Salomon, 1991; Rosenthal, 1991). Edwards y colaboradores (1998), definieron el cultivo integrado como “aquel en el que la salida de un subcultivo, que de otra manera sería desechada, se utiliza como entrada para otro que la utiliza como recurso, consiguiéndose una mayor eficiencia de productos deseados en el área gestionada por el cultivador”. Los policultivos presentan una serie de ventajas respecto del cultivo monoespecífico. Desde el punto de vista económico, los cultivos multitróficos, permiten diversificar los productos cultivados, de manera que se amplía la oferta de productos, cada vez con mayor valor añadido. Además, este tipo de cultivos presenta ventajas ecológicas o medioambientales al aprovechar los productos de vertido de un cultivo en fuente de energía para otras especies. La acuicultura multitrófica (AMTI) es una actividad productiva, cuyo concepto es muy flexible, pudiéndose establecer en multitud de ambientes (mar abierto, terrestre, sistemas marinos y de agua dulce) y que además cumple con los principios siguientes: reduce la contaminación, incrementa la productividad y fomenta la competitividad. Por otra parte, presenta innumerables ventajas, entre ellas, la utilización eficiente de los recursos naturales, mejora de la calidad del medio ambiente (agua-sedimentos), diversificación de especies en los cultivos,



diversificación económica, mejora la imagen del sector, buenas prácticas ambientales, disminuye los riesgos económicos mediante la producción diversificada y aumenta los beneficios económicos y sociales. En la actualidad, este tipo de actividad aún presenta algunos interrogantes/inconvenientes para su desarrollo, aunque la creciente demanda en los mercados de productos ecológicos, está favoreciendo el desarrollo de este tipo de cultivos, sobre todo en sistemas marinos. La apuesta está en marcha y los hitos a alcanzar para que se consolide la AMTI serán: Apoyo normativo de las administraciones para el desarrollo de este tipo de tecnología, iniciativas empresariales para el desarrollo de esta acuicultura, interés social para promover este tipo de producción sostenible (difusión y divulgación social), creación de sello de calidad “acuicultura de calidad” “producción sostenible amigable con el medio ambiente”, apoyo al sector pesquero tradicional y complementariedad de sectores productivos acuicultura – pesca.

## Palabras clave

Cultivos integrados, piscicultura, biofiltros,

## Introducción

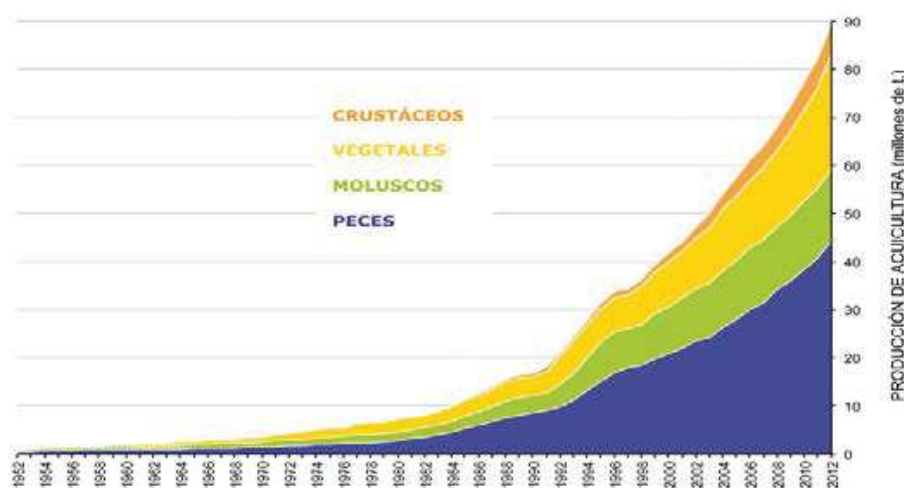
### Situación de la acuicultura mundial

La acuicultura juega un importante papel en la seguridad alimentaria de muchos países, contribuyendo con un volumen significativo al suministro mundial de pescado para consumo humano. Según FAO, la producción global de la acuicultura en 2012 produjo 90,4 millones de toneladas de productos acuáticos frente a las 92,5 millones de toneladas capturadas por la pesca. FAO estima que antes de 2030 más del 65% de los alimentos acuáticos procederán de la acuicultura. Figura 1.

