



Edita

XUNTA DE GALICIA
Consellería do Medio Rural e do Mar
Centro de Investigacións Mariñas

Vilanova de Arousa (Pontevedra)
2012

Editores

Salvador Guerrero; Javier Cremades

Redacción

Jorge García

Tradución

Antonia Vega Prieto

Ilustracións de portada

Xaquín Chaves

**Coordinación, deseño, edición gráfica,
infografía e maquetación**

Margarita Paulos



www.margapaulos.com
margapaulos@gmail.com

Esta edición foi financiada
a través do Plan Nacional JACUMAR titulado
"Acuicultura Integrada: experiencias piloto
para o desenvolvemento de sistemas
de cultivo multitróficos, 2008-2011"
do Ministerio de Agricultura,
Alimentación e Medio Ambiente

ACUICULTURA MULTITRÓFICA INTEGRADA

Unha alternativa sustentable e de futuro
para os cultivos mariños en Galicia



XUNTA DE GALICIA
Consellería do Medio Rural e do Mar
Centro de Investigacións Mariñas

Vilanova de Arousa (Pontevedra)
2012

Acuicultura multitrófica integrada: A esencia da aposta de futuro pola sustentabilidade



Rosa Quintana Carballo.
Conselleira do Medio
Rural e do Mar.

Que a acuicultura europea debe retomar decididamente o rumbo do relanzamento na súa misión de achega de alimentos e de xeración de emprego e riqueza económica é unha realidade que está firmemente implantada en todos os ámbitos administrativos, xa sexan estes comunitarios, estatais ou rexionais.

Ademais, esta misión, en Galicia, estase abordando coa mellor bagaxe, o coñecemento e o saber facer, e coa intención de chegar lonxe e facelo dun xeito positivo, conseguindo que esta actividade manteña unha sustentabilidade plena en termos sociais, económicos e ambientais e que a conxugación de todos eles acade un equilibrio pleno.

Isto, sen dúbida, é un feito positivo nestes tempos onde cómpre dotarnos de fontes de alimentos de calidade nutricional e seguridade hixiénico-sanitaria probada, ademais de dispor dun elemento de dinamización e diversificación económica e laboral naquelas zonas costeiras onde o mar é, e quere seguir sendo, un puntal no medio de vida dos seus habitantes.

Pero, se hai algún concepto que una a esencia do avance nesa aposta común polo futuro da acuicultura, este é a acuicultura multitrófica integrada (AMTI), posto que esta demostra

que é unha vía onde se integran o saber facer, a aposta polo futuro e a concienciación do xeito de avanzar cara a el.

A AMTI está dotada dunha imprimación fundamental cara a consecución dun respecto ambiental pleno, onde os residuos son convertidos en bens aproveitables e os consumos se minimizan contribuíndo así a soster de mellor maneira a actividade.

Ademais, esta fórmula de traballo asume e plasma de xeito importante a necesidade de avanzar no aproveitamento e optimización do espazo, e polo tanto fai que se reduza o impacto da acuicultura na dimensión territorial costeira.

Por último, é imprescindible citar a capacidade desta fórmula produtiva en referencia á capacidade de xuntar sinerxías e diversificación nun mesmo tempo en termos de actividade económica, xa que a interdependencia dos cultivos e a posibilidade de xerar relacións de beneficio mutuo son aspectos que cómpre ter en conta á hora de expandir a termos produtivos prácticos a AMTI.

Galicia apostou pola acuicultura e fíxoo de forma directa e práctica coa elaboración e desenvolvemento da Estratexia Galega da Acuicultura, a cal terá na AMTI, en canto a

que os seus obxectivos son concordantes, un elemento de referencia para traballar no camiño polo que quere dirixir a evolución da acuicultura galega.

A AMTI pode ser, no caso galego, un motor fundamental de futuro e pode catalizar a consecución dese relanzamento da acuicultura e dirixila cara a unha racionalización dos usos do espazo, da consecución dunha actividade económica plena de sinerxías e ambientalmente inocua, cando non positiva, polo cal queremos e debemos, dende a Consellería do Medio Rural e do Mar, facer noso o interese polo seu desenvolvemento e plasmación práctica.

Pero para iso son fundamentais iniciativas como a presente publicación impulsada por Salvador Guerrero e Javier Cremades, as cales nos aclaran o sentido do noso rumbo e nos axudan a definilo mellor.

A eles e aos seus colaboradores debemos facer chegar un agradecemento en nome da administración e do sector acuícola porque a obtención, como consigna o propio título, dunha alternativa sustentable e de futuro para os nosos cultivos mariños, ten unha chave fundamental na AMTI, e con esta iniciativa Galicia achégase máis a abrir a porta do relanzamento da súa acuicultura polo camiño correcto.

AGRADECEMENTOS

Queremos agradecer á Xunta Asesora de Cultivos Mariños, JACUMAR, por impulsar e avalar a realización do programa de experiencias de acuicultura multitrófica en Galicia. Unha iniciativa que fixo posible realizar esta publicación. Así mesmo, é necesario mencionar que a Consellería do Medio Rural e do Mar da Xunta de Galicia apoiou e asumiu a xestión de áreas do proxecto, ademais de resolver moitos dos problemas de toda índole que xurdiron no desenvolvemento das distintas experiencias.

Tamén resultou indispensable a colaboración, de forma desinteresada e gratuíta, das empresas que nos facilitaron o acceso ás súas instalacións, cesión de espazos, enerxía e auga de mar, elementos imprescindibles para a realización das nosas experiencias.

Outro recoñecemento é para o persoal que traballou e traballa no proxecto, tanto bolseiros como contratados, alumnos en prácticas ou estudantes do Máster Interuniversitario Galego en Acuicultura, que realizaron o seu traballo fin de máster nalgunha das experiencias do proxecto:

CIMA (Centro de Investigacións Mariñas)

Cristina Ancosmede Garduño; Josefa Domínguez Bastos; Alejandro Cores Rodríguez; Laura Pérez Piñeiro

Universidade da Coruña

Ahmed Fawzi Ali Alamrousi; Marta Andrade García; Daniel Carcajona Alcol; Sonia Ocaña Falcón; Sergio Pérez Cordero; José Ribamar Da Cruz Freitas Junior

Planta de Cultivo de Algas de El Bocal (IEO Santander)

Juan Manuel Salinas; Carmen Fuertes

Aquacría S.L.

Sergio Devesa

Porto Muiños S.L.

Antonio Muiños

Punta Moreiras S.L.

José Juan Sanmartín Ruano

Marcultura S.A.

Antonio Pallarés Méndez

Seasalter Shellfish Ltd.

Pablo Guerrero Gómez

Parques intermareais

María Otero Otero no Grove
José Antonio Rodríguez Méndez no Carril

Técnicos do “**minicriadeiro**” de moluscos de Camariñas
Consellería do Medio Rural e do Mar/CETMAR

INTECMAR (Instituto Tecnolóxico para o Control do Medio Mariño en Galicia)

Embaixada de Canadá en Madrid
Lorraine Choquette

PRÓLOGO

Os procesos da acuicultura mariña e continental teñen a vantaxe de que se poden desenvolver en extensas zonas costeiras ou fluviais a condición de que as súas actividades se demostren sustentables para o medio. Ese é, agora mesmo, o reto principal para o sector dos cultivos mariños que, segundo datos da FAO, está moi preto de alcanzar o 50% do total de peixe que se destina anualmente á alimentación humana no mundo.

Por outra parte, as crecentes dificultades que experimenta a pesca extractiva e a influencia e eficacia cada vez maiores das organizacións rexionais de pesca que tamén regulan esa actividade fan prognosticar que, coas debidas garantías sanitarias e cunha estratexia produtiva sustentable, a acuicultura está chamada a ser a provedora dunha cota cada vez máis importante de proteínas, tanto de orixe animal como vexetal, utilizables na nosa alimentación.

O “boom” que experimentou o crecemento da acuicultura dende os anos noventa denominouse Revolución Azul, porque a produción e distribución dos produtos mariños de granxa incrementáronse, nun período de 20 anos, ata consolidarse como unha oferta similar e en competencia coa do peixe de captura.

As administracións pesqueiras autonómicas, estatais, comunitarias e internacionais traballan coa industria acuícola para elaborar regulacións de sustentabilidade desta actividade cada vez máis eficientes. Ese proceso demanda prácticas e sistemas responsables que é necesario investigar para que a acuicultura resulte ecoloxicamente eficiente, ambientalmente benigna, diversificada e rendible; en

suma, unha actividade socialmente beneficiosa. A Acuicultura Multitrófica Integrada (AMTI) é unha estratexia produtiva que, mediante o cultivo combinado de distintas especies comerciais, conta co potencial suficiente para lograr estes obxectivos. Está chamada a liderar a denominada Revolución Turquesa.

Nalgúns países que contan cunha acuicultura moi desenvolvida, a AMTI xera un valor engadido aos cultivos mariños, xa que os seus produtos teñen acceso a unha etiquetaxe que certifica aos consumidores que ese peixe, crustáceo, molusco ou alga foron criados con sistemas e manexos de baixo, nulo ou mesmo dun impacto positivo para o medio.

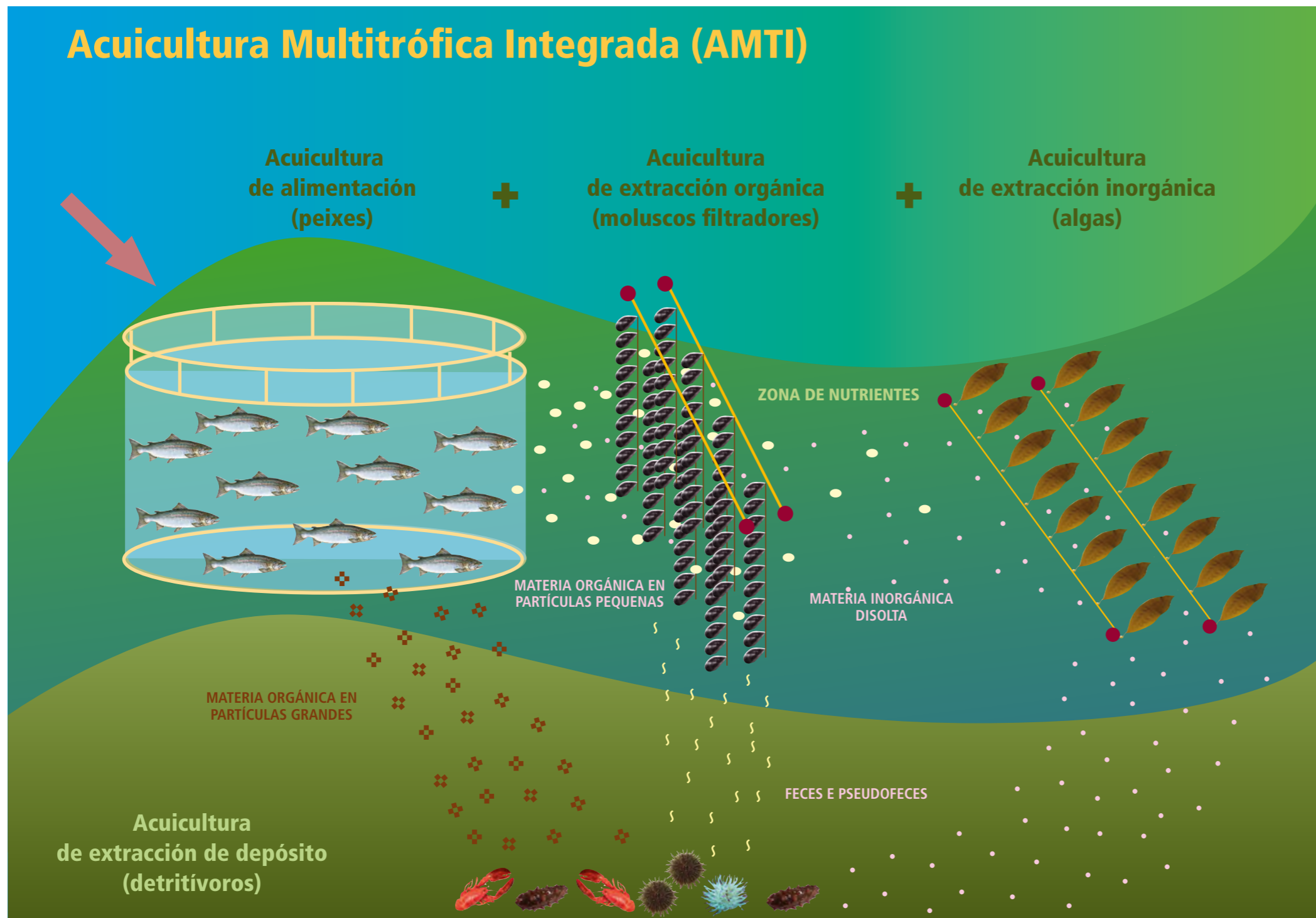
As experiencias que se salientan nesta publicación tiveron como unha das súas principais referencias as ideas e criterios de Thierry Chopin, científico que lidera o grupo internacional de investigación máis prestixioso neste campo, e cuxos traballos están considerados fundacionais na AMTI. A consecuencia da nosa relación con Chopin, establecida na propia elaboración desta obra, os investigadores que traballamos neste campo en Galicia fomos invitados a colaborar na elaboración dunha publicación que dará a coñecer o grao de implantación que teñen actualmente estes métodos na acuicultura mundial e cales son as súas perspectivas de futuro.

Salvador Guerrero e Javier Cremades, abril de 2012

CONTIDOS

1		
	UNHA ALTERNATIVA SUSTENTABLE PARA DIVERSIFICAR CULTIVOS E PROTEXER A CALIDADE DO MEDIO MARIÑO	9
	ENFOQUE ECOSISTÉMICO.....	11
	CIENTÍFICOS E TRABALLOS.....	13
	PROGRAMAS INTERNACIONAIS.....	16
	O PROXECTO JACUMAR	18
2		
	MACROALGAS, BIOFILTRADORES EFICIENTES CUXO CULTIVO TEN VALOR COMERCIAL.....	21
	CREAR ECOSISTEMAS	22
	BIOFILTRAR CON MACROALGAS	23
	CRITERIOS DE SELECCIÓN	25
	AS MELLORES CANDIDATAS	26
	NOVOS PRODUTOS, NOVOS MERCADOS.....	28
3		
	O DOUTOR THIERRY CHOPIN PROPÓN UNHA EVOLUCIÓN CARA A SISTEMAS DE CULTIVOS MARIÑOS MÁIS RESPONSABLES CO ECOSISTEMA.....	31
	<i>“AMTI é o concepto xeral, pero, como na música de Bach, hai moitos temas e variacións”</i>	
	O científico francés, que emigrou a Canadá en 1989, é considerado como un dos líderes clave no desenvolvemento da acuicultura multitrófica integrada	31
4		
	ORGANISMOS DE INVESTIGACIÓN E SECTOR PRIVADO PARTICIPAN NAS EXPERIENCIAS DE ACUICULTURA INTEGRADA DE GALICIA.....	37
	Cultivo integrado de macroalgas en gaiolas de peixes na ría de Muros e Noia (A Coruña)	39
	DESCRIBIÓN DA EXPERIENCIA.....	40
	RESULTADOS E DISCUSIÓN.....	41
	REFERENCIAS	43
	Cultivo en mar aberto da alga alimentaria <i>Saccharina latissima</i> , asociado a bateas de mexillón na ría de Ares e Betanzos (A Coruña)	45
	DESCRIBIÓN DA EXPERIENCIA.....	46
	RESULTADOS E DISCUSIÓN.....	48
	REFERENCIAS	49
	Biofiltración dos sólidos do efluente dunha planta de cultivo de rodaballo de circuíto aberto con moluscos filtradores (ameixas e ostra), invertebrados suspensívoros (anémona) e macroalgas alimentarias (<i>Saccharina latissima</i> , <i>Codium</i> spp. e <i>Ulva</i> spp.) no Grove (Pontevedra).....	51
	DESCRIBIÓN DA EXPERIENCIA.....	52
	RESULTADOS	54
	CONCLUSIÓN.....	57
	Engorde de semente de ameixas fina e xaponesa procedente de sementeiro multitrófico en parque de cultivo no Carril (Pontevedra).....	58
	OBXECTIVO.....	58
	MATERIAL E MÉTODOS	58
	RESULTADOS	60
	CONCLUSIÓN.....	61
	Incorporación de cultivos de <i>Saccharina latissima</i> e de invertebrados suspensívoros e filtradores a unha planta de produción de rodaballo e linguado en recirculación de auga en Cambados (Pontevedra).....	63
	EXPERIENCIAS PREVIAS.....	64
	CULTIVOS DE MACROALGAS ALIMENTARIAS	65
	CULTIVOS DE INVERTEBRADOS. ANÉMONAS.....	67
	POLIQUETOS.....	68
	CONCLUSIÓN.....	69
5		
	TESTEMUÑOS.....	71
	Científicos e expertos achegan criterios, datos e resultados de experiencias no campo da acuicultura integrada sustentable.....	71

1



UNHA ALTERNATIVA SUSTENTABLE PARA DIVERSIFICAR CULTIVOS E PROTEXER A CALIDADE DO MEDIO MARIÑO

Por Jorge García (garcia.herosa@gmail.com)

O recente interese demostrado nos últimos anos por parte de moitos países con tradición pesqueira en investigar en Acuicultura Multitrófica Integrada (AMTI), ou Integrated Multi Trophic Aquaculture (IMTA), constitúe unha boa e alentadora noticia para o futuro dos cultivos mariños. Os traballos experimentais que se realizan neste campo dende hai unhas tres décadas en Canadá, Chile, Sudáfrica, Israel e China (Chopin *et al.*, 2008; Barrington *et al.*, 2009), e máis recentemente no Reino Unido (sobre toda Escocia), Irlanda, España, Portugal, Francia, Turquía, Noruega, Xapón, Corea, Thailandia, EE. UU. e México, están dirixidos a experimentar a integración dos cultivos de peixes cos de algas, moluscos, crustáceos e outros invertebrados mariños.

Neste último sentido é unha idea estendida na comunidade científica que unha das etapas máis complexas destes procesos na súa etapa industrial é a de realizar unha selección das especies que resulte eficiente, e tamén encontrar a proporción axeitada en que se debe producir cada unha.

Outro dos principais criterios desta liña de traballo é que o aproveitamento dos diferentes niveis tróficos das distintas especies cultivadas posibilita a creación dun sistema equilibrado de produción acuícola, ademais de orixinar unha mellora na produción e na calidade das

Recreación do esquema básico con que Thierry Chopin representa unha combinación de cultivos mariños, de diferente nivel trófico, integrados.



augas, tanto no propio medio mariño como en sistemas abertos ou de circuíto pechado de produción piscícola.

Outra das opinións xeneralizadas entre os investigadores é que a diversificación da acuicultura como alternativa ao monocultivo, é un dos mellores camiños cara á sustentabilidade ambiental e a viabilidade económica e, como consecuencia, conseguir mellor aceptación social. No caso de Galicia, a AMTI representa unha sólida opción de diversificación acuícola, que foi asumida e practicada noutros países de forma planificada ou espontánea e que combina tres tipos de acuicultura:

- A acuicultura de alimentación (peixes, crustáceos, moluscos ramoneadores).
- A acuicultura de extracción orgánica (invertebrados filtradores e suspensívoros).
- A acuicultura de extracción inorgánica (macroalgas mariñas).

Gran parte dos científicos que investigan neste campo tamén comparten a certeza de que a AMTI posibilita desenvolver un conxunto de procesos e prácticas que fan industrialmente viable transformar os subprodutos xerados pola cría dalgunhas especies en hábitat e alimento para outras. Trátase dunha estratexia produtiva altamente sustentable, cuxa adop-

Unha gaiola en mar de engorde de rodaballos, unha das especies que en Galicia se cultivan con máis intensidade.



ción xera ecosistemas eficientes que benefician a calidade do medio mariño e facilitan a diversificación da acuicultura.

ENFOQUE ECOSISTÉMICO

O enfoque AMTI é ecosistémico e favorece a aplicación do Código de Conduta para Pesca Responsable aprobado pola FAO en 1995 destinado, entre outros moitos aspectos, a “asegurar a conservación, a xestión e o desenvolvemento eficaces dos recursos acuáticos vivos, co debido respecto do ecosistema e da biodiversidade”, tal como o lembrou o Comité de Pesca da FAO nun documento aprobado en Roma durante o 29º período de sesións,

que se desenvolveu do 31 de xaneiro ao 4 de febreiro de 2011. Como se sabe, tanto o Enfoque Ecosistémico da Pesca (EEP) como o da Acuicultura (EEA) son estratexias holísticas de xestión da pesca comercial e da acuicultura que integran as dimensións ecolóxica, socioeconómica e institucional da actividade, e que tamén están relacionadas coas responsabilidades sociais das empresas.

Por outra parte e neste mesmo sentido, hai que sinalar que a presenza de algas en todas as combinacións de cultivos multitróficos garante efectos de biomitigación e reduce de xeito significativo a eutrofización das augas.

Saccharina latissima (kombu de azucre), macroalga que se cultiva experimentalmente no CIMA para o programa JACUMAR de cultivos multitróficos.

Os positivos resultados que científicos de varios países obtiveron ata agora comezan a impulsar procesos de consolidación da AMTI en Canadá, Israel, Chile, Sudáfrica e Australia, estados onde as administracións pesqueiras e a industria acuícola a valoran como unha sólida alternativa produtiva. É considerable o número de empresas de piscicultura deses

países que integraron industrialmente os seus cultivos cos de algas e moluscos con valor comercial.

En China e noutros países asiáticos existen eficientes exemplos de cultivos integrados de peixes, moluscos e crustáceos cos de algas, aínda que non se dispón de datos com-

probados da extensión e magnitude desas producións. O Centro de Investigación da Universidade de Los Lagos, en Porto Montt, Chile, traballa para reducir o impacto ambiental da salmonicultura intensiva. Tamén se integraron cultivos de troita, ostras e algas mariñas. Actualmente combínase en augas abertas salmón, algas mariñas e abalón. O director destes proxectos é o investigador Alejandro Buschmann. En Israel existen polo menos tres granxas mariñas nas que se practica AMTI.

Pola súa banda, a FAO destacou no seu informe anual “Estado mundial da pesca e a acuicultura, 2010,” que o “desenvolvemento dos sistemas produtivos multitróficos integrados”, entre outros avances da investigación en acuicultura, serve para “mitigar os efectos ambientais (dos cultivos mariños)”. Trátase dun recoñecemento do organismo das Nacións Unidas á eficacia da AMTI nesa materia, que resulta interesante relacionar co prognóstico desa mesma organización de que no ano 2030 o 50% da produción de alimentos mariños procederá da acuicultura.

CIENTÍFICOS E TRABALLOS

A maioría dos investigadores que traballan neste campo coinciden en que os doutores Thierry Chopin, da Universidade de New Brunswick en Saint John, e Shawn Robinson, da Estación Biolóxica Saint Andrews do Ministerio de Pesqueiras e Océanos de Canadá, achegaron á comunidade científica e á industria –dende a década de 1990– os principais criterios, referencias e orientacións con que internacionalmente se traballa en acuicultura multitrófica integrada.

“Con estes procesos (AMTI), todos os compoñentes do cultivo teñen un valor económico, ademais de xogar un papel clave nos servizos e beneficios para o medio mariño e a sociedade”, dixo Chopin cando recolleu o Premio á Investigación de Excelencia 2009, concedido pola Asociación de Acuicultura de Canadá e compartido con Robinson, pola creación e desenvolvemento dos conceptos de acuicultura multitrófica integrada, dende a etapa experimental ata a súa aplicación industrial.

Na páxina anterior, de esquerda a dereita e de arriba a abaixo: granxa de cultivo integrado de abalón/macroalgas en East London, South Africa (D. Robertsson, J. Bolton, M. Troell); SeaOr Marine Enterprises, granxa de cultivo integrado de abalón/dourada/macroalgas en Mikhmoret, Israel (B. Scharfstein, A. Neori); granxa en circuito pechado de cultivo de peixes e macroalgas en Bribie Island, Queensland, Australia (W. Knibb); granxa de cultivo integrado de salmón/ostra/macroalgas en Metri, Chile (A. Buschmann). Nesta páxina: cultivo integrado experimental de salmón/mitílidos/*Sacccharina* na Baía de Fundy, Canadá. Fonte: Pesca e Océanos de Canadá www.dfo-mpo.gc.ca

Foto: R.J. Anderson



Foto: JM. Shpigely y B. Scharfstein





Un dos últimos traballos de Chopin e Robinson nesta materia foi o presentado, xunto con outros investigadores de Canadá, Suecia, China e Chile, no encontro “Aquaculture Europe 10”, celebrado na cidade de Porto –Portugal– en 2010 e cuxa organización a realiza a European Aquaculture Society.

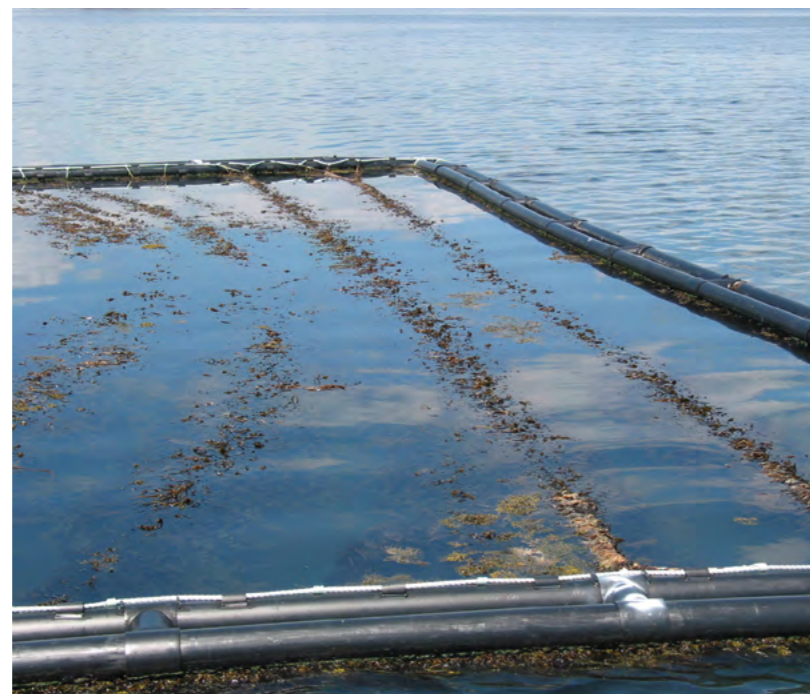
Chopin volve definir nese traballo a AMTI como “unha práctica responsable para obter simultaneamente produtos mariños diversificados e con efectos de biomitigación no impacto ambiental da actividade acuícola”. O investigador destaca que esa alternativa produtiva, con especies e espazos que interactúan, é ademais flexible: admite moitas combinacións e pódese desenvolver en plantas de piscicultura de circuito pechado e aberto e tamén cos cultivos que se realizan no propio medio mariño.

Un dos modelos produtivos de referencia citados polo investigador é o realizado pola rede estatal canadense de investigación e innovación en acuicultura AquaNet (www.dfo-mpo.gc.ca), na baía de New Brunswick no que se integrou o cultivo de salmón cos de mexillón e algas. A empresa que distribúe comercialmente ese salmón inclúe na súa publicidade e nos envases dos seus produtos a advertencia de que a devandita especie foi

Operacións de recollida de datos nunha instalación AMTI que combina macroalgas, mexillón e salmón en augas canadenses. Abaixo, gaiola de cultivo de macroalgas. Fonte: Pesca e Océanos de Canadá www.dfo-mpo.gc.ca

cultivada nun 100% con técnicas de acuicultura sustentable.

Sobre a evolución que experimentou a súa proposta, o investigador elaborou un gráfico no que figuran un conxunto de etapas que comezan en 1995 e se prolongan ata 2012, data na que considera que a AMTI terá consolidado a súa presenza na industria dos cultivos mariños. Para afondar na información sobre os traballos de Chopin e do seu equipo de



colaboradores pódese consultar o sitio www.unbsj.ca/sase/biology/chopinlab/

O traballo mencionado tamén inclúe táboas comparativas de custos produtivos e posibles beneficios da comercialización das especies mariñas de monocultivos, contrastadas coas criadas con sistemas e procesos de AMTI. Nesas táboas atribúense vantaxes obxectivas e competitivas a estas últimas. No que respecta á eliminación de nitróxeno xerado no medio mariño polo cultivo intensivo de moluscos filtradores, Chopin asegura que a cría de algas con valor comercial representa unha das solucións máis eficientes de enxeñaría ecolóxica.

Por último, o científico denomina a AMTI de “revolución turquesa”, xa que supón unha

integración das ideas da “revolución verde” e a “revolución azul”. Como se sabe, o primeiro é o nome adoptado internacionalmente para describir e explicar o incremento que se produciu na produtividade agrícola mundial, e en particular de alimentos, entre 1940 e 1970.

Con “revolución azul” denomínase o que supón a acuicultura, dende aproximadamente 1960, para garantir a subministración regular aos mercados de produtos mariños con normas pactadas de frescura, talles e prezos. A AMTI, prognostica con firmeza Chopin, está chamada a ser a “revolución turquesa”, pola súa achega de racionalidade produtiva para optimizar os cultivos e tamén polos seus efectos de biomitigación do medio mariño.



Unha instalación AMTI, con gaiolas de salmón e bateas de mexillón, co gardacostas Pandalus III ao fondo. O Pandalus ofrece apoio regular á investigación científica AMTI na Baía de Fundy. Fonte: Pesca e Océanos de Canadá www.dfo-mpo.gc.ca

PROGRAMAS INTERNACIONAIS

Entre os organismos de investigación mariña doutros países que traballan neste campo, e que crearon programas relacionados coa acuicultura multitrófica integrada, hai que mencionar a AquaNet (www.dfo-mpo.gc.ca) e Génesis Faraday, Red de Biociencias de Transferencia de Conocimiento de Edinburgo, Reino Unido. O programa multitrófico de Escocia é “Desenvolvemento dun enfoque xenérico sustentable de sistemas integrados da acuicultura mariña para ámbitos e mercados europeos” (“Development of a Generic approach to Sustainable Integrated marine Aquaculture Systems for European environments and markets”), e participan científicos de varios países, entre eles de Francia e Israel. No sitio www.scotsman.com pódese obter máis información sobre Génesis Faraday.

Pola súa banda a Asociación Escocesa para a Ciencia Mariña (www.sams.ac.uk) realiza un conxunto de programas no que participan varios países. O SPIINES 2 investiga, co apoio económico da Unión Europea, a “producción de ourizo de mar en sistemas integrados, a súa nutrición e mellora das ovas (Sea urchin Production In Integrated systems, their Nutrition & roe Enhancement).

Este mesmo organismo tamén xestiona MERMAIDS, un traballo para xerar unha cultura multitrófica de remediación ambiental - Xestión activa da acuicultura, iniciativas para a diversificación e sustentabilidade” (“Multi-trophic culture for Environmental Remediation - Active Management of Aquaculture Initiatives for Diversification and Sustainability”).



Foto: Steve Cross

Por último, REDWEED é un programa dirixido a reducir o impacto ambiental das granxas mariñas de gaiola a través do cultivo de algas mariñas (“Reducing the environmental impact of sea-cage farming through cultivation of seaweeds”).

Outros grupos de investigación que desenvolveron liñas de actuacións para impulsar a acuicultura integrada son o Centro de Investigación e Desenvolvemento de Recursos e Ambientes Costeiros da Universidade chilena de Los Lagos, dirixido por Alejandro Buschmann e o Centro de Xestión Ambiental e Biodiversidade da Universidade das Palmas de Gran Canaria.

Nas imaxes da dereita, mexillóns producidos na Baía de Fundy como cultivo asociado aos de salmón e macroalgas. No mercado, estes mexillóns están certificados como cultivados de forma sustentable.
Fonte: Pesca e Océanos de Canadá
www.dfo-mpo.gc.ca



Na Columbia Británica de Canadá, o Pacific SEA-lab desenvolveu unha instalación industrial a pequena escala que, na actualidade, está a investigar as posibilidades de combinar bacallau negro en antigas gaiolas de salmón, vieira, berberecho, cogombro de mar e macroalgas, cun deseño de sistema AMTI intensivo. Esta iniciativa piloto, tamén denominada Sistema de Acuicultura Ecolóxica Sustentable (SEA-System), recibe o apoio dunha asociación entre a industria (Kyuquot Ldt.) e unha comunidade científica que se dedica a explorar os beneficios ambientais e socioeconómicos relacionados con esta forma de acuicultura integrada. O promotor deste proxecto, Steve Cross, coñece os traballos do científico Thierry Chopin, e aproveitou a súa experiencia nesta materia.

Fontes: Fish Farming International. Abril 2010 e www.aquaculture.ca

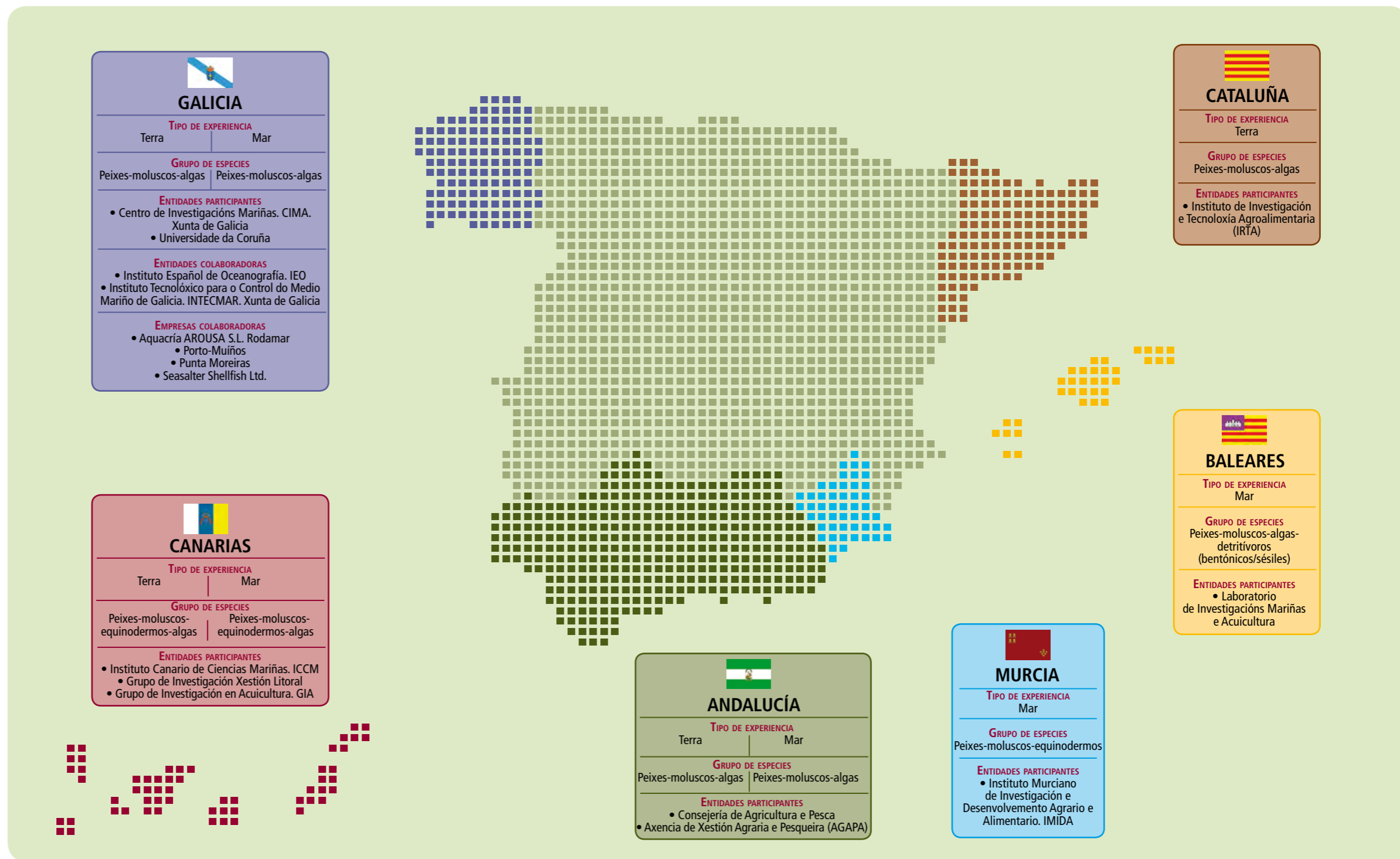
O PROXECTO JACUMAR

Na convocatoria científica de Porto mencionada coñeceuse un dos traballos que realizan en Galicia para o plan nacional de cultivos mariños JACUMAR “Acuicultura integrada: experiencia piloto para o desenvolvemento de sistemas de cultivo multitróficos, 2008-2011” de Salvador Guerrero, investigador do Centro de Investigacións Mariñas da Consellería do Medio Rural e do Mar da Xunta de Galicia (www.cimacoron.org) e Javier Cremades, profesor da Universidade da Coruña (www.udc.es), coa colaboración de Juan Manuel Salinas, responsable da planta de cultivo de algas do Instituto Español de Oceanografía de Santander (www.ieo-santander.net). Pode saber máis deste proxecto en www.acuiculturaintegrada.com.

O estudo presentado en Porto trató sobre a utilización de esporas e gametos de algas verdes como alimento para bivalvos na acuicultura multitrófica integrada, pero son outras moitas as experiencias realizadas no tema por Guerrero, Cremades e Salinas que noutros espazos desta mesma publicación explícanse polo miúdo.

Este programa realízase por iniciativa e co apoio institucional e económico da Xunta Asesora de Cultivos Mariños (JACUMAR), da Secretaría Xeral do Mar do Ministerio de Agricultura, Alimentación e Medio Ambiente (www.magrama.gob.es/es/pesca/participacion-publicalcopy_of_default.aspx).

Ademais de Galicia, unha comunidade líder en cultivos mariños, desenvolveron liñas de traballo en sistemas e prácticas de AMTI os organismos e os científicos de Andalucía, Baleares, Canarias, Cataluña e Murcia.



2

Foto: Arquivo dos autores



MACROALGAS, BIOFILTRADORES EFICIENTES CUXO CULTIVO TEN VALOR COMERCIAL

Por Jorge García (garcia.herosa@gmail.com)

O grupo de investigadores que en Galicia traballa para o programa JACUMAR de cultivos multitróficos considera que a presenza de macroalgas en todas as combinacións de AMTI é un dos principais factores para facer unha acuicultura sustentable, diversificada, viable economicamente e aceptada pola sociedade. Nas experiencias de AMTI realizadas nesta comunidade cultiváronse especies de *Saccharina*, *Codium* e *Ulva* en efluentes de piscifactorías de circuito aberto e pechado e tamén en polígonos das propias rías. Os datos que están a elaborar, despois de máis de dous anos de traballos, os investigadores Salvador Guerrero (CIMA), Javier Cremades (UDC) e Juan Manuel Salinas (IEO, Santander), son positivos: o crecemento e a interacción desas especies con outros cultivos de peixes e moluscos, e co propio medio, desenvolveuse, en liñas xerais, como estaba previsto na formulación científica inicial que fixo o grupo.

As prácticas, antecedentes e datos dispoñibles sobre o cultivo de algas asociado ao doutras especies mariñas, nos países de maior produción acuícola, serviron para adoptar algúns dos principais criterios utilizados para avaliar primeiro e transmitir logo os primeiros resultados dos traballos de AMTI realizados en Galicia. Un número crecente de investigadores que traballan en cultivos mariños e teñen interese

Exemplares de *Laminaria ochroleuca* no medio natural, entre outras. O cultivo de laminarias asociado ao de peixes e moluscos demostrouse eficiente.