El consumo per cápita mundial de productos acuáticos ha pasado de los 9,9 kg en 1960 a 19,2 kg en 2012. Para mantener el nivel actual de consumo per cápita, la producción global de acuicultura necesitará alcanzar los 100 millones de toneladas. La cantidad total producida en 2012 fue de 90,4 millones de toneladas. En 2010 se estaban criando en el mundo 404 especies acuáticas diferentes, entre peces, moluscos, crustáceos, algas y otros. Los 10 principales países productores de acuicultura en el mundo produjeron en 2012 el 89,0% de la cantidad total producida (80,5 millones de toneladas).

El valor económico de la producción mundial de acuicultura, superó en 2012 los 115.459 millones de euros en su primera venta. En relación con el valor de la producción, sigue siendo el langostino blanco (*Litopenaeus vannamei*) la principal especie mundial, con un valor en primera venta en 2012 de 10.874 millones de euros.





**Figura 1.-** Evolución de la producción de acuicultura mundial (millones de t.), por grupos, para el periodo 1952-2012

(Fuente FAO. 2014. El estado mundial de la pesca y la acuicultura).

Los productos acuáticos son actualmente una de las más importante fuentes de proteína animal del mundo, representando el 30% del total de la proteína consumida en los países en vías de desarrollo y el 15% en Europa y Norteamérica.

El empleo en las actividades relacionadas con la producción de productos acuáticos ha crecido a mayor ritmo que la población mundial. En 2012 representó 57 millones de personas, que suponen el 4,4% de la actividad agrícola en general, y de las cuales el 15% son mujeres. FAO estima que la acuicultura y la pesca son el sustento del 10%-12% de la humanidad, entre trabajadores y sus familiares, es decir, entre 660 y 820 millones de personas.

En un futuro no muy lejano, la acuicultura será la manera habitual de aprovisionamiento de productos acuáticos para la mayor parte de la humanidad, como ocurre hoy con la ganadería terrestre frente a la caza.

Por otra parte, FAO está propugnando un Plan de Crecimiento Azul como marco para la gestión sostenible de los recursos acuáticos.

Por lo que, el éxito de la acuicultura moderna se basa en:

- la adecuada gestión de la biología de las especies cultivadas,
- en la introducción de innovaciones tecnológicas y
- en el desarrollo de alimentos específicos específicos.

### La acuicultura en el siglo XX

En general, la maricultura ha tenido una tendencia al mono-cultivo o cultivo mono-específico, siendo una actividad de tipo intensivo basada en especies de alto valor.





Figura 2.- Diagrama de flujo de compuestos en un sistema de cultivo en jaulas.

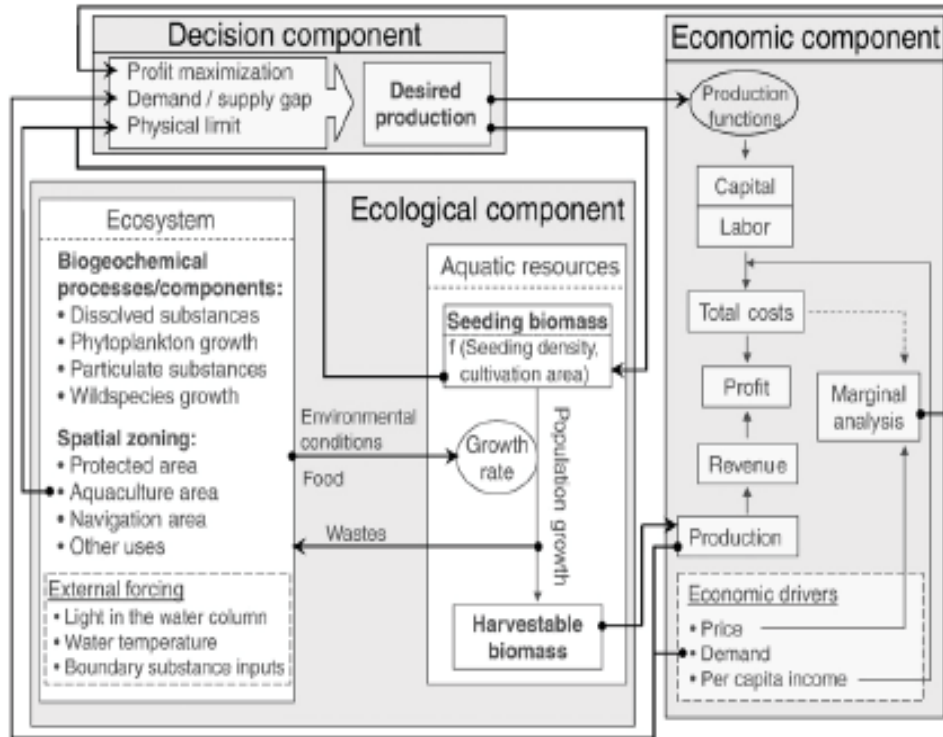
Existe un gran número de compuestos químicos que la acuicultura libera al ecosistema marino adyacente; algunos en forma particulada y otros en forma soluble. Figura 2. 1 tonelada de peces de sistemas de acuicultura (monocultivo) produce alrededor de 100 kg de N y 9 kg de P en el medio ambiente. Esto se puede traducir, en problemas de eutrofización, blooms de algas y zonas de anoxia en el medio natural. Sin embargo, las macroalgas pueden tomar materia disuelta, el 90% del N y el 60% del P inorgánico y los filtradores pueden tomar la materia orgánica particulada (restos de pienso y heces).