Foto: Arquivo dos autores



Foto: Arquivo dos autores

por estes sistemas puideron coñecer aos longo dos últimos anos (2008-2011) as conclusións provisionais en xornadas, seminarios e congresos celebrados en España e noutros países.

Unha das boas noticias que se comunicaron neses encontros é que a cría de macroalgas con valor comercial se demostra eficiente para remediar a eutrofización producida pola piscicultura ou o monocultivo. Outra é que a AMTI é viable e necesaria na acuicultura das costas e rías galegas. A última das boas novas é que a planta de cultivo do IEO de Santander, que Salinas creou e dirixe, está en condicións de proporcionar “semente” de macroalgas para traballos experimentais e tamén para abordar cultivos a escala industrial.

CREAR ECOSISTEMAS

Unha das explicacións que Cremades difunde habitualmente nos documentos que produce sobre macroalgas é que existen dúas liñas principais de biorremediación para mellorar a calidade das augas con que se traballa na acuicultura moderna. Unha das maneiras de mitigar a eutrofización e, polo tanto, gran parte do impacto ambiental deste tipo de cultivos, é mediante a actividade descompoñedora das bacterias na formación de gases (N_2 e CO_2). Outro camiño é fomentar a actividade asimiladora de organismos biofiltradores e xerar a formación de biomasa.

A primeira das liñas é un catabolismo bacteriano, moi utilizado nas piscifactorías con recirculación de auga, pero a súa operatividade resulta tecnoloxicamente complexa: necesita de oxixenación, eliminación de materiais particulados, oxidación (ozonación) da materia or-

gánica disolta, nitrificación do amonio, control do pH, disipación do exceso de CO_2 e desinfección. Os seus custos son altos, xa que son necesarias bombas para facer funcionar todo o sistema que, por outra parte, acumula nitrato.

O método proposto por Cremades, e que foi utilizado nas experiencias AMTI en Galicia, é a biofiltración mediante vexetais fotosintéticos e con capacidade asimiladora, como as algas. “Coa enerxía solar e o exceso de nutrientes –explica o experto–, particularmente C, N e P, as algas fotosintetizan nova biomasa. Mediante esta técnica, que mellora a xestión das augas, obtéñense mini-ecosistemas na piscicultura de circuitos aberto e pechado e tamén na acuicultura de monocultivo que se fai no medio mariño”.

BIOFILTRAR CON MACROALGAS

Os traballos realizados en Galicia, sostén Cremades, “confirman que introducir en sistemas de AMTI algas como biofiltradores procesa e reduce unha parte importante do impacto xeral que sobre o ecosistema xeran os cultivos mariños. Por outra parte, tamén achega estabilidade ao medio. As algas, e en especial as macroalgas, son organismos dunha alta eficiencia para a biofiltración porque posúen a maior produtividade de todas as plantas e poden ser cultivadas mediante métodos cuxos custos resultan accesibles e rendibles para as industrias”.

Deste modo, compártese o criterio xeneralizado entre os científicos que traballan en AMTI sobre que en acuicultura integrada os nutrientes que se orixinan coa cría de peixes



Foto: Arquivo dos autores

Arriba e á esquerda, Cremades (UDC), con *Saccharina latissima* cultivada nun sistema de AMTI en Galicia. Ao seu lado, Salinas (IEO) coa mesma especie cultivada nun tanque. Abaixo, Guerrero (CIMA) observando un cultivo de *Gracilariopsis longissima* en tanque.

Foto: Arquivo dos autores



Un exemplo de cultivo de algas laminariais en mar, da empresa galega Porto-Muiños, con aplicación industrial, mediante un sistema de cordas e flotadores denominado long-line.

Na foto superior un cultivo en *free-living* de gametofitos de *Saccharina latissima* na planta de algas do IEO en Santander. Abaixo, precultivo de novos esporófitos desta mesma especie nas instalacións do CIMA para o seu emprego nas distintas experiencias de cultivo multitrófico.

Foto: Arquivo dos autores



non deben ser considerados como residuos, senón como un recurso para o cultivo de algas con valor comercial e tamén como alimento de moluscos do xénero *Haliotis* –coñecidos como orella de mar ou abulón, que deriva da denominación inglesa “abalone”–, camaróns e ourizos de mar, entre outros.

A industria acuícola de varios países utiliza o coñecemento xerado polas experiencias e aplicacións de AMTI, que se realizan dende hai máis de dúas décadas, para elaborar deseños eficientes e específicos de cultivos integrados, tanto en terra como en mar. Neles é frecuente a integración de peixes, moluscos filtradores, fitoplancto e produción de biomasa de macroalgas.

Unha das principais vantaxes de utilizar macroalgas como biofiltradores, respecto a outros sistemas, é que se produce un “secuestro” dos nutrientes existentes na auga, en tal forma e medida que posibilita e con rapidez poder recircular o efluente dunha piscifactoría ou descargarlo no medio mariño.

Outro dos datos obtidos dos traballos realizados en Galicia é que nun sistema de recirculación cada quilogramo de *Ulva* en stock produce suficiente osíxeno ao día para satisfacer a demanda de dous quilogramos de peixes en stock.

Convén lembrar, neste mesmo sentido, que “o consumo de osíxeno nocturno das macroalgas é moito máis baixo que a súa produción diaria. Nalgunhas especies estimouse que producen 12 veces máis osíxeno que o que consomen coa súa respiración”.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Os investigadores de AMTI de Galicia elaboraron un conxunto de criterios para seleccionar especies de algas cun comportamento eficiente nun sistema integrado. Algúns dos factores que se deben valorar son:

- Alta taxa de crecemento e concentración de nitróxeno nos seus tecidos.
- Facilitade de cultivo e control do seu ciclo de vida.
- Resistencia a epifitos e enfermidades.
- Coincidencia dos seus requirimentos ecofisiolóxicos cos do sistema.
- Ser unha especie local ou xa introducida.
- Valor comercial da produción.

Estes criterios foron definidos en función de que unha das primeiras demandas que se lle formula a un deseño de AMTI é a biorremediación. Neste caso a captación e a acumulación de nutrientes, sumados á taxa de crecemento, son determinantes. Naturalmente, considérase que o óptimo é lograr unha especie que combine valor comercial con capacidade de biorremediación.

Neste último aspecto tamén se relaciona a taxa de crecemento coa morfoloxía. Noutras palabras, existe unha relación directa entre a maior superficie/volume (S/V), do talo da alga coas taxas máis altas de crecemento. As macroalgas cunha morfoloxía filamentososa ou laminar fina terán unha maior taxa de crecemento que unha de morfoloxía grosa e carnosa. Respecto ás especies de estrutura morfolóxica complexa, como poden ser as laminariais, tamén é moi importante valorar a idade da planta.

Outras etapas de crecemento de *Saccharina latissima* xa en tanques de cultivo multitrófico. Abaixo un exemplar de *Ulva australis*, unha das especies que tamén foron empregadas nestas experiencias.

Foto: Arquivo dos autores



Foto: Arquivo dos autores



Foto: Arquivo dos autores



AS MELLORES CANDIDATAS

Cando se pensa nunha especie de alga para usar como biofiltro, hai que considerar que terá que medrar ben en altas concentracións de nutrientes, en especial amonio. Outras algas que non teñen esta capacidade, como por exemplo *Chondrus crispus* que prefire nitrato ao amonio, son de uso máis limitado. Na breve lista de especies de macroalgas que se investigaron como biofiltros figuran *Ulva*, como a máis estudada, e tamén *Gracilaria*. Na primeira encóntranse moitas das condicións básicas necesarias para formar parte dun sistema AMTI: forma laminar, alta taxa de crecemento e de concentración de nitróxeno e tamén capacidade de crecemento en concentracións altas de amonio. Por outra parte, o seu ciclo de vida é coñecido e controlable. A desvantaxe que se lle atribúe ao emprego industrial de *Ulva* en biofiltración é, por agora, o limitado valor que alcanza a produción obtida nos mercados.

As especies máis adecuadas pola súa capacidade biofiltradora combinada co seu valor comercial para sistemas AMTI son: arriba e nesta páxina, *Porphyra*. Abaixo, dende a esquerda, *Saccharina latissima*, *Ulva* spp., *Gracilaria* spp. e *Palmaria palmata*, entre outras.

Foto: Arquivo dos autores



As especies de *Porphyra* (o nori do sushi) resultan apropiadas porque posúen os caracteres de *Ulva* e teñen un alto valor comercial no mercado da alimentación. O hándicap das especies de *Porphyra* é que nun sistema de acuicultura integrada non é posible de momento controlar o seu ciclo de vida para manter durante todo o ano un cultivo puramente vexetativo.

Foto: Arquivo dos autores



As técnicas de cultivo das especies de *Gracilaria* e *Chondrus* están estudadas e son ben coñecidas, e por iso é posible controlar o seu desenvolvemento. Algunhas das súas

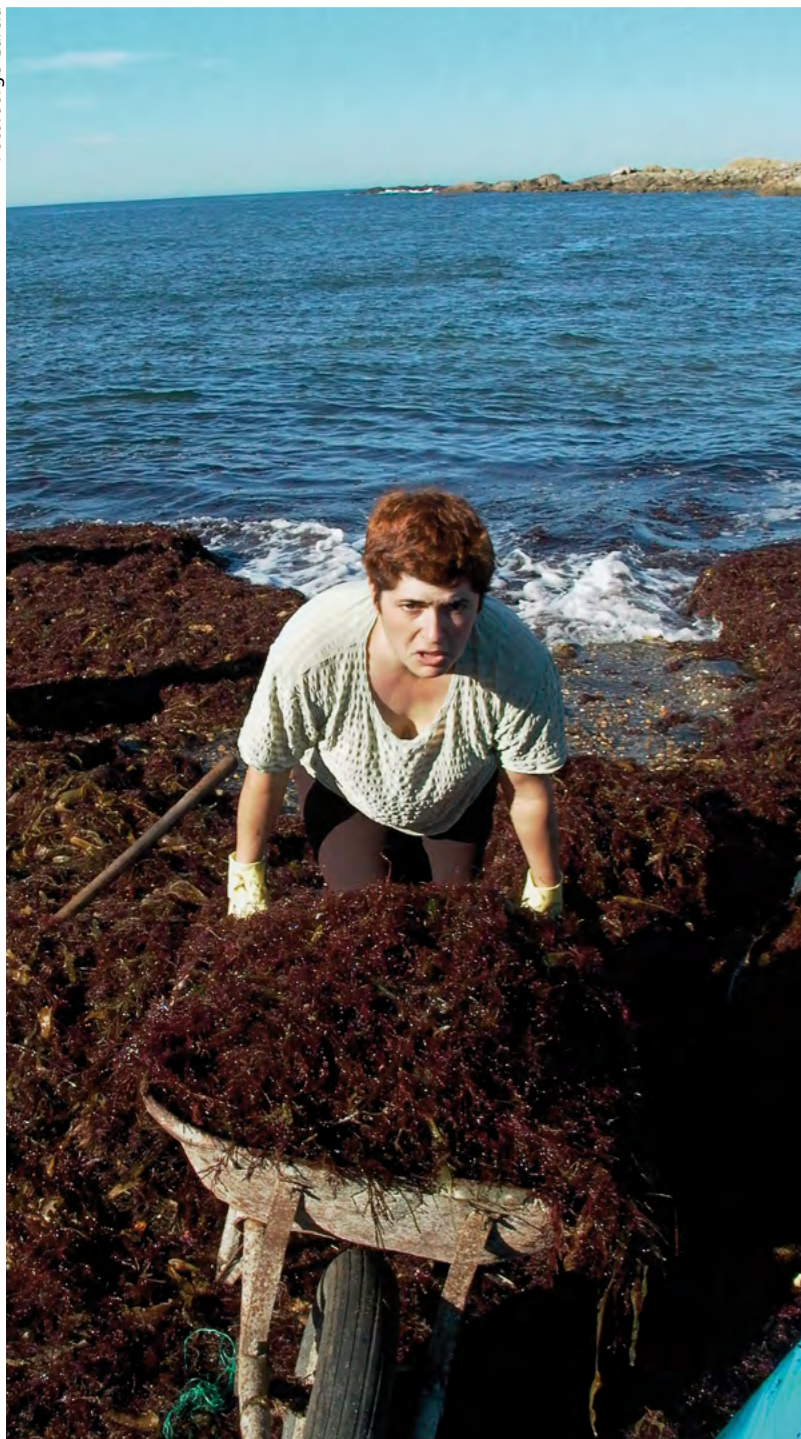
Arriba, *Saccharina latissima* no medio natural, xunto a *Ulva rigida* e outras especies.

vantaxes son a toma de nutrientes e a posibilidade de extraer ficocoloides para formar xeles, substancias viscosas e estabilizantes de suspensións. A industria da alimentación utilízase para elaborar ágar, alxinatos e carraxenatos. Non obstante hai que dicir que as súas taxas de crecemento, debido ás súas morfoloxías, son significativamente máis baixas que nas especies anteriormente mencionadas. Tamén se debe mencionar que o mercado dos produtos elaborados cos ficocoloides téndese a reducir.

Unhas das máis prometedoras candidatas para empregar en AMTI como biofiltradoras en augas frías, como son as das costas e rías de Galicia, son as laminariais, en particular as especies de *Saccharina* (o kombu de azucre), *Laminaria* e *Macrocystis* (Kelp), que foron investigadas en Canadá, España, Alemaña, Escocia e Chile e son producidas pola industria piscícola.

Fotos: Arquivo dos autores





NOVOS PRODUTOS, NOVOS MERCADOS

Os xestores da acuicultura industrial coñecen ben as prolongadas e complexas accións que hai que realizar para que un novo produto chegue a ter unha posición destacada no competitivo mundo da alimentación, que é un dos mercados tradicionais dalgunhas das presentacións comerciais das algas. En cambio, para as industrias farmacolóxica e de cosmética as algas son materias primas cuxas propiedades se investigan de xeito permanente, o que impulsa a creación de novos usos finais e xera demanda dalgunhas especies.

Por estas e outras razóns, o criterio de valor comercial neste mundo débese abordar con sentido estratéxico e como un concepto moi diverso que evoluciona con rapidez. Non obstante, unha das vantaxes competitivas que os cultivadores de algas comparten con outros produtos da acuicultura é que poden garantir ás industrias transformadoras unha subministración constante de materias primas, en cantidade, calidade e, en consecuencia, tamén en prezo. A isto hai que sumar a achega de proteínas e outros beneficios para a saúde que supón para a alimentación humana o consumo de alimentos elaborados con algas.

Ademais dos seus usos na restauración e nas industrias da alimentación, farmacolóxica e cosmética, as algas comezaron a investigar, con resultados alentadores, como compoñente de pensos para a alimentación animal e, en particular, de peixes. En Portugal realizáronse experiencias con tilapia e troita e en Galicia lévanse a cabo experiencias co linguado. De maneira obxectiva estableceuse que a presenza de algas nos pensos aumenta a composición

de ácidos graxos e proporciona un sabor agradable aos peixes de crianza, ademais de posuír maior contido en aminoácidos que as tradicionais fariñas de soia, habitualmente utilizadas nos pensos.

Tamén se realizan traballos experimentais con determinadas especies de algas no campo dos combustibles alternativos aos que se elaboran con materias primas non renovables. Creamos asegura que en Galicia se encontran polo menos 20 especies autóctonas de algas con valor comercial, moitas das cales xa se recollen ou producen.

O cultivo de algas para a AMTI é unha garantía de biorremediación eficiente e, polo tanto, colabora en boa medida a reducir o impacto no medio acuático doutros cultivos. A súa viabilidade industrial está avalada por grupos de investigación consolidados e entre os que existe un activo intercambio de información.



Na páxina anterior, unha colleiteira nas costas galegas da alga *Gelidium corneum* utilizada pola industria dos ficocoloides. Nesta páxina e arriba, Guerrero, Sergio Devesa, director técnico de Aquacría, e Salinas na planta de cultivo de algas de El Bocal, Santander. Abaixo, leituga de mar frita con crema pasteleira e cereixas. A receita é do cocineiro Gonzalo Rey do restaurante Agar-Agar, e foi realizada no curso coñecer con algas” na Aula de Cociña Porto-Muiños (www.portomuinos.com).



Neste sentido hai que lembrar que en xuño de 2011 e en Vigo, o Centro Tecnolóxico do Mar, Fundación CETMAR, un organismo da Xunta de Galicia, organizou unha xornada sobre macroalgas coa colaboración de Iberomare, un proxecto transfronteirizo que pertence ao programa de ámbito comunitario Interreg, España-Portugal, cuxos traballos están orientados á valoración dos subprodutos de acuicultura. No devandito encontro, investigadores lusos e de Galicia, Málaga, Santander e As Palmas tiveron a ocasión de intercambiar experiencias e actualizar coñecementos sobre a “Aplicación de macroalgas na depuración de efluentes provenientes da acuicultura. Sistemas AMTI”.

Finalmente hai que dicir que esa e outras convocatorias dese tipo puxeron en evidencia o interese existente pola acuicultura integrada, pero tamén a necesidade de que o importante esforzo investigador que se realiza nesta liña fágano equipos interdisciplinarios capaces de elaborar modelos económicos de investimento, xestión e para o acceso aos mercados dos novos produtos procedentes da AMTI, en particular os da cría de macroalgas. Todo iso para facer máis realistas e viables os proxectos nesta materia.



O doutor Thierry Chopin, coñecido experto en macroalgas e director científico da Rede Canadense Integrada de Acuicultura Multitrófica (CIMTAN). www.unbsj.ca/sase/biology/chopinlab/index.html

O DOUTOR THIERRY CHOPIN PROPÓN UNHA EVOLUCIÓN CARA A SISTEMAS DE CULTIVOS MARIÑOS MÁIS RESPONSABLES CO ECOSISTEMA

“AMTI é o concepto xeral, pero, como na música de Bach, hai moitos temas e variacións”

O científico francés, que emigrou a Canadá en 1989, é considerado como un dos líderes clave no desenvolvemento da Acuicultura Multitrófica Integrada

Por Jorge García (garcia.herosa@gmail.com)

O doutor Thierry Chopin, profesor de Bioloxía Mariña na Universidade de New Brunswick en Saint John, Canadá, naceu e educouse en Francia, onde obtivo o seu doutorado na Universidade da Bretaña Occidental, en Brest. Chopin agora lidera un equipo de científicos de diversas disciplinas especializado en cultivos multitróficos: Estamos á vangarda na elaboración de novas prácticas sustentables para a acuicultura industrial e adquirimos unha reputación mundial grazas ao noso traballo de todo o equipo”, comentou recentemente o investigador.

Os criterios, prácticas e sistemas da AMTI, adopta-

dos pola industria dos cultivos mariños de varios países e estudados noutros, teñen a súa orixe nos traballos do equipo que lidera Chopin. Nesta entrevista o científico reflexiona, recomenda e tamén achega datos e experiencias para explicar os beneficios ambientais, económicos e sociais de integrar cultivos de distintos niveis tróficos.

Sobre o lugar de Canadá onde reside, Chopin comentou: “Estar nunha comunidade multicultural como a nosa é interesante, en particular cando un trata de comprender as culturas, en lugar de xulgalas. Saint John está a cambiar e este carácter multiétnico orixina unha nova dinámica na cidade”.

• A industria acuícola española ten en España un alto nivel de desenvolvemento, en particular nas rías e costas de Galicia.

Como valora as posibilidades da AMTI para os cultivos de mexillón, berberecho, ameixas e ostra, ademais de rodaballo e linguado? Thierry Chopin: A miña impresión é que en Galicia a acuicultura ten unha industria moi desenvolvida en moluscos. Por exemplo, pódense ver Google Earth todas estas balsas (bateas)... A idea de introducir certa diversificación sería correcta dende o punto de vista ambiental, económico e so-

As piscifactorías están baixo presión para mellorar a súa eficacia, pero a sustentabilidade da industria tamén debe mellorar

cial. En termos xerais tamén se pode dicir que para acuícultores independentes, nun mercado que se volveu global e concentrado -e en sitios onde hai participación pública na creación de políticas-, a supervivencia da actividade demanda a adquisición dalgunhas vantaxes competitivas. As granxas encóntranse baixo presión para mellorar o seu rendemento, pero tamén debe mellorar a sustentabilidade da industria. Nós fixemos algo deste tipo na costa este de Canadá, onde había un predominio da acuicultura de salmón. AMTI permite esta diversificación.

• **Que podemos aprender da súa experiencia?** A expansión mundial do cultivo do salmón do Atlántico (*Salmo salar*) foi considerable nas últimas tres décadas. A opción que formulamos aos produtores consiste en asociar o engorde do salmón con outras especies e en proximidade. Na Baía de Fundy, Canadá, e no marco dun proxecto industrial piloto, cultívanse as algas *Saccharina latissima* e *Alaria esculenta*, o mexillón azul, (*Mytilus edulis*) e o salmón (*Salmo salar*). Cando se compara con sitios de referencia, a taxa de crecemento aumenta en 46% nas macroalgas e ata 50% nos mexillóns cultivados en proximidade coas granxas de peixes, o que ao noso xuízo é reflexo do incremento na dispoñibilidade de alimento e enerxía. Ningún dos produtos terapéuticos, utilizados na cría de salmón, se detectou nas algas nin nos mexillóns recollidos nos sitios AMTI durante oito anos. Os

É necesario que os investigadores falen coa industria, as entidades reguladoras, as ONG e co público en xeral

Un lugar de AMTI en Cooke Aquaculture Inc, na Baía de Fundy, Canadá: gaiolas de salmón á esquerda, unha batea de mexillón á fronte á dereita e unha batea de algas ao fondo á dereita.

niveis de metais pesados, arsénico, bifenoles policlorados e pesticidas estiveron sempre por debaixo dos límites regulados. Os resultados biolóxicos, polo tanto, apoian adoptar sistemas AMTI.

• **Quen son os seus socios industriais?** A cooperación con socios industriais é moi importante para o progreso destes grandes proxectos. Cooke Aquaculture Inc. (www.cookeaquaculture.com) foi o noso socio clave durante varios anos. Pesca e Océanos de Canadá, a Axencia de Inspección de Alimentos, Medioambiente de Canadá e o Departamento de Agricultura, Acuicultura e Pesca de New Brunswick, tamén foron colaboradores moi importantes. Non debemos esquecer as axencias financiadoras que permitiron que a investigación tivese continuidade durante 10 anos. Delas as que foron clave son o Conse-

llo de Investigación de Enxeñerías e Ciencias Naturais de Canadá, a Axencia Atlántica Canadense de Oportunidades, Pesca e Océanos de Canadá e a Fundación para a Innovación de New Brunswick.

• **Cales das experiencias de transferencia de coñecementos de I+D en AMTI á acuicultura industrial poden resultar de utilidade?** É necesario que os investigadores falemos coa industria, coas administracións que regulan, coas ONG ecoloxistas e tamén co público en xeral para coñecer cales son os problemas e como se poderían resolver con solucións como AMTI. Non obstante, está claro que non hai un resultado máxico despois duns poucos anos soamente. Gústame lembrar que AMTI é o concepto xeral, pero ao igual que na música de Johann Sebastian Bach, hai temas e moitas variacións. AMTI é o tema, logo hai que adaptalo ás condicións e situacións locais, que é de onde xorden as variacións. Polo tanto, depende de vostedes definir o tipo de AMTI que mellor se adapte á súa rexión. Non obstante, unha recomendación importante é que o enfoque ha de ser, definitivamente, interdisciplinario e integrador. As solucións, con frecuencia encóntranse nos puntos de contacto desas disciplinas.

• **Existen modelos máis exitosos que outros na selección de especies e sobre a proporción en que deben ser producidas?** Unha vez máis debo responder que depende da súa rexión, das súas condicións ambientais e da súa situación económica. Isto non é para evitar a pregunta, pero é importante desenvolver solucións adaptadas ao lugar onde te encontras, aplicando un profundo

coñecemento e entendemento a niveis moi diferentes. Non sei da súa rexión o suficiente como para facer unha recomendación sólida. Que especies se seleccionan e por que? Hai abundante documentación sobre os criterios para facer unha selección de especies apropiadas. Como orientación, dunha recensión que escribimos para a FAO hai uns anos, os xéneros con maior potencial para o desenvolvemento de sistemas AMTI, xeralmente son os seguintes:

MACROALGAS:

Laminaria, Saccharina, Sacchoriza, Undaria, Alaria, Ecklonia, Lessonia, Durvillaea, Macrocyctis, Gigartina, Sarcothalia, Chondracanthus, Callophyllis, Gracilaria, Gracilariopsis, Porphyra, Chondrus, Palmaria, Asparagopsis e Ulva

MOLUSCOS:

Haliotis, Crassostrea, Pecten, Argopecten, Placopecten, Mytilus, Choromytilus e Tapes

EQUINODERMOS:

Strongylocentrotus, Paracentrotus, Psammechinus, Loxechinus, Cucumaria, Holothuria, Stichopus, Parastichopus, Apostichopus e Athyonidium

POLIQUETOS:

Nereis, Arenicola, Glycera e Sabella

CRUSTÁCEOS:

Penaeus e Homarus

PEIXES:

Salmo, Oncorhynchus, Scophthalmus, Dicentrarchus, Gadus, Anoplopoma, Hippoglossus, Melanogrammus, Paralichthys, Pseudopleuronectes e Mugil

• **Que criterios se utilizaron para facer esta selección?** Estes xéneros foron seleccionados analizando as súas prácticas de cultivo, o seu hábitat apropiado, as súas habilidades de biomitigación e, finalmente, o seu valor económico. Para cada rexión en que a AMTI pode ser desenvolvida, é importante seleccionar as especies apropiadas para o hábitat, o ambiente e para as funcións complementarias do ecosistema e os escenarios socioeconómicos.





• **Existen criterios de AMTI para a futura acuicultura oceánica?** A raíz da crecente demanda de alimentos mariños, algúns prevén unha expansión cara a lugares en mar aberto. A dispoñibilidade de sitios novos, protexidos e próximos á costa estase a volver limitada. O cambio cara ao mar aberto é considerado tamén como un xeito de reducir algúns problemas ambientais. Non obstante, o desenvolvemento nas áreas máis expostas tamén ten as súas limitacións. É moi probable que as piscifactorías no futuro sexan

Os investigadores teñen que expoñer os seus coñecementos a varias audiencias. Ampliando a conciencia sobre AMTI será sen dúbida unha tarefa importante. Arriba: 2ª reunión anual de CITMAN; abaixo: excursión durante o festival anual de natureza organizado pola Federación de Naturalistas de New Brunswick.

máis grandes que as costeiras do presente. Polo tanto, tamén xerarán maiores niveis de residuos. Non deberiamos crer que nos ambientes oceánicos as condicións hidrodinámicas permitirán a dispersión, e polo tanto o impacto ambiental será menor. Deberiamos pensar, ademais, en recoller ese alimento e enerxía, que doutro modo se perdería con especies de extracción. Dende o principio, deberiamos pensar en ter sistemas eficientes AMTI de mar aberto, que tamén cumpran as súas funcións de bioeliminación. Non deberiamos deixalo para o 2050! Non obstante, somos conscientes de que haberá numerosos retos que superar nos campos biolóxico, ambiental, económico, tecnolóxico, de enxeñaría legal e tamén social.

• **Son sensibles os organismos comunitarios á alternativa produtiva que supón a AMTI, como estratexia sustentable para a acuicultura e para diversificar producións?** Vivín en Canadá estes últimos 22 anos e non coñezo os organismos nin os mecanismos administrativos da Unión Europea no momento actual. Sei que hai algúns proxectos AMTI na UE, pero, son os reguladores, os tomadores de decisións e os políticos o suficientemente conscientes das posibilidades de AMTI? Dubido que este sexa o caso, pero isto non só pasa na UE. Ampliar a conciencia de AMTI é sen dúbida unha tarefa importante.

• **Que consideracións económicas resultan de utilidade á industria da acuicultura interesada en emprender cultivos AMTI?** Os modelos bioeconómicos AMTI existentes demostraron que a estabilidade económica xerada pola diversificación de produtos e a re-

dución de riscos é a clave para continuar no negocio e aumentar os beneficios. Ademais, se os servizos de bioeliminación da AMTI fosen correctamente estimados e fosen parte dos plans de negocio, estes representarían incentivos para animar a mono-acuicultores que cómpen contemplar a AMTI como unha opción de agronomía mariña viable para as súas prácticas actuais.

• **Como relaciona a AMTI a sustentabilidade coa rendibilidade das industrias acuícolas?** Establecer principios biolóxicos sólidos é importante para que un negocio sexa sustentable. Non obstante, a sustentabilidade tamén necesita ser medida a nivel económico e social. Unha operación acuícola debe ser economicamente viable, sen ser demasiado arriscada. Ademais, a opinión pública é importante, xa que a percepción dos consumidores ten influencia sobre a demanda e os prezos dos produtos e, polo tanto, no desenvolvemento da industria. Demostramos que, ao longo de 10 anos, unha colleita de peixe mala causa grandes perdas nunha operación de monocultivo de peixes, mentres



**Sabemos que
haberá moitos
desafíos
por superar
nos campos
biolóxico,
ambiental,
de enxeñaría,
tecnolóxico,
económico, legal
e social**

Da corda ao prato: as prácticas de AMTI deberían axudar a diferenciar produtos AMTI de alta calidade e gran valor. Esquerda: unha liña de cultivo de kelp (*Alaria esculenta*), en Back Bay, New Brunswick; dereita: un delicioso rolo de kelp de AMTI (*Saccharina latissima*) preparado por Chris Aerni, xefe de coziña e propietario do Rossmount Inn in St. Andrews, New Brunswick.

que esa incidencia nunha operación AMTI, conservaría a súa rendibilidade.

• **Valorouse a receptividade social á AMTI, como alternativa ao monocultivo?** Realizamos varias enquisas de actitude en públicos clasificados de Canadá e Estados Unidos. Estas mostraron que a percepción dos criterios e prácticas da AMTI é máis favorable que a do monocultivo. Os públicos enquisados relacionaron o éxito da acuicultura coa sustentabilidade. Tamén se resaltou en que a obtención de ganancias e o cultivo de produtos de alta calidade, sen danar o medio, eran claves para facer da industria acuícola un éxito e mellorar a súa percepción ante o público. Todos os participantes revelaron “sentir” que os alimentos producidos polos sistemas AMTI son seguros para o consumo. Un 50% dos participantes mostráronse dispostos a pagar un 10% máis por estes produtos se os encontrasen etiquetados como tales nos puntos de venda. Isto abre a porta para ecoetiquetar ou certificar, para diferenciar os produtos de sistemas AMTI e obter un mellor prezo para eles.

EXPERIENCIAS AMTI EN GALICIA

Lorbé (Ría de Ares e Betanzos. A Coruña).

Experiencia en mar

Bateas de mexillón / Macroalgas alimentarias

(*Saccharina latissima*)

CIMA, UDC, IEO Santander

PORTO-MUIÑOS S.L.

Esteiro (Ría de Muros e Noia. A Coruña).

Experiencia en mar

Gaiolas de peixes (rodaballo) / Macroalgas

alimentarias (*Saccharina latissima*)

CIMA, UDC, IEO Santander

MARCULTURA S.L.

Cambados (Ría de Arousa. Pontevedra).

Experiencia en terra. Circuito pechado

Peixes (rodaballo e linguado) / Invertebrados

suspensivos (anémonas e poliquetos)

/ Moluscos filtradores (ameixas e ostra)

/ Macroalgas alimentarias (*Saccharina*

latissima)

CIMA, UDC, IEO Santander

AQUACRIA S.L.

O Grove (Ría de Arousa. Pontevedra).

Experiencia en terra. Circuito aberto

Peixes (rodaballo) / Invertebrados

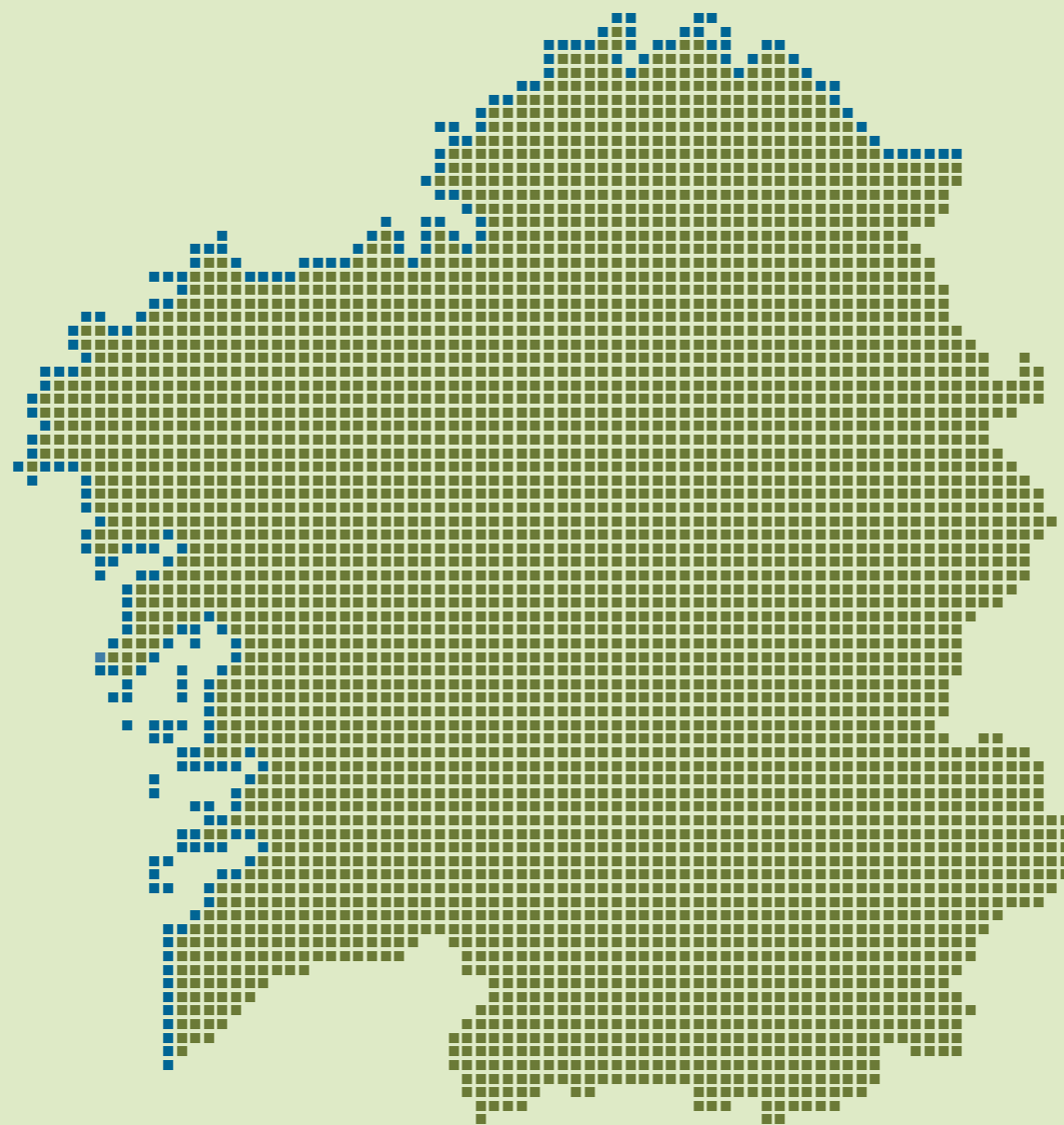
suspensivos (anémonas) / Moluscos

filtradores (ameixas e ostra) / Macroalgas

alimentarias (*Ulva* e *Saccharina latissima*)

CIMA, UDC, IEO Santander

PUNTA MOREIRAS S.L., INTECMAR



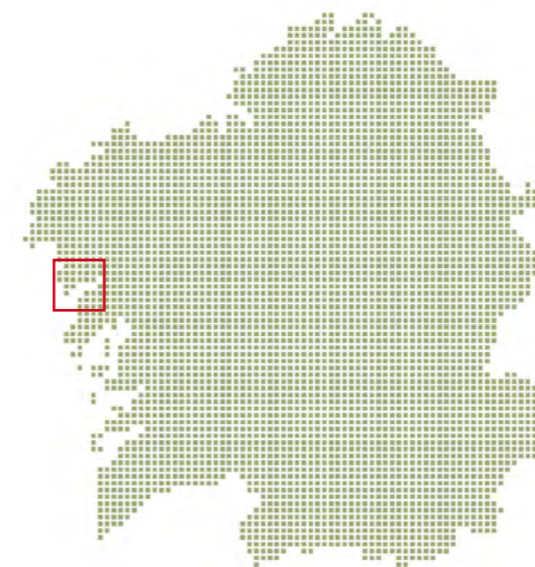
ORGANISMOS DE INVESTIGACIÓN E SECTOR PRIVADO PARTICIPAN NAS EXPERIENCIAS DE ACUICULTURA INTEGRADA DE GALICIA

No deseño e a realización das experiencias de AMTI en Galicia para o programa JACUMAR participaron o CIMA, a Universidade da Coruña, o IEO de Santander e o Instituto Tecnolóxico para o Control do Medio Mariño, INTECMAR, un organismo da Xunta de Galicia, que proporcionou datos bioquímicos e oceanográficos das rías de Arousa, Muros-Noia e Ares-Betanzos. Os traballos realizáronse en instalacións no mar e en piscifactorías de circuito aberto e pechado, para o que se contou coa colaboración de empresas do sector privado da acuicultura.

As “sementes de algas” para as experiencias no mar foron achegadas polo banco de xermoplasma da planta de cultivo de algas do IEO Santander, con cepas que teñen orixe en poboacións autóctonas das costas galegas. No caso dos moluscos e invertebrados, a súa orixe son distintos criadeiros das costas galegas. A selección das especies que cómpre cultivar nas experiencias realizouse en función do seu valor comercial para a alimentación humana, para as industrias farmacolóxica e da cosmética, ou polos seus posibles usos agropecuarios ou no sector da enerxía. As primeiras etapas dos cultivos fixéronse nas instalacións do CIMA de Vilanova de Arousa, para logo trasladalos, se é o caso, ás instalacións de terra e do medio mariño.