### Acuicultura para el siglo XXI

El problema de la industria acuícola es la PRODUCCIÓN de desechos «La huella ecológica », por tanto, es imperativo diseñar prácticas de acuicultura responsable, que mantengan la integridad de los ecosistemas y que aseguren la viabilidad del sector. Las alternativas son el policultivo (especies de igual nivel trófico) y la acuicultura integrada o cultivos multitróficos (poli o co-cultivos de especies de distinto nivel trófico).

Se plantean modelos conceptuales con interacciones económico-ambientales en acuicultura marina, A.M. Nobre et al. (2009). Figura 3.





**Figura 3.-** Modelo conceptual A.M. Nobre et al. Ecological Economics 68 (2009) 3007–3017

**Acuicultura multi-trófica integrada - AMTI**

La acuicultura integrada “un sistema de cultivo integrado DÓNDE una SALIDA de un subsistema se convierte en una ENTRADA a otro SUBSISTEMA, que de otra manera se habría perdido (FAO, 2008)”.

Actualmente los sistemas AMTI en producción tienen un mínimo de 3 componentes (peces, moluscos y algas), aunque están en fase piloto otros más complejos con organismos detritívoros están aún en fase de proyectos pilotos (holoturias, erizos y poliquetos). Figura 4.

El reto será dirigir el aumento de producción de manera sostenible. Por tanto, se hace necesario el reciclaje de nutrientes para minimizar el impacto.

La contribución de AMTI es reciclar alimento y energía para aumentar la sostenibilidad y rentabilidad de la industria acuícola.

El éxito del sistema es la elección de las especies apropiadas.

Por otra parte, la medida de la eficiencia en los sistemas de cultivo es diferente. En los monocultivos se mide mediante el índice de conversión, mientras que en los sistemas AMTI, se mide mediante el índice de eficiencia de transferencia trófica.

**Ventajas y beneficios de AMTI**

En la literatura científica y divulgativa existen muchos trabajos que evalúan y divulgan los resultados y beneficios de este tipo de acuicultura, desde el punto de vista ambiental, productivo y socio-económico. En concreto, este tipo de acuicultura tiene dos puntos fuertes:



### Crecimiento sostenible de la acuicultura

Utilización eficiente de los recursos naturales, con beneficios mutuos para los organismos co-cultivados.

Mejora de la calidad del medio ambiente (agua-sedimentos) reciclaje de nutrientes.

### Fomento de la competitividad

Diversificación de especies en los cultivos, otros cultivos de valor añadido y por tanto diversificación económica.

Mejora la imagen del sector, buenas prácticas y aceptabilidad social.

Disminuyen los riesgos económicos mediante la producción diversificada.

Aumentan los beneficios económicos y sociales.