Cultivo integrado de macroalgas en gaiolas de peixes na ría de Muros e Noia (A Coruña)

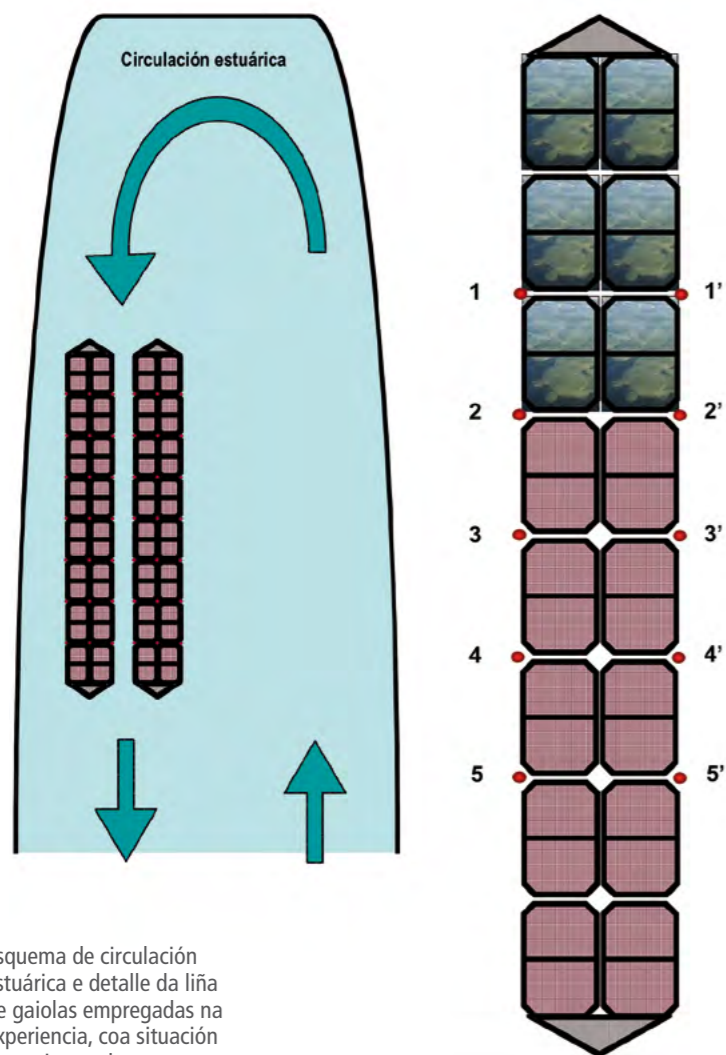


Localización das gaiolas de peixes onde se realizaron as experiencias na enseada de Esteiro (ría de Muros e Noia, A Coruña). Imaxes de Google Maps e ortofotos procedentes do visor do SixPac do Ministerio de Agricultura, Alimentación e Medio Ambiente.



Na experiencia que aquí se describe trátase de valorar as posibles vantaxes e inconvenientes da integración de cultivos de macroalgas mariñas e peixes. A hipótese previa é que a devandita integración, por unha

parte, pode incrementar a produción de ambos os dous cultivos, á vez que mellora a calidade da auga, tanto pola redución da eutrofización como das cifras de CO₂ disolto, e, por outra, propicia a diversificación da acuicultura galega.



Esquema de circulación estuárica e detalle da liña de gaiolas empregadas na experiencia, coa situación dos peixes e dos puntos onde se colocaron as cordas para o cultivo de macroalgas.

DESCRIPCIÓN DA EXPERIENCIA

A experiencia levouse a cabo nas gaiolas de cultivo para peixes propiedade da empresa colaboradora MARCULTURA S.A, que se encontra localizada no lugar de Somorto, Esteiro, pertencente á ría de Muros e Noia (A Coruña).

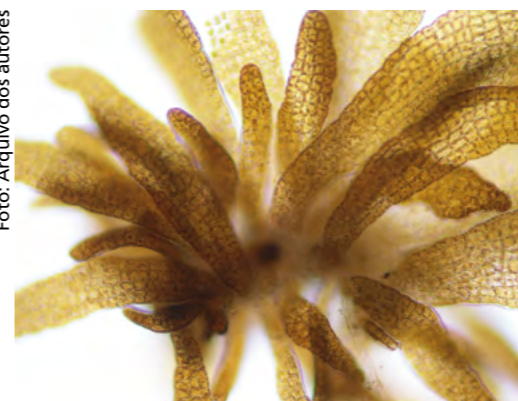
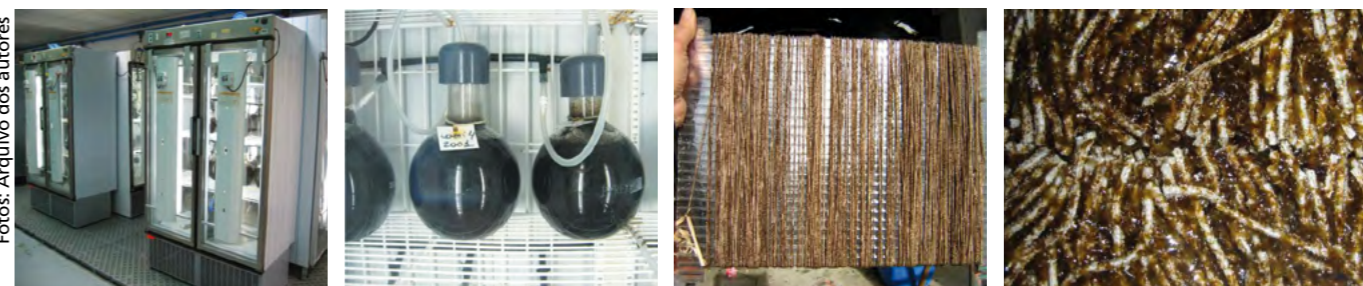
A instalación consta de 8 gaiolas flotantes cadradas unidas unhas con outras e dispostas en liña. As tres primeiras gaiolas tiveron rodaballo en engorde durante todo o experimento, mentres que as 5 restantes estiveron desocupadas. As cordas de cultivo de algas puxéronse en vertical nas zonas de unión entre gaiolas e a ambos os dous lados destas (puntos 1 a 5).

A especie de macroalga cultivada foi *Saccharina latissima* (Linnaeus) Lane, Mayes, Druehl & Saunders (Laminariales, Phaeophyta), coñecida como "kombu de azucre". Esta especie autóctona no noroeste ibérico pode ser materia prima para a obtención de alxinatos e biogas; non obstante ten maior valor engadido no seu uso para a alimentación animal e humana.

A semente de *Saccharina latissima* foi producida na Planta de Cultivos de Algas do IEO en Santander utilizando o seu banco de xermoplasma e mediante a técnica de *free-living* (Pérez *et al.*, 1992). A sementeira realizouse o 20 de novembro de 2008. O método de sementeira utilizado foi tamén o coñecido como xaponés. Nel, os fíos de semente son cortados en fragmentos duns 5 cm de lonxitude que se colocan cada 10 cm ao longo da corda do cultivo.

Para seguir as variacións das condicións ambientais no transcurso da experiencia colocouse un sensor de intensidade lumínica e temperatura.

A mostraxe final do cultivo de algas realizouse o 6 de abril de 2009, transcorridos 137 días dende o inicio da inmersión no mar. En todos os puntos onde se dispuxeron cordas con Sa-

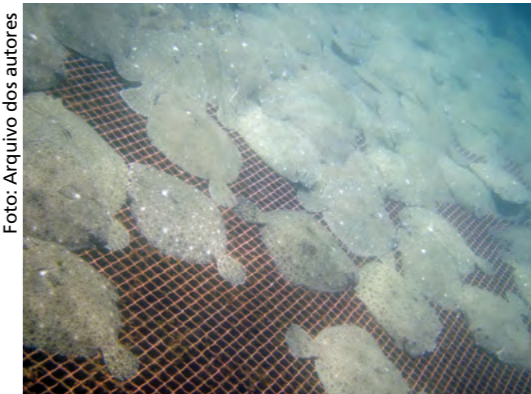


Arriba, fases de produción da "semente" de *Saccharina latissima*. Cámaras de xermoplasma cos botellóns de cultivo de gametófitos en *free-living*, colector con fío de semente e fragmentos deste listos para ser sementados seguindo o método xaponés. Á esquerda, novos esporófitos de *S. latissima*, tal como se ven ao microscopio.

charina estimouse a biomasa da especie por metro de corda e tomáronse mostraxes para a análise da porcentaxe de C, N e da relación $\delta^{15}N$. Estas análises permitirannos valorar en que medida as algas tiveron acceso ás fontes de nitróxeno derivadas do metabolismo dos peixes (Holmer *et al.*, 2008), ou, o que é o mesmo, a cantidade de formas do nitróxeno de orixe animal ou antrópico que as algas están biofiltrando das augas.

RESULTADOS E DISCUSIÓN

As cifras de produción media de *Saccharina latissima* oscilaron entre os 7,1 e 10,7 kg/m, polo que se encontran dentro do intervalo de valores obtidos noutras experiencias realizadas en Galicia. Son inferiores ás de 13,1 kg/m obtidas por Cremades *et al.* (2007), utilizando



Á dereita, aspecto xeral das liñas de gaiolas e detalle das que estiveron ocupadas con rodaballo durante as experiencias.



Foto: Arquivo dos autores

tamén cordas verticais lonxe doutras estruturas acuícolas, pero superiores ás de 6,2 kg/m obtidas por Peteiro *et al.* (2006) sobre cordas en *long-line*.

Aínda que non existen diferenzas significativas entre as cordas, polo menos no período e densidade de cultivo de macroalgas ensaiado, a proximidade aos peixes resulta beneficiosa, xa que as algas máis próximas a eles e que, ademais, presentaron a maior relación $\delta^{15}\text{N}$ (6,25); é dicir, que foron as únicas que accederon ao amonio excretado polos peixes como fonte adicional de nitróxeno, e que alcanzaron os menores talles e cifras de produción por metro de cultivo de todo o experimento.

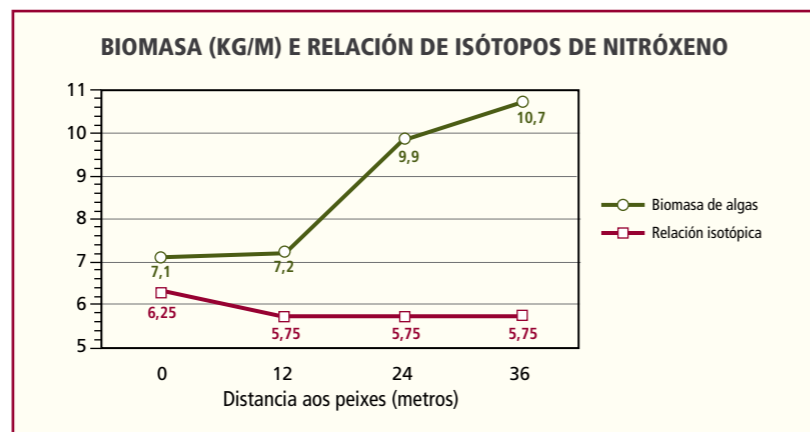
A explicación deste pequeno detrimento na produción, aínda que non estatisticamente significativo pola gran variabilidade da biomasa dos distintos implantes, podería explicarse pola menor incidencia lumínica sobre estas cordas debido ao sombreo e maior grao de turbidez das augas próximas ás gaiolas ocupa-



Foto: Arquivo dos autores

Cordas acabadas de sementar (20/11/2008) e detalle dos implantes despois do primeiro mes de crecemento (15/12/2008).

Evolución da biomasa media de *Saccharina latissima* e da relación isotópica do nitróxeno en función da distancia aos peixes.



das polos peixes fronte ás das que se encontraban baleiras, xa que segundo Cremades *et al.* (2007) as variacións deste factor pode producir importantes diminucións da produción.

Á vista dos resultados obtidos parece evidente que a causa primordial da aparente ausencia dunha vantaxe neta da integración macroalgas-peixes que se obtivo neste experimento deriva de que, coa densidade do cultivo ensaiada, durante toda a súa duración e en to-



Foto: Arquivo dos autores

das as zonas deste, os nutrientes non deberon ser en ningún caso un factor limitante para o desenvolvemento de *Saccharina latissima*.

Podemos concluír, polo tanto, que nas técnicas de acuicultura multitrófica peixes-algas nas rías galegas é preferible unha distribución en mosaico fronte a unha mestura de ambos os dous cultivos, o que ten importantes implicacións á hora da futura ordenación litoral da produción acuícola.

Polo alto nivel de nutrientes das rías galegas o beneficio da integración de cultivos peixes-macroalgas non está en relación directa á proximidade entre eles, e mesmo pode chegar a ser un hándicap xa que a presenza próxima dos peixes e de estruturas mergulladas diminúe a radiación lumínica, exacerba os procesos de sedimentación e recruta, o que poden provocar un considerable aumento do fouling, un dos principais problemas dos cultivos de macroalgas. Podemos concluír, tamén, que o beneficio destes policultivos debe ser avaliado



Foto: Arquivo dos autores

Aspecto dunha corda aos tres meses de cultivo (16/02/2009). Á dereita, un dos implantes de maior desenvolvemento obtidos na mostraxe final (6/04/2009).

tanto pola mellora da calidade do medio mariño como polo aumento e diversificación da produción acuícola total.

REFERENCIAS

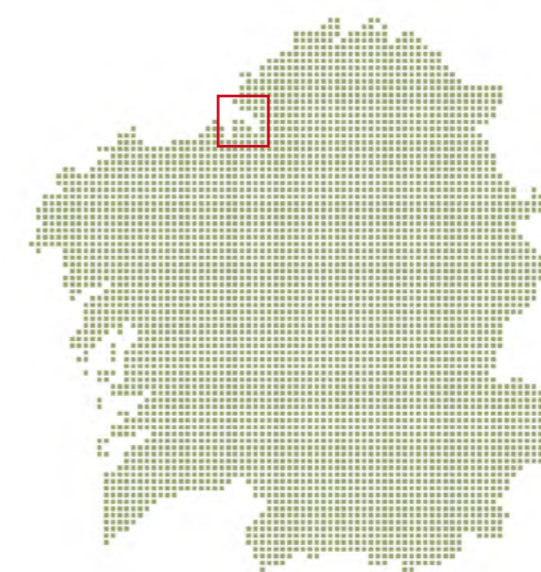
- Cremades J., Freire O., Baamonde S., Salinas J.M. & Fuertes C. (2007) Nuevo método para el cultivo industrial de *Laminaria saccharina* (Laminariales, Phaeophyta) en las costas gallegas. Actas XI Congreso Nacional de Acuicultura, 1: 559-562.
- Holmer M., Hansen P.K., Karakassis I., Borg J.A. & Schembri P.J. (2008) Monitoring of environmental impacts of marine aquaculture. En: (Eds.), *Aquaculture in the Ecosystem*. Holmer M., Black K., Duarte C.M., Marbà N. & Karakassis I. Springer, pp. 47-85.
- Pérez R., Kaas R., Campello F., Arbault S. & Babaroux O. (1992) *La culture des algues marines dans le monde*. Service de la Documentation et des Publications (SDP). IFREMER. Plouzane.
- Peteiro C., Salinas J.M., Freire O & Fuertes C. (2006) Cultivation of the autoctonomous seaweed *Laminaria saccharina* on the Galician Coast NW Spain): Production and features of the sporophytes for an annual and biennial harvest. *Thalassas*, 22: 45-53.



Cultivo en mar aberto da alga alimentaria *Saccharina latissima* asociado a bateas de mexillón na ría de Ares e Betanzos (A Coruña)

Esta experiencia realizouse, entre decembro de 2009 e abril de 2010, na concesión administrativa de carácter experimental para o desenvolvemento de cultivos de macroalgas mariñas da que é beneficiaria a empresa colaboradora Porto-Muíños (www.portomuinos.com), situada no polígono de

cultivos mariños Sada II da ría de Ares e Betanzos (A Coruña). A hipótese de partida é que esta integración destes cultivos traerá como beneficios a mellora da calidade da auga pola redución da eutrofización e cifras de CO₂ disolto e o aumento e diversificación da produción acuícola do polígono.



Polígono de cultivos mariños Sada II da ría de Ares e Betanzos (A Coruña), onde se realizou a experiencia. Imaxes de Google Maps e ortofotos procedentes do visor do SixPac do Ministerio de Agricultura, Alimentación e Medio Ambiente.



DESCRIPCIÓN DA EXPERIENCIA

Como na anterior experiencia, a semente de *Saccharina latissima* cultivada foi producida na Planta de Cultivos de Algas do IEO en Santander utilizando o seu banco de xermoplasma e mediante a técnica de *free-living* (Pérez *et al.*, 1992).

A sementeira realizouse o 18/12/2009 mediante o método coñecido como xaponés. Nel, os fios de semente son cortados en fragmentos duns 5 cm de lonxitude que se introducen cada 10-15 cm, tras abrilo no interior do cabo de cultivo. Para o cultivo desta especie usouse un sistema de liñas flotantes dobres unidas e reflotadas con boias transversais de 100 litros dispostas cada 5 metros. Cada liña ten entre as boias transversais outras 5 boias de 3 litros, das que se colgan as cordas de cultivo (Cremades *et al.*, 2007).

Para o seguimento da experiencia fixéronse mostraxes regulares e estimáronse as taxas de crecemento tras as distintas mostraxes e situacións. De igual forma, a análise da relación $\delta^{15}N$ que se determine nas mostrax das



Foto: Arquivo dos autores

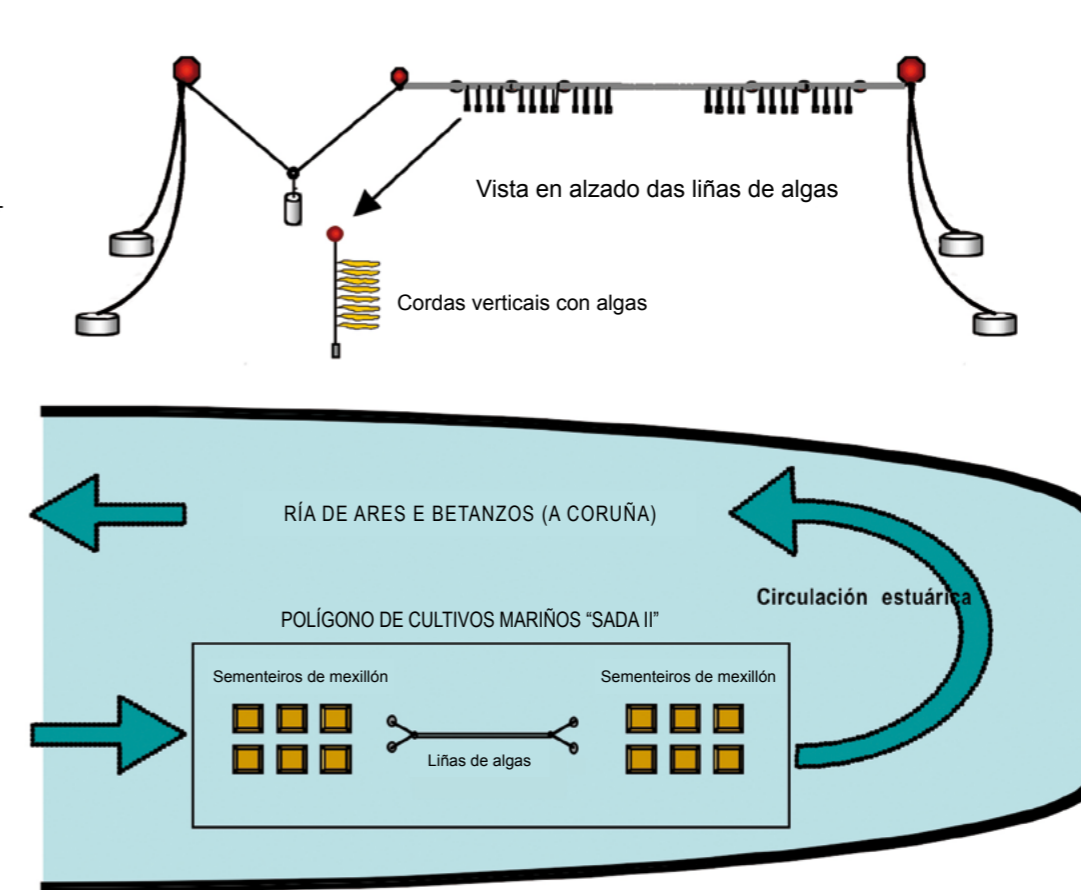


Foto: Arquivo dos autores



Foto: Arquivo dos autores

Esquema: Javier Cremades



Á esquerda, esquemas das disposicións do cultivo integrado en mar aberto. Na páxina anterior e arriba, liña de cultivo (*long-line*). Abaixo, vista xeral da instalación e detalles das cordas cos implantes de algas nos distintos estados de desenvolvemento.

Foto: Arquivo dos autores



Foto: Arquivo dos autores

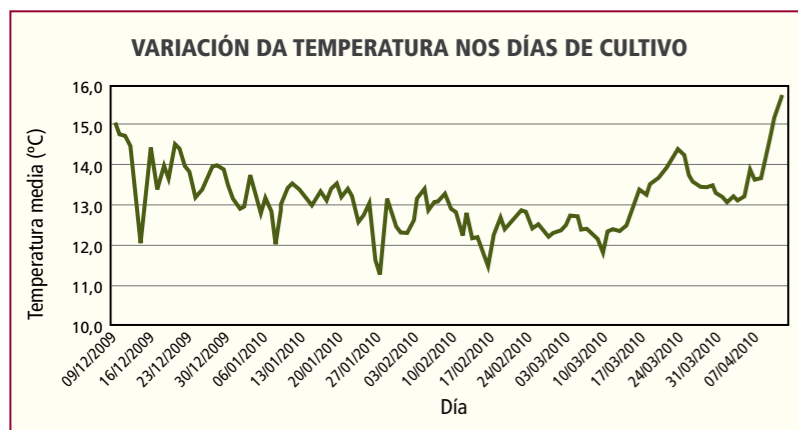


Foto: Arquivo dos autores

Fig. 1. - Variación da temperatura nos días de cultivo. Á dereita e abaixo, cordas de cultivo na segunda mostraxe (10/03/2010).



Foto: Arquivo dos autores



algas permitíranos valorar en que proporción as algas se estiveron a nutrir dos residuos derivados dos peixes.

Á hora de valorar os beneficios da integración dos distintos cultivos carecemos dun “branco de comparación” porque a lexislación autonómica prohibe os cultivos mariños fóra dos polígonos delimitados para eles.

Debemos indicar de todos os xeitos que para esta valoración dispoñemos de datos de crecemento e análíticas de macroalgas de experiencias de anos anteriores realizadas noutras zonas de Galicia e noutras rexións peninsulares, tanto en mar aberto como indoor.

RESULTADOS E DISCUSIÓN

En canto ás características ambientais nesta instalación en mar, cóntase cos datos oceanográficos oficiais debido a que os cultivos se encontran en polígonos mariños que son controlados de forma rutineira. Os datos de temperatura obtidos durante o experimento foron os da Fig.1.

O desenvolvemento de *Saccharina latissima* durante o transcurso do experimento foi óptimo e cunha taxa máxima de incremento de peso do 5% día que se rexistrou a principios de febreiro. A produción media por metro de corda ao final da experiencia foi de case 6 kg, cifra que se encontra dentro dos valores de produción en augas galegas, obtidos noutras experiencias (Peteiro *et al.*, 2006; Cremades *et al.*, 2007).

Nos datos de peso a profundidade xoga un papel determinante xa que, a medida que

aumenta, se produce escaseza de luz debido ao ensombrecemento ocasionado tanto polos exemplares que medran a menor profundidade como pola progresiva diminución da penetración da luz e a turbidez das augas. Os valores medios da relación isotópica $\delta^{15}\text{N}$ en *Saccharina latissima* foron de 6,8, valor indicativo de que as macroalgas cultivadas neste polígono están a assimilar moi significativamente formas de nitróxeno excretadas por organismos de maior nivel trófico que lles rodean, probablemente o abundante amonio que os moluscos filtradores como os mexillóns excretan ao medio (Pérez Camacho, 1992).

REFERENCIAS

- Cremades J., Freire O., Baamonde S., Salinas J.M. & Fuertes C. (2007) Nuevo método para el cultivo industrial de *Laminaria saccharina* (Laminariales, Phaeophyta) en las costas gallegas. *Actas XI Congreso Nacional de Acuicultura*, 1: 559-562.
- Pérez R., Kaas R., Campello F., Arbault S. & Babaroux O. (1992) *La culture des algues marines dans le monde*. Service de la Documentation et des Publications (SDP). IFREMER. Plouzane.
- Pérez Camacho A. (1992) Cultivo de mejillón en la batea. Cuadernos de Acuicultura. Ed. Consellería de Pesca, Marisqueo e Acuicultura. Xunta de Galicia, 48 pp.
- Peteiro C., Salinas J.M., Freire O & Fuertes C. (2006) Cultivation of the autoctonous seaweed *Laminaria saccharina* on the Galician Coast NW Spain): Production and features of the sporophytes for an annual and biennial harvest. *Thalassas*, 22: 45-53.



Foto: Arquivo dos autores



Foto: Arquivo dos autores



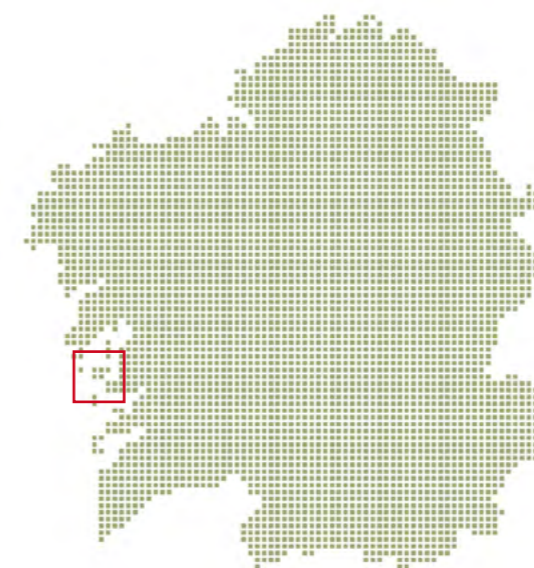
Foto: Arquivo dos autores

Aspecto das cordas de cultivo na mostraxe final (17/04/2010). Nótese na figura dereita a diferenza de talle pola estratificación vertical do cultivo.

Foto: Arquivo dos autores



Biofiltración dos sólidos do efluente dunha planta de cultivo de rodaballo en circuito aberto con moluscos filtradores (ameixas e ostra), invertebrados suspensívoros (anémona) e macroalgas alimentarias (*Saccharina latissima* e *Ulva* spp.) no Grove (Pontevedra)



Lugar onde se realizou a experiencia en Punta Moreiras - O Grove (Pontevedra). Imaxes de Google Maps e ortofotos procedentes do visor do SixPac do Ministerio de Agricultura, Alimentación e Medio Ambiente.



Esta experiencia de AMTI realizouse nas instalacións dunha piscifactoría en terra, coa colaboración de PUNTA MOREIRAS S.L. (O Grove. Pontevedra). Esta empresa

inicialmente traballaba con rodaballo (*Scophthalmus maximus*), e agora faíno tamén con linguado (*Solea senegalensis*). O funcionamento da granxa é de circuito aberto e a

auga é oxigenada por medio dun venturi. A planta ten unha capacidade de produción de 300 tm ao ano e posúe 2.500 m² de superficie de cultivo, localizada no interior e en escuridade. Unha das hipóteses de partida foi que a integración de cultivos xeraría, entre outros, os seguintes beneficios: mellora da calidade da auga do efluente, pola retirada de CO₂ e de nutrientes, tanto disoltos como en suspensión. Outra das vantaxes foi comprobar a viabilidade de diversificar a produción acuícola da planta.

DESCRICIÓN DA EXPERIENCIA

As augas do efluente da planta deriváronse a un biofiltro de invertebrados sedimentívoros e filtradores, cuxa función era retirar as partículas en suspensión. Outro dos biofiltros era de macroalgas que actuaban como asimiladoras dos nutrientes en disolución. O efluente saía ao exterior por unha canle onde se situou unha zona de sedimentívoros con anémonas,



Foto: Arquivo dos autores

Nesta páxina, tres momentos da posta en marcha do circuíto.

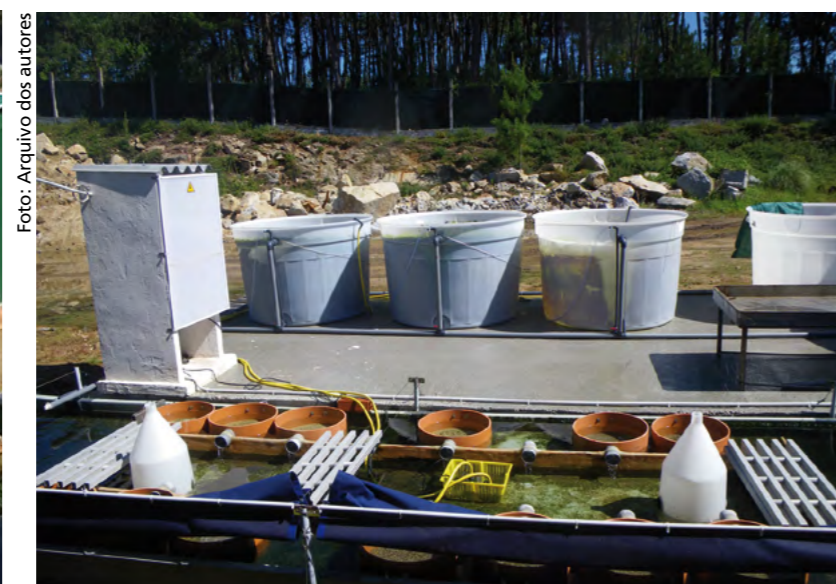


Foto: Arquivo dos autores

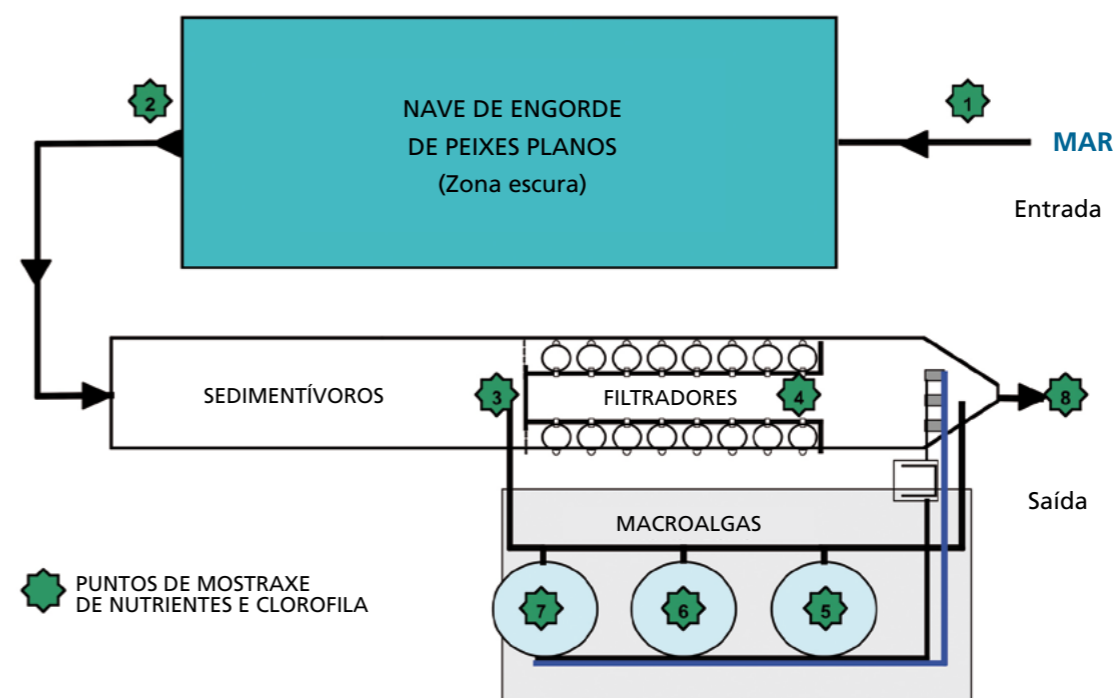
outra zona de filtradores con ameixas e ostras –dun talle inicial entre un e dous milímetros– e, finalmente, remataba o circuíto nuns tanques con algas de 2.000 litros que operaban como asimiladores. Un dos obxectivos principais era valorar o incremento da produtividade destes cultivos asociados, polo uso de augas enriquecidas, e tamén comprobar a capacidade absoluta de depuración do efluente.

O recurso empregado para cultivar invertebrados foi unha canle ao aire libre, de 1,5 m de ancho por 30 cm de alto e 25 m de longo, que recibía o efluente da nave de engorde de peixes e estaba dividido en dúas zonas. A primeira zona incluía unha sección para o cultivo dos invertebrados sedimentívoros (*Anemonia viridis*), na que tamén de forma natural medrasen macroalgas (*Ulva* spp.), e unha segun-

da sección cun sistema para cultivar invertebrados filtradores que consistía basicamente nunha serie de tambores de preengorde de ameixa fina (*Tapes decussatus*), ameixa xaponesa (*Ruditapes philippinarum*), ameixa babosa (*Venerupis pullastra*) e ostra rizada (*Crassostrea gigas*).

A segunda zona era un cultivo de algas asimiladoras en circuíto semiaberto similar ao xa existente no CIMA (Centro de Investigacións Mariñas - Xunta de Galicia), pero de maior escalado. Este sistema consiste nunha unidade de catro tanques en paralelo de 2.000 litros para a cría de algas en suspensión. Cultiváronse principalmente as especies *Saccharina latissima* “kombu de azucre”, durante o inverno e a primavera e *Ulva* spp., durante o verán e o outono.

Esquema: Javier Cremades



No esquema pódense ver os puntos de mostraxe de nutrientes e de clorofila na entrada da auga (1), despois de pasar polos peixes (zona escura) (2), antes e despois de pasar polos bivalvos (3 e 4), no cultivo de algas (5, 6 e 7) e na saída da instalación (8).



Á esquerda, tambor con semente de ostra rizada.

Este método permite illar o sistema das algas sen afectar os outros organismos durante os posibles tratamentos ou limpeza, e modificar a taxa e réxime de renovación da auga, en función das demandas das distintas especies, densidades e épocas do ano.

As algas e invertebrados utilizados nesta experiencia foron recollidos de poboacións naturais e tamén se obtiveron en criadeiras de moluscos. Algúns clons de macroalgas proviñeron das instalacións da Planta de Cultivos de Algas do IEO en Santander e do CIMA, en Vilanova de Arousa (Pontevedra).

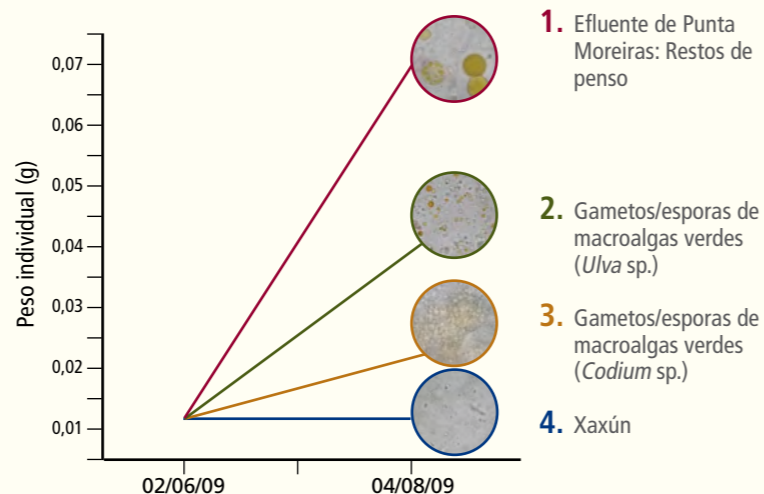
RESULTADOS

Agora dispónse de datos sobre a taxa de crecemento das algas e dos invertebrados suspensívoros e/ou filtradores, e tamén sobre a concentración de macronutrientes antes e despois do seu paso pola zona de cultivo. Para estimar a mellora na produtividade dos cultivos de algas e invertebrados, con respecto á que se obtería nas augas non eutrofizadas, as taxas de crecemento obtidas foron comparadas regularmente cos resul-

tantes do cultivo indoor en tanque, en réxime de circuíto aberto con achega de auga oceánica.

Cunha experiencia complementaria rexistrouse o crecemento de semente de bivalvos, neste caso da ostra rizada (*Crassostrea gigas*), no efluente da instalación, e comparouse co doutras sementes, asociadas con algas verdes *Codium* spp. e *Ulva* spp., ademais doutro cultivo de control en xaxún, as tres desenvolvidas en instalacións do CIMA.

PROBA CON TRES TIPOS DE ALIMENTACIÓN EN *Crassostrea gigas*



Contenido final do hepatopáncreas nos catro casos:

1. Efluente: vense gotas de graxa (do penso) e unha gran cantidade de partículas moi pequenas (restos de feces); ademais obsérvanse algunhas algas verdes unicelulares e diatomeas.
2. Tanque con *Ulva* sp.: obsérvanse células de contido granuloso grandes e moitas células de menor tamaño e cor dourada (gametos/esporas) ou xa case incoloras (dixeridas). Tamén se aprecian algunhas diatomeas.
3. Tanque con *Codium* spp.: obsérvanse en menor densidade células similares en tamaño ás esporas/gametos de *Ulva* pero totalmente incoloras.
4. Tanque sen macroalgas: apenas se observa material particulado.

O resultado foi que o crecemento máximo se produciu nas ostras mantidas no efluente. No contido do hepatopáncreas encontráronse algunhas gotas de graxa, procedentes do penso, partículas pequenas (restos de feces), e algunhas algas verdes unicelulares e diatomeas. No crecemento na semente dos tanques do CIMA, con *Codium* e *Ulva*, unicamente se observaron gametos e esporas de algas, o que indica que no circuíto hai tres formas de alimentación, unha por fitoplancto (flaxelados e diatomeas), outra procedente dos gametos e/ou esporas de algas verdes e unha última que procede do penso.

Tamén se fixeron medicións do crecemento das ameixas durante 10 meses. A biomasa total pasou de 2 a 29 kg. Do número inicial de 300.000 individuos, rexistrouse unha mortalidade do 18,5% na ameixa xaponesa e un 12% na ameixa fina. Non obstante, o incremento en valor económico estimado e a velocidade de crecemento en 30 días resultaron moi parecidos nos dous casos. Conclúese entón que este sistema permite engordar en circuíto aberto varias especies comerciais de bivalvos, mantidas co efluente dunha granxa de rodaballo.

Noutra experiencia complementaria, a semente de bivalvos preengordada en Punta Moreiras sementouse nun parque intermareal de Carril. Os resultados deste traballo explícanse noutro espazo desta mesma publicación.

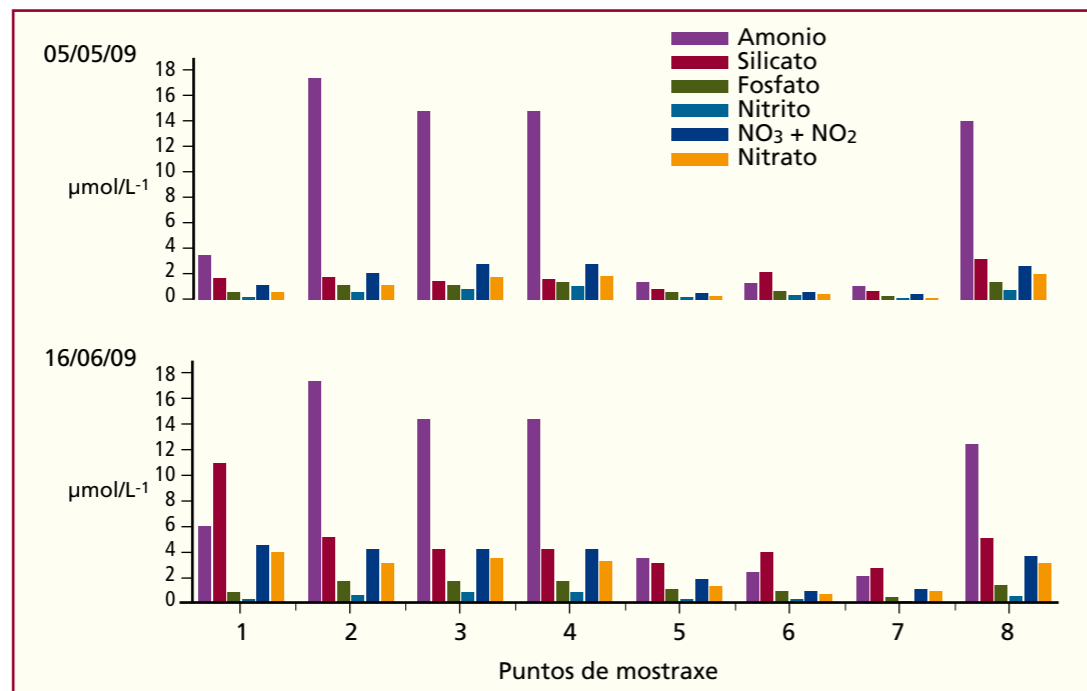
Con respecto aos cultivos de algas, hai datos sobre as distintas especies e épocas do ano, o réxime e o caudal mínimos necesarios, para que o sistema manteña a biomasa máxima sustentable. Esta biomasa tivo un ci-



Arriba, labores de mantemento e control na área de bivalvos. Á dereita, control do crecemento de *Saccharina latissima* nun tanque de 2.000 litros.