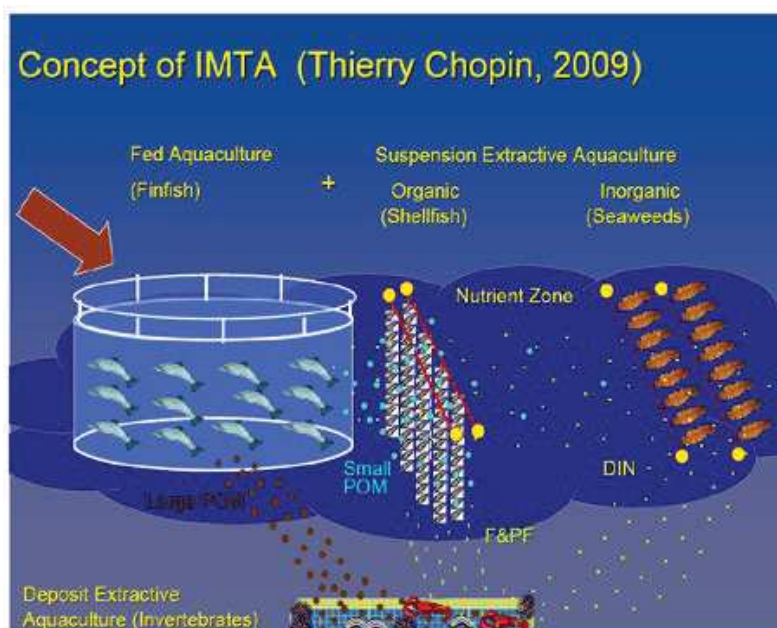


Figura 4.- Esquema de acuicultura multitrófica en sistema de abierto en mar, Chopin 2009.

### Inconvenientes y desventajas? de AMTI

Sin embargo, existen aún dudas o lagunas sobre ciertos aspectos de este sistema que han dificultado su práctica extensiva actualmente en el sector.

**Acoplamiento de los diferentes cultivos:** pero se ha comprobado con las distintas experiencias realizadas a nivel internacional dónde se ha empleado diferentes especies de distintos grupos tróficos, que no hay inconvenientes.

**Beneficios económicos y aceptación social:** se han realizado estudios socio-económicos teniendo en cuenta también los beneficios sociales, así como un estudio de preferencias en el que el 50% de las personas pagaría un 10% más por producto de AMTI.

**Regulación** de este tipo de actividad, en este caso, si que no existen normativas para regular este tipo de acuicultura, aunque FAO publicó en 2011 “Desarrollo de la acuicultura 4. Enfoque ecosistémico”, donde se promueve el crear/mejorar fortalecer los marcos legales para el enfoque ecosistémico de la acuicultura.



**Bioseguridad:** en cuanto al problema de agentes patógenos, hay divergencias en este sentido.

### Ejemplos de AMTI a nivel internacional

Chile (Proyecto FONDECYT: Salmón atlántico (*Salmo salar*), Algas (*Macrocystis pyrifera*) y Ostras (*Crassostrea gigas*). Canadá (Bahía de Fundy) desde 1995: Salmón atlántico (*Salmo salar*), Algas (*Saccharina latissima* y *Alaria esculenta*) y Mejillones (*Mytilus edulis*).

### Algunas experiencias en España: Proyecto Multitrófico JACUMAR 2012.

#### Andalucía:

Cultivo suspendido en longline, de ostión (*Crassostrea gigas*) y macroalgas asociado a cultivo de lubina (*Dicentrarchus labrax*) en jaulas en mar abierto.

Cultivo suspendido en cuerdas, de mejillón (*Mytilus galloprovincialis*) asociado a cultivo de dorada (*Sparus aurata*) y lubina (*Dicentrarchus labrax*) en jaulas en mar abierto.

Policultivo en esteros de ostión (*Crassostrea gigas*) y langostinos (*Pennaeus japonicus*), asociado a un cultivo de lubina (*Dicentrarchus labrax*)

Cultivo de ostiones (*Crassostrea gigas*) asociado al efluente de naves de cultivo de peces de salinas transformadas.



#### Cataluña:

Cultivo larvario de pulpo y engorde de moluscos bivalvos en tierra mediante el uso del agua de vertido de engorde de peces marinos (dorada, corvina, lenguado).



### Baleares:

Cultivo de mejillón (*Mytilus galloprovincialis*), zamburiña (*Chlamis varia*), centollo (*Maja squinado*) y holoturias, asociados a cultivo de corvina (*Argyrosomus regius*) en un polígono de jaulas en un entorno antropizado.



### Galicia:

Cultivo suspendido de kombu (*Saccharina latissima*) asociado a cultivos de mejillón en batea en rías.

Cultivos de algas e invertebrados en el efluente de una instalación en tierra, de cultivo de lenguado y rodaballo en recirculación de agua.

Cultivo de macroalgas (*Ulva* spp. y *Saccharina latissima*) en el efluente de una piscifactoría de rodaballo en tierra (*Scophthalmus maximus*), asociando además invertebrados suspensívoros (*Anemonia viridis*) y/o filtradores, distintas especies de almeja, (*Tapes decussata* y *Ruditapes philippinarum*).



Cultivo suspendido de ostra plana (*Ostrea edulis*) asociado a cultivos de dorada (*Sparus aurata*) y lubina (*Dicentrarchus labrax*) en jaulas flotantes en mar abierto.



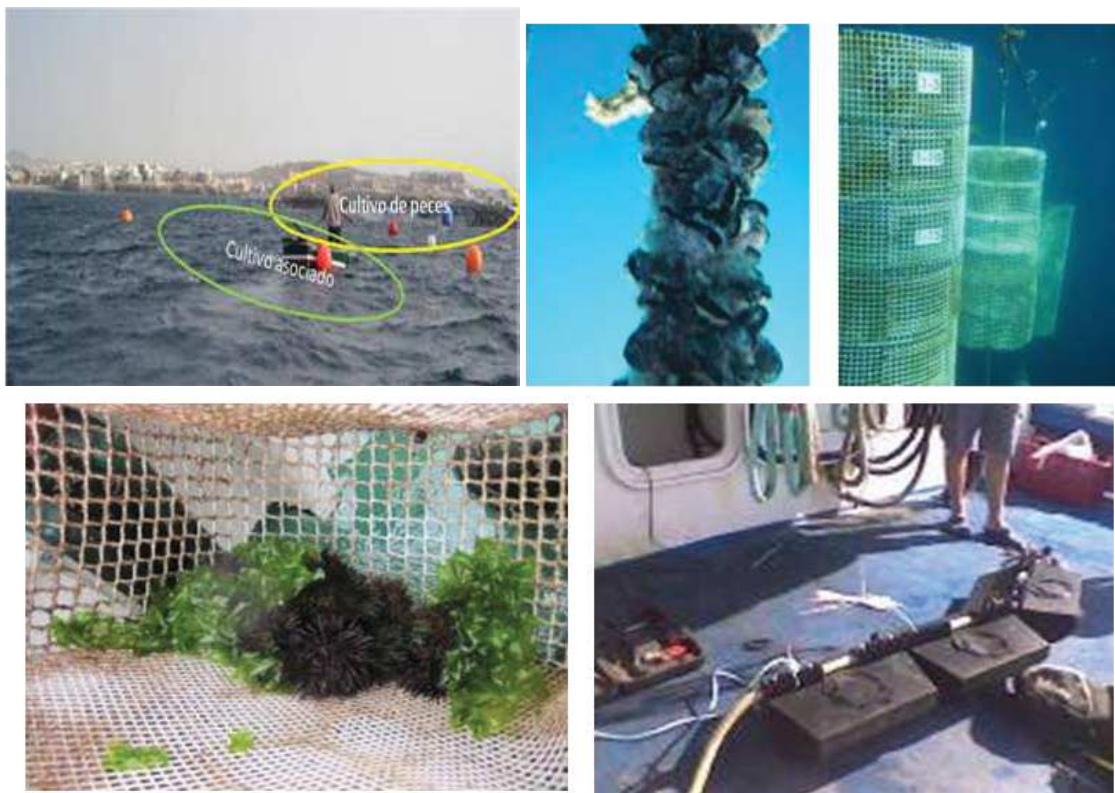
Cultivos de espardeña (*Stichopus regalis*) y cohombro de mar (*Holothuria tubulosa*) en fondos bajo granja de dorada (*Sparus aurata*) en jaulas flotantes en mar abierto.



**Canarias:**

**Cultivo suspendido asociado a jaulas flotantes en mar abierto:** mejillón (*Perna perna*) macroalgas (*Ulva rigida* y *Grateloupia* sp) equinodermos (*Paracentrotus lividus*).

Cultivos de oreja de mar (*Haliotis tuberculata coccinea*).



**Cultivos en tierra:**

Especies detritivoras: *Holothuria sanctori* y anélidos *Perinereis cultrifera* (poliqueto) y oligoquetos.

Especies filtradoras: *Perna perna*, anémonas (*Anemonia sulcata*, *Bunodactis verrucosa*), macroalgas (*Ulva*, *Enteromorpha*, *Corallina*, *Halopithys*, *Pterocladia*...).





### Paso a paso hacia la comercialización del AMTI

Los proyectos en diferentes partes del mundo han dado buenos resultados técnicos y económicos, que demuestran el concepto de los Cultivos Multitróficos Integrados (Chile, Sudáfrica, Israel, Australia, Canadá, China, Noruega, Escocia, Irlanda, Francia, Portugal y España...)