Nesta gráfica pódense observar os datos de dúas semanas da variación en $\mu\text{mol/L}$ dos nutrientes amonio, nitrito, nitrato, fosfato e silicato, presentes na auga de mar ao longo do circuito. Nótase un aumento notable do amonio despois de pasar polos peixes (punto de mostraxe 2) debido á eutrofización, mentres que dentro do cultivo de algas diminúe (puntos de mostraxe 5, 6 e 7). O valor alto de amonio que se rexistra á saída (punto de mostraxe 8) é debido a que a maior parte do caudal de auga non pasa a través do circuito de algas.



clo de colleitas parciais, que permitiu calcular a produtividade do sistema por volume de efluente.

Comparouse o crecemento de dúas especies: "kombu de azucre" (*Sacccharina latissima*), cultivada en inverno a unha temperatura inferior de 17°C e *Ulva* spp. como especie de verán, xa que coincide coa súa época natural de aparición nas praias. Quedou comprobado que o rendemento, en canto á produción de biomasa, é moi superior en *Ulva* spp. O incremento de biomasa/mes en tanques de 2.000 litros, durante o período primavera-verán, foi do 37% para *Sacccharina*, que pasou de 8 a 12 kg, e dun 568% en *Ulva*, que pasou de 4 a 27 kg. Cos datos da variación de nutrientes e clorofila A recollidos no circuito avalíase a integración multitrófica do sistema.

Tamén se estimou a mellora na produtividade destes cultivos e a capacidade de biofiltración do sistema analizando as características da auga, antes e despois do seu paso polos distintos cultivos asociados.

Con respecto á evolución do plancto e nutrientes na auga, detectáronse variacións importantes das concentracións de clorofila A, debidas sen dúbida á produción de blooms fitoplanctónicos nas distintas zonas do sistema a partir dos nutrientes disoltos.

Estes blooms poden servir de alimento para os organismos filtradores incluídos no sistema. En canto á calidade da auga, o feito máis relevante foi a drástica diminución dos niveis de amonio, tras o seu paso polos tanques de cultivo de macroalgas.

Foto: Arquivo dos autores



Anemonia viridis baixo a auga na zona para o cultivo de invertebrados suspensivos. Obsérvase a grande abundancia de material particulado en suspensión.

CONCLUSIÓN

- Os sistemas e prácticas empregadas na experiencia posibilitaron manter en circuito aberto varias especies comerciais de bivalvos, mantidas co efluente dunha granxa de rodaballo.
- A concentración de amonio incrementábase na auga ao transcorrer polos tanques de peixes e moluscos e diminúe ao seu paso polas algas.
- Os valores de clorofila A debidos ao picoplancto ($0,7 \mu\text{m} < 2,7 \mu\text{m}$) diminúen na auga ao seu paso polos peixes na zona escura e aumentan na zona iluminada e de macroalgas, para finalmente diminuír ao pasar polos bivalvos.
- Existe interacción comprobada algas verdes-

crecemento de bivalvos, debido á solta de gametos e/ou esporas.

- Presumiblemente hai tres tipos de alimento para bivalvos: microalgas, esporas e gametos de macroalgas e penso microparticulado.
- A biomasa de moluscos creceu de 2 a 29 kg nun período de 10 meses.
- Para as algas o incremento de biomasa/mes en tanques de 2.000 litros e en primavera-verán foi do 37% para *Sacccharina latissima*, que evolucionou de 8 a 12 kg. No caso da *Ulva* sp., foi do 568%, xa que o incremento foi de 4 a 27 kg
- Comprobouse a reprodución por bipartición da anémona (*Anemonia viridis*).



Engorde de semente de ameixas fina e xaponesa procedente de sementeiro multitrófico no parque de cultivo no Carril (Pontevedra)

A experiencia que aquí se formulou tivo como un dos seus principais obxectivos estudar como evoluciona o crecemento, nun parque intermareal, de semente das dúas especies de bivalvos comerciais, ameixa fina e ameixa xaponesa, procedente de criadeiro e preengordada mediante un sistema de acuicultura multitrófica. Ese sistema realizouse co efluente dunha granxa de engorde de rodaballo con circuíto aberto de auga.

Os resultados deste estudo complementario da experiencia en Punta Moreiras demostraron a viabilidade do preengorde da semente destas dúas especies mediante un cultivo multitrófico, así como a súa aptitude para o seu posterior engorde no parque de cultivo. Para os autores é unha comprobación de que o preengorde multitrófico, que difire do que se levou a cabo nun sementeiro convencional, é aplicable aos procesos e etapas dos cultivos de bivalvos.

OBXECTIVO

O obxectivo da experiencia que aquí se describe foi valorar as vantaxes ou posibles inconvenientes do engorde no parque de cultivo intermareal de semente de moluscos bivalvos preengordada en sistemas de cultivo multitrófico integrado fronte á procedente dos sementeiros tradicionais.

MATERIAL E MÉTODOS

1. Preengorde nun sistema multitrófico. (15/10/08-05/08/09)

Como xa se explicou, o sistema multitrófico desenvolveuse coa biofiltración do efluente dunha planta de cultivo de rodaballo en circuíto aberto mediante o emprego de moluscos filtradores (ameixa), invertebrados suspensívoros (anémonas) e macroalgas alimentarias. Coa integración conseguíronse os seguintes beneficios:

- Mellora da calidade da auga do efluente pola retirada de CO₂ e nutrientes, tanto disoltos como en suspensión.
- Comprobar a viabilidade de aumentar e diversificar a produción acuícola da planta, neste caso co engorde da semente de moluscos bivalvos, e a produción doutros invertebrados e macroalgas alimentarias.

Iniciouse o preengorde en sementeiro con:

	A. fina	A. xaponesa
Talle	2,58 mm	2,87 mm
Peso individual	0,012 g	0,010 g
Peso total	500 g	1.700 g
Total individuos	108.500	196.600

2. Sementeira. (05/08/09)

Unha vez que a semente alcanzou o talle axeitado, trasladouse para realizar a súa sementeira nunha parcela de 600 m² do parque de Carril. Cando se produciu o seu traslado, os datos de talle e peso para ambas as dúas especies eran:

	A. fina	A. xaponesa
Talle	7,96 mm	7,03 mm
Peso individual	0,11 g	0,088 g
Peso total	265 g	340 g
Total individuos	2.359	3.864

3. Primeiro ano en parque. (05/08/09-10/08/10)

Procedeuse á revisión do sementado despois dun ano, cunha mostraxe aleatoria de 30 individuos. Mediuse o peso total da mostra cun dinamómetro e a lonxitude individual de cada unha das especies:

Semente de ameixa xaponesa (esquerda) e fina, procedente de criadeiro e preengordada nun sistema de acuicultura multitrófica, lista para a sementeira no parque de cultivo. Arriba, situación dos parques de cultivo de Carril. Imaxes de Google Maps e ortofotos procedentes do visor do SixPac do Ministerio de Agricultura, Alimentación e Medio Ambiente.

Foto: Arquivo dos autores



Foto: Arquivo dos autores



O biólogo Salvador Guerrero, á esquerda, no parque de Carril onde se engordou semente de ameixa fina e xaponesa procedente dunha experiencia de cultivo multitrófico nunha piscifactoría de rodaballo de circuíto aberto.

Foto: Arquivo dos autores



	A. fina	A. xaponesa
Talle	23,72 mm	27,91 mm
Peso individual	3 g	5,83 g

Periodicamente realizouse a limpeza do parque, e elimináronse algas, depredadores, restos de cunchas e bivalvos mortos.

RESULTADOS

Nas figuras 1, 2 e 3 pódense observar a distribución de talles nas mostraxes: ao inicio do preengorde, no momento da sementeira e despois dun ano no parque de cultivo. Tamén hai datos sobre a evolución do talle e o peso individual durante o período estudado.

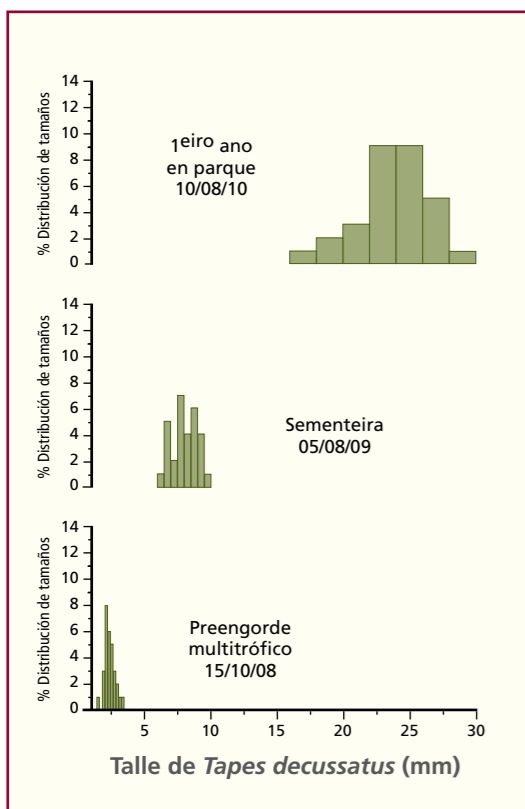
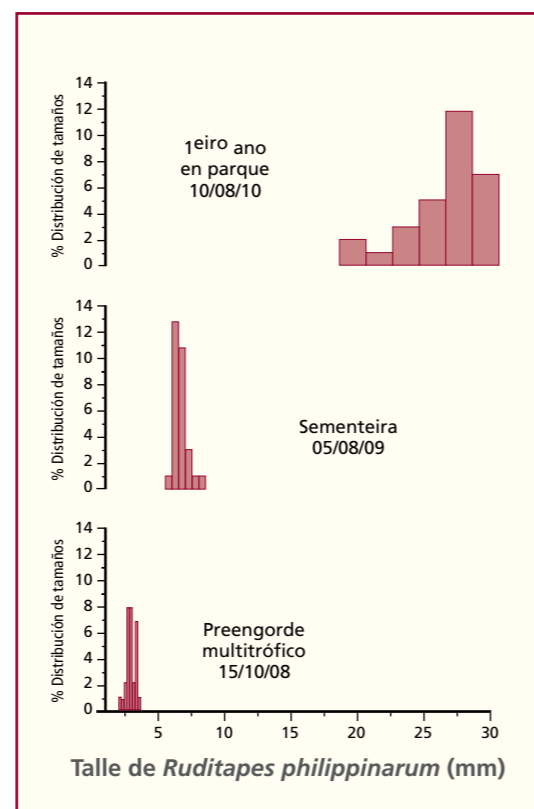


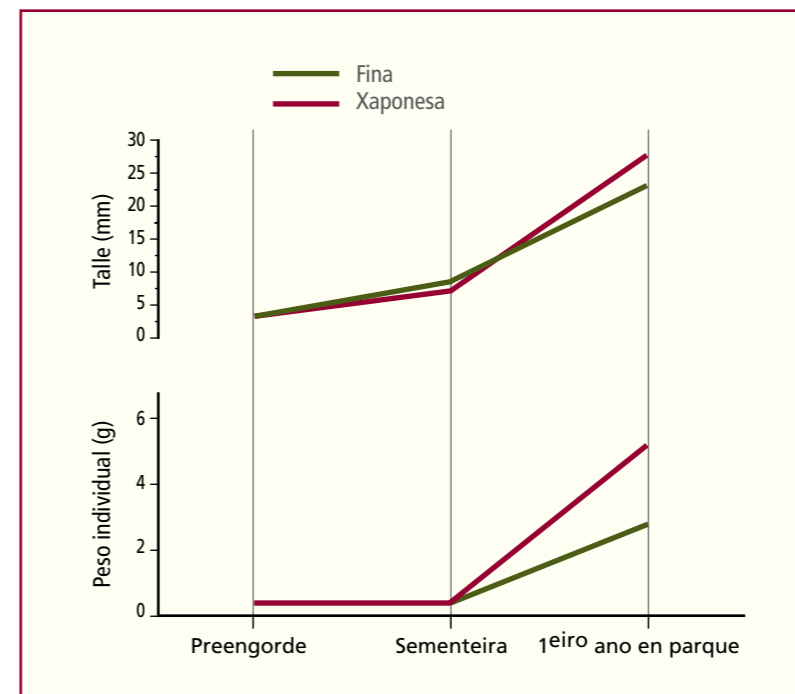
Fig. 1 e 2. - Distribución de talles (mm) de ameixa fina (*Tapes decussatus*) e xaponesa (*Ruditapes philippinarum*) dende o preengorde en sementeiro multitrófico ata o primeiro ano no parque de cultivo.



CONCLUSIÓNS

- Mentres que durante o proceso de preengorde multitrófico non hai diferenzas significativas no crecemento entre as ameixas fina e xaponesa (experiencia en Punta Moreiras), ao final do primeiro ano no parque apréciase unha diferenza entre ambas as dúas especies, crecendo en maior medida a ameixa xaponesa.

- Podemos pensar, nun futuro, en optimizar un sistema de cultivo de semente de bivalvos, tanto de ameixa fina como de xaponesa, cun preengorde de tipo multitrófico en instalacións en terra. O comportamento dos individuos obtidos deste xeito, dende o momento da súa sementeira no parque intermareal e durante o engorde, non difiren dun cultivo de semente de ameixas provenientes dun sementeiro tradicional (Santamaría *et al.*, 2009).



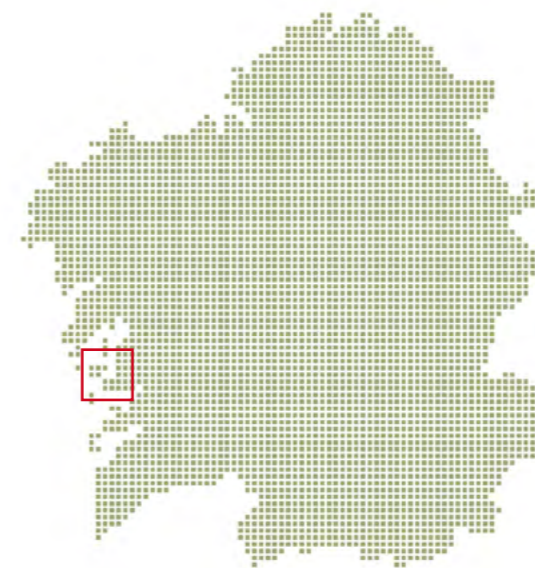
Fotos: Arquivo dos autores



Fig. 3. - Evolución de talle e peso individual durante o período de estudo das dúas especies.



Incorporación de cultivos de *Saccharina latissima* e de invertebrados suspensivos e filtradores a unha planta de produción de rodaballo e linguado en recirculación de auga en Cambados (Pontevedra)

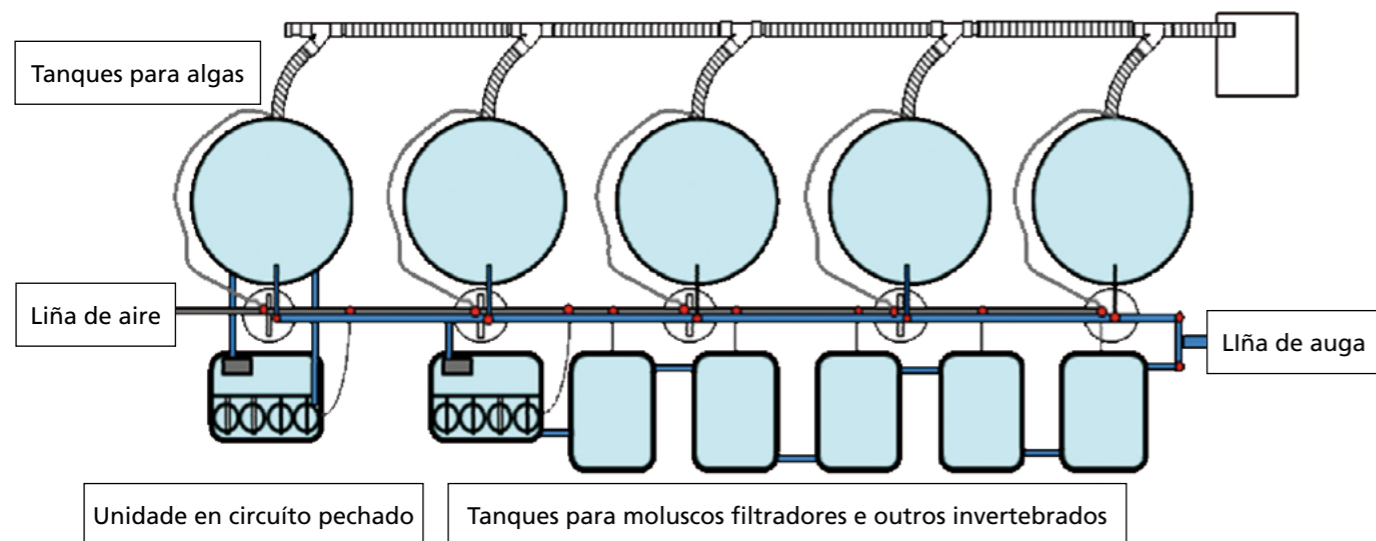


Aquacria Arousa ten as súas instalacións en Bico da Ran, Cambados (Pontevedra).
Imaxes de Google Maps e ortofotos do visor SixPac do Ministerio de Agricultura, Alimentación e Medio Ambiente.



O principal cometido industrial da piscifactoría Aquacria Arousa S.L. é o engorde de peixes planos. Produce rodaballo (*Scophthalmus maximus*), e actualmente tamén cría linguado (*Solea senegalensis*). Trátase dunha das primeiras granxas mari-

ñas en adoptar o sistema de circuíto pechado de auga. A súa capacidade de produción é de 500 toneladas ao ano e dispón dunha superficie útil de cultivo de 10.500 m². Está prevista unha ampliación para alcanzar as 1.500 toneladas anuais de peixes planos.



Deseño xeral da instalación utilizada para realizar as experiencias AMTI na planta de cultivo de peixes de Aquacría Arousa (Cambados, Pontevedra).

O efluente da piscifactoría atravesará un complexo sistema de depuración de filtros mecánicos e biolóxicos e, finalmente, é sometido a un tratamento bacteriolóxico que permite que a flora bacteriana asociada ao cultivo estea controlada. O sistema regula automaticamente distintos parámetros, como o pH e a temperatura da auga. Diariamente renóvase un volume determinado da auga, que oscila entre o 5 e o 10%. Así mesmo, tamén son analizados periodicamente todos os parámetros fisicoquímicos que afectan a calidade da auga.

A empresa chegou para a realización da experiencia de AMTI, e sen contraprestación económica, unha superficie de 120 m², con toma de electricidade e saída de auga filtrada da mesma calidade que a existente na instalación, para ser utilizada nun circuito de algas. Ademais, dispúxose doutro caudal de auga, non filtrada e procedente do efluente, para as experiencias con organismos filtradores e sedimentívoros.