Nos encontramos actualmente en la fase de escalar los procesos y extender la comercialización y la difusión de este tipo de acuicultura, ya que también se ha demostrado que existe una aceptación social. Figura 5

Promover en los diferentes países el desarrollo normativo de las administraciones para apoyar esta actividad, enfocado a cambiar algunos aspectos de los regímenes jurídicos relacionados con la transmisión de enfermedades inter-especies, salud de los peces y seguridad alimentaria.

Incentivar a las iniciativas empresariales para el desarrollo de este tipo de acuicultura y convencer a los acuicultores de sistemas mono específicos de pasar hacia las prácticas generalizadas de AMTI.

Promover el interés social para demandar este tipo de producción sostenible (Difusión y divulgación social). Chopen 2012. Figura 6.

Proponer la creación de un SELLO DE CALIDAD (AMTI de calidad) con demanda de usuarios potenciales: producción sostenible amigable con el medio ambiente.

Attribute	IMTA Seafood	Conventional Seafood	No Difference
Better for the environment	74%	3%	23%
More considerate of animal welfare	63%	4%	33%
Safer to eat	54%	5%	41%
Healthier	52%	6%	42%
More confident in the wholesomeness of the product	52%	5%	43%
Better quality	43%	9%	48%
Fresher	31%	8%	61%
Tastes better	26%	10%	64%
Easier to find throughout the year	13%	56%	31%
More readily available	11%	61%	28%
Cheaper to buy	10%	56%	34%

Figura 5.- Resultados encuesta de preferencias monocultivo /AMTI



Figura 6.- Difusión técnica y socio-económica de AMTI.

## Conclusiones

Todos los componentes en un **AMTI** tienen valor comercial, además de un papel clave en los procesos de reciclado y en la biomitigación.

Tanto el coste-beneficio, como los valores económicos y ambientales de los sistemas AMTI son más elevados que los de los monocultivos. Se ha calculado que **el valor total es 9 veces más en sistemas AMTI que en el tradicional (monocultivos)**.

Algunas de las **externalidades** de los sistemas de monocultivo **son internalizadas**, aumentando la sostenibilidad de la actividad.

El **uso del AMTI** es una de las pocas opciones realistas y de coste efectivo para eliminar o disminuir los nutrientes producidos y que se incorporan al medio ambiente por esta actividad.



## Agradecimientos

JACUMAR del MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente) financió varios proyectos de investigación, enfocados a la mitigación del impacto de jaulas marinas off shore y al desarrollo de la acuicultura multitrófica en España, que se discutieron en el presente estudio.

## Referencias

- Chopin, Th. 2012 Progression Of The Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) Concept And Upscaling Of IMTA Systems Towards Commercialization. *Aquaculture Europe* Vol. 36 (4) december 2011 (2012).
- De-Pauw, N. y Salomón, C. 1991. Aquaculture systems for waste treatment. EAS (European Aquaculture Society) special publication 14: 87-88.
- Edwards, P. 1998. A systems approach for the promotion of integrated aquaculture. *Aquac. Econ. Manag.* 2: 1-12.
- FAO. 2011. *Desarrollo de la acuicultura. 4. Enfoque ecosistémico a la acuicultura.* Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable. No. 5, Supl. 4. Roma, FAO. 60p.
- FAO. 2009. Soto, D. (ed.). 2009. Integrated mariculture: a global review. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 529. Rome, 183p.
- FAO. 2014. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2014. Roma. 253 págs.
- JACUMAR, 2012. *Acuicultura Integrada: Experiencia Piloto para el Desarrollo de Cultivos Multitróficos 2008-2011*
- Neori, A. et al 1991. *Ulva lactuca* Biofilters for Marine Fishpond Effluents II. Growth Rate, Yield and C:N Ratio. *Botanical Marina* Vol. 34, pp. 483-489.
- Neori, A. et al. 1996. Seaweed biofilters as regulators of water quality in integrated fish-seaweed culture units. *Aquaculture* Volume 141, Issues 3–4, Pages 183–199.
- Nobre, A.M. et al. A dynamic ecological–economic modeling approach for aquaculture management. *Ecological Economics* Volume 68, Issue 12, 15 October 2009, Pages 3007–3017.
- Rosenthal, H. 1991. Water and waste water treatment. *European Aquaculture Special Publication* 14: 282.
- Shpigel, M. 1993. A proposed model for “environmentally clean” land-based culture of fish, bivalves and seaweeds. *Aquaculture* Volume 117, Issues 1–2, 1 November 1993, Pages 115–128.