Alguns dos principais obxectivos deste traballo foron obter datos para valorar os incrementos na produtividade destes cultivos asociados á produción de peixes, co uso de augas enriquecidas en nutrientes. Tamén permitiu controlar a capacidade de mellora da calidade da auga do efluente pola retirada de CO₂ e nutrientes, tanto sólidos como disoltos. Hai que sinalar que as especies de algas alimentarias, os invertebrados sedimentívoros –anémonas e anélidos poliquetos– seleccionados, ademais do seu alto nivel de operatividade nestes sistemas, teñen un alto potencial económico.

EXPERIENCIAS PREVIAS

O primeiro paso desta experiencia consistiu en estudar nas instalacións do CIMA, mediante circuitos experimentais, o cultivo en suspensión de algas alimentarias, en particular *Saccharina latissima* (kombu de azucre) e *Ulva* spp. (leituga de mar). Tamén se traballou no laboratorio no desenvolvemento de métodos



Tanques onde se realizaron as experiencias no Centro de Investigacións Mariñas da Xunta de Galicia (CIMA-Corón, Pontevedra) e detalle do sistema utilizado.

e técnicas de cultivo de moluscos filtradores e invertebrados suspensívoros, en particular o cnidario *Anemonia viridis* (anémona) e os anélidos poliquetos *Arenicola marina* (arenícola), *Alitta virens* (miñoa) e *Nereis aibuhitensis* (co-reano). Unha selección que se realizou co criterio de que se tratase de especies integrables, tras un axeitado escalado, nas instalacións da piscifactoría.

CULTIVOS DE MACROALGAS ALIMENTARIAS

Nunha primeira fase utilizáronse plantas xuvenís de *Saccharina latissima* duns 10-20 cm, obtidas do banco de xermoplasma da plan-

ta de cultivo de algas “El Bocal” do IEO de Santander. Neste momento utilízanse plantas de *Ulva rotundata*, cultivadas tamén nas devanditas instalacións. Ambas as dúas especies teñen unha alta taxa de crecemento e asimilación de nitróxeno disolto e son de uso crecente nas industrias de alimentación humana e animal.

Nestas experiencias utilizáronse tanques de polietileno de 2.000 litros en que o movemento das algas cultivadas en suspensión se realiza mediante inxección de aire polo lateral inferior do tanque. Como se dixo, a auga



Tanques de cultivo de macroalgas nas instalacións de Aquacría. Á esquerda, con *Saccharina latissima*. Á dereita, con *Ulva rotundata*.

Foto: Arquivo dos autores



utilizada pertence ao efluente dos peixes e é filtrada mecanicamente para eliminar as partículas superiores a 70 μm . As experiencias comezaron en febreiro de 2011 e continúan na actualidade.

Como o cultivo en suspensión de *Saccharina latissima* en efluentes de piscifactoría carece de antecedentes, os traballos realizados están dirixidos a coñecer, de forma preliminar, a influencia dos principais factores deste tipo de cultivo.

A primeira experiencia permitiu obter datos da capacidade das algas para consumir os nutrientes do medio, e así se puido establecer un réxime de renovación mínimo necesario para que o seu crecemento xere un valor óptimo de produción. Para iso analizouse a diminución da concentración de nitratos sen renovación de auga, a partir dunha densidade de 2 quilos por m^3 , e observouse que, tras 12 días de cultivo,

Tanques onde se realizaron as experiencias nas instalacións de Aquacría.

aínda quedaban na auga dos tanques máis dun terzo dos nitratos iniciais, que eran aproximadamente de 7 mg/l de N en forma de NO_3^- .

Isto revela que a taxa de renovación con auga tan enriquecida pode ser moi baixa e que, nese caso, sería necesario medir e controlar de forma automatizada os valores de pH nos momentos de máxima actividade fotosintética, para que non superen valores letais pola alta taxa de crecemento da especie.

A segunda experiencia realizada estaba orientada a coñecer a densidade óptima do cultivo que é aquela que, sen límite de nutrientes, permite obter o rendemento neto máis elevado. Para iso partiuse de densidades iniciais baixas nun réxime de alta renovación (medio tanque ao día), para estimar semanalmente o incremento de biomasa e detectar a que densidade o sistema entra en fase estacionaria. Ata agora chegamos a densidades de 4 kg/m^3 , unha cifra que seguramente será máis alta se realizamos a experiencia nun período estacional máis axeitado co cultivo da especie.

Hai que recoñecer que, lamentablemente, esta experiencia non se puido concluír co éxito esperado debido a que se comezou moi tarde e as condicións ambientais, en particular a temperatura nas dúas últimas semanas da experiencia (finais de abril), foron limitantes para o desenvolvemento de *Saccharina latissima*.

Destas experiencias conclúese, polo tanto, que o cultivo de *Saccharina latissima* en tanques ao aire libre, polo menos na localización en-

saiada, é viable dende outubro ata abril e que a súa máxima produtividade se obtén polo menos con densidades de 4 kg/m^3 . De maio en diante, este cultivo debe ser substituído nun sistema AMTI, polo dunha especie máis termófila e fotófila e, de feito, é o que estamos a facer agora cultivando *Ulva rotundata* con moi bos resultados.

CULTIVOS DE INVERTEBRADOS. ANÉMONAS

Anemonia viridis (ortiguilla de mar) é un cnidario da clase antozoos, que foi recentemente estudado nas costas de Galicia para coñecer a súa abundancia, reprodución e a sustentabilidade da explotación das súas poboacións naturais con vistas a regular a súa extracción comercial, orixinada polo seu crecente interese económico e os seus valores gastronómicos e nutricionais.

Neste caso comparouse o desenvolvemento da especie utilizando os dous tipos de augas dispoñibles na piscifactoría, a filtrada e a rica en partículas sólidas. Aos 45 días de cultivo, a poboación mantida na auga non filtrada experimentou un incremento do 50% da biomasa total. Ademais, incrementouse tamén o número de individuos por reprodución asexual (bipartición) dos exemplares máis grandes. Non obstante, a poboación de anémonas mantidas

Foto: Arquivo dos autores



Abaixo, á esquerda, exemplar de *Anemonia viridis* no momento da bipartición, ao lado, tanque onde se mantiveron as anémonas e detalle dalgúns exemplares.

na auga filtrada non aumentou en número e sufriu un descenso en peso do 33%.

Estes resultados demostran claramente o valor proteínico das feces dos peixes e dos restos de penso e floculados das bacterias presentes no efluente da piscifactoría, así como tamén o gran futuro que esta especie pode ter nos sistemas AMTI, sobre todo pola súa capacidade de reprodución asexual e valor económico.

Fotos: Arquivo dos autores



POLIQUETOS

Existe un gran mercado para poliquetos mariños utilizados como cebo para a pesca e como complemento alimentario no cultivo de crustáceos e peixes. Actualmente en Galicia comercialízanse varias especies alóctonas, procedentes de Asia, ou autóctonas recollidas no medio natural. As técnicas de cultivo destas especies están en España nunha fase aínda moi pioneira e, evidentemente, insuficiente para cubrir a demanda.

Tamén se puideron realizar algunhas experiencias de supervivencia fóra do medio acuático das especies estudadas, que teñen interese de cara a unha posible xestión da súa comercialización. Os traballos previos nos laboratorios do CIMA estiveron dirixidos a comparar, utilizando *Nereis aibuhitensis* (coreano), o valor alimenticio do lodo presente na auga do efluente dunha piscifactoría, con outras fontes de alimentación como penso de peixes, con e sen substrato, e lodo de praia.

Os resultados desta experiencia mostran que os mellores rendementos se obteñen utilizando como alimento unicamente o lodo menor de 1 mm procedente do efluente da piscifactoría e que está composto, principal-

mente, por restos de penso, feces e floculados bacterianos. Ao cabo dun mes obtense, con este tipo de alimentación, un crecemento medio total dun 12%, e unha supervivencia dun 100%. Non obstante, cunha mestura de area e o mesmo tipo de lodo, o crecemento foi nulo e rexistrouse unha mortalidade no mesmo período do 12,5%.

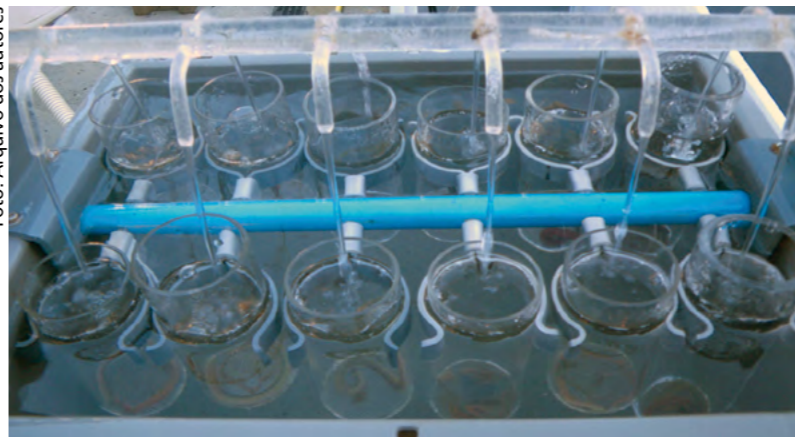
Outra experiencia análoga realizouse con *Arenicola marina* (arenícola), xa que a priori é unha boa candidata porque, a diferenza dos nereididos que son carnívoros, é unha especie sedimentívora e capaz de assimilar a materia orgánica dispoñible no substrato. Con ela obtivéronse moi bos resultados utilizando unha mestura de substratos composta dunha cuarta parte de lodo dunha piscifactoría e tres cuartas partes de area. Nestas condicións, aos 39 días obtívose un crecemento medio do 106%. Aínda que esta especie mostra un crecemento maior que o dos poliquetos carnívoros da familia Nereididae, ten como desvantaxe unha alta taxa de mortalidade. De maneira que, aínda que ten un enorme potencial para ser utilizada na depuración de lodos de piscifactorías, habería que investigar e experimentar máis para mellorar o seu índice de supervivencia.

De esquerda a dereita, exemplares de *Nereis aibuhitensis* (coreano), *Arenicola marina* (arenícola) e *Alitta virens*.



Fotos: Arquivo dos autores

Foto: Arquivo dos autores



Estes experimentos iniciais indican que as tres especies se poden alimentar co lodo sólido proveniente de piscifactorías. Como se sabe, as especies *Alitta virens* e *Nereis aibuhitensis* son carnívoras, o que indica que o lodo de piscifactoría contén un valor proteínico o suficientemente elevado para alimentar calquera tipo de poliqueto.

Vistos os bos resultados obtidos co lodo na experiencia previa, realizouse unha segunda experiencia, xa nas instalacións de Aquacría, para comprobar se a materia particulada residual procedente do efluente resulta suficiente para o desenvolvemento das dúas especies de poliquetos nereididos que mostraron mellores taxas de supervivencia: a autóctona *Alitta virens* e a alóctona *Nereis aibuhitensis*. Tamén se puideron comparar as taxas de crecemento e a mortalidade neste novo ambiente. No sistema ensaiado utilizáronse tambores con *air-lift*, incluídos en contedores alimentados coa auga do efluente, que conteñen un substrato de area lavada grossa e unha base de area fina, para permitir que os poliquetos se enterrasen. O deseño do sis-

Sistema experimental utilizado nas experiencias previas con poliquetos no CIMA.

Sistema experimental para poliquetos, utilizado en Aquacría, provisto de tambores con depósito de area, aireación e fluxo de auga.

Foto: Arquivo dos autores



tema permite que actúe como un filtro e que a materia particulada se acumule progresivamente na superficie.

Os datos preliminares desta experiencia indícanos que a especie autóctona *Alitta virens* presenta unha maior adaptación ao cultivo que a alóctona *Nereis aibuhitensis*, o que se manifesta por un maior crecemento e menor taxa de mortalidade.

CONCLUSIÓNS

Dados os resultados obtidos nos cultivos de algas en suspensión e con diversos invertebrados suspensívoros, e pola nosa experiencia previa con moluscos filtradores neste tipo de sistemas (ver a experiencia de Punta Moreiras), parece factible que nun futuro próximo se poida optimizar un sistema AMTI en terra, combinado con peixes/anémonas/poliquetos/moluscos/macroalgas, o que xerará unha diversificación da produción e tamén unha substancial mellora na xestión de lodos e da calidade do efluente vertido ao mar.



TESTEMUÑOS

Científicos e expertos achegan criterios, datos e resultados de experiencias no campo da acuicultura integrada sustentable

Os traballos de investigación sobre AMTI que se desenvolven en varios países están dirixidos a analizar o alcance e a eficiencia dunha alternativa para facer máis sustentable e produtiva a acuicultura. Sobre estes e outros aspectos opina un conxunto de expertos, formado por científicos, empresarios e xestores.

Nalgúns casos, as colaboracións achegan coñecementos comprobados sobre os procesos de integrar cultivos e, noutros, descríbense recursos para valorar e aproveitar os residuos da acuicultura. Tamén hai análises valorativas sobre a AMTI e autores que describen as dificultades obxectivas que haberá que superar para avanzar máis por este camiño. En calquera caso, trátase dunha achega de opinión e de datos dirixida a estimular a reflexión neste sentido na comunidade científica, nas administracións pesqueiras e na industria acuícola.

O equipo de investigadores que realizou as experiencias en Galicia de AMTI, no marco do Plan Jacumar, coincide en sinalar, nas súas colaboracións, a necesidade de que as administracións sigan apostando pola continuidade dos traballos e tamén por facilitar a comunicación e o intercambio de información nesta materia. Outro criterio común é que a AMTI é viable dende os puntos de vista ambiental, produtivo e económico para o sistema de cultivos mariños de Galicia.

A aposta de Galicia pola acuicultura. A Estratexia Galega da Acuicultura



Juan Carlos Maneiro Cadillo (1958), biólogo pola Universidade de Santiago de Compostela, foi profesor desa casa de estudos ata 1988. Entre 1991 e 2005 traballou no Instituto Tecnolóxico para o Control do Medio Mariño (INTECMAR), onde exerceu a súa dirección entre 1997 e 2005. Entre 2005 e 2009 e no sector privado traballou para a Asociación Valenciana de Empresas Acuícolas (AVEMPI), dirixiu unha industria de procesado de mexillón e, finalmente, a mediados de 2008 foi subdirector da Asociación Española de Cidades da Pesca (AECIPE). Dende 2009 ata xaneiro de 2012 desempeñou o cargo de director xeral de Competitividade e Innovación Tecnolóxica da Consellería do Medio Rural da Xunta de Galicia e, na actualidade, é Secretario Xeral do Mar da nova Consellería do Medio Rural e do Mar, exercendo as competencias que na planificación e xestión da acuicultura ten asignadas a Consellería.

A Estratexia Galega da Acuicultura (ESGA) constitúese como o instrumento de articulación e organización que rexerá a planificación e xestión da actividade da acuicultura en Galicia, de cara ao horizonte de 2030. O seu obxectivo fundamental é o relanzamento da acuicultura de forma que esta xere emprego e riqueza dunha forma equilibrada e co respecto e a integración ambiental. A súa base de impulso é a aposta unánime dos marcos decisorios e consultivos europeos pola acuicultura e, no marco autonómico galego, dará resposta á necesidade, marcada pola reforma da Política Pesqueira Común, de dispoñer dun plan estratéxico plurianual para a actividade acuícola antes de 2014.

Galicia conta cun ámbito mariño privilexiado onde o océano Atlántico e o mar Cantábrico foron xenerosos na súa entrega de benestar e riqueza e, por iso, os galegos vimos desenvolvendo unha loita intensa ao longo dos séculos, forxada en saber facer, no sacrificio e no esforzo de mariñeiros, pescadores e mariscadores.

Este traballo esténdese, nas últimas décadas, cara á incorporación de procesos produtivos ligados aos cultivos mariños, facendo que os vínculos económicos e sociais do conxunto marítimo-pesqueiro galego se reforcen, no marco xeral das nosas actividades produtivas ligadas ao mar.

Non obstante, aínda sendo constatable nos últimos anos un parón da acuicultura europea e española, que alcanza tamén a galega, as novas tendencias e apostas do marco comunitario (nova Política Común de Pesca, PCP), apuntan a priorizar o desenvolvemento dos cultivos

mariños para o cal, dende a Xunta de Galicia, se traballa en promover un relanzamento que a leve de novo ao dinamismo produtivo e innovador que a caracterizou.

Neste sentido, Galicia quere servir de exemplo para desenvolver unha ampla e aberta aposta pola acuicultura no seu territorio, para traballar na recuperación do impulso que sempre tivo o sector acuícola galego e que nos levou a situarnos na cabeza do avance desta actividade, no marco nacional e internacional, en labores como a mitilicultura, a piscicultura de peixes planos ou o cultivo de troita.

Galicia, ao abeiro das propostas formuladas no espazo da Unión Europea por diferentes ámbitos político-administrativos tales como a propia Comisión Europea, o Parlamento Europeo ou o Comité Económico e Social Europeo, elaborou un marco estratéxico destinado a planificar e relanzar a actividade da acuicultura cun horizonte temporal situado no ano

2030, vinculando a elaboración das diferentes medidas a un prazo non superior ao remate de 2014.

A panca sobre a que orbitará este impulso é a Estratexia Galega de Acuicultura (ESGA), que persegue, fundamentalmente, a consecución do equilibrio e a viabilidade da acuicultura en termos ambientais, sociais e económicos, a partir dun carácter integral e integrador capaz de avanzar en todos os campos ligados á actividade acuícola galega.

A este respecto, esta estratexia integrarase en coherencia coa planificación territorial implantada en Galicia polas Directrices de Ordenación do Territorio (DOT) e no espazo costeiro, en particular, desenvolverase en concordancia co establecido no Plan de Ordenación do Litoral (POL). Así mesmo, constitúese na ferramenta que concretará a aposta e apoio á acuicultura establecidas polo Consello da Xunta, mediante a aprobación da "Declaración da acuicultura como de interese público de primeira orde" para Galicia.

Dende unha perspectiva holística e integradora da acuicultura, a estratexia establece novos pasos para avanzar de forma cualitativa e cuantitativa no relativo aos marcos normativo e administrativo establecidos en anteriores plans de ordenación da acuicultura, tales como o Plan de parques de tecnoloxía alimentaria de 2005 ou o Plan galego de acuicultura de 2008.

As accións que cómpre desenvolver alcanzarán un ámbito integral, que vai dende a modificación e reforzo específico do marco normativo, con medidas como a elaboración e aprobación da Lei galega de acuicultura, Decreto de ordenación de parques de cultivo ou reforma da Lei de confrarías de pescadores de Galicia, pasando por abordar unha mellora da estrutura administrativa con competencias na acuicultura, con accións como a reorganización interna da antiga Consellería do Mar ou a creación dun Órgano Centralizado de Tramitación, aproveitando tamén as sinerxías de colaboración con outros órganos de consulta xa existentes como o Consello Galego de Pesca ou o Comité Científico Galego de Pesca. Á vez, crearanse outros como o Comité Técnico de Acuicultura ou o Observatorio de Comercialización da Acuicultura.

Así mesmo, a estratexia desenvolve a planificación integral do sector acuícola en todos os ámbitos físicos do territorio galego (espazo marítimo, marítimo-terrestre e terrestre-litoral e interior), promovendo a redacción do Plan director da acuicultura litoral, Plan de ordenación dos cultivos na zona marítima e Plan de ordenación dos cultivos na zona marítimo-terrestre.

Nunha aposta pola calidade, a estratexia considera a elaboración de diversas guías de boas prácticas en acuicultura e foméntase especificamente a investigación e a innovación, co establecemento de liñas estratéxicas de actua-

Sede do CIMA en Pedras de Corón, Vilanova de Arousa (Pontevedra).



ción e a creación de marcos de colaboración que permitan o aproveitamento dos recursos técnicos e humanos, dos que está dotada a importante infraestrutura que neste campo conta Galicia; de modo coincidente, seguiranse vías paralelas no marco formativo.

Por outro lado, á vista da importancia fundamental que a comercialización ten sobre a viabilidade da actividade da acuicultura, a estratexia incide directamente na adopción de medidas e accións que aseguren unha correcta venda dos produtos, de cara ao incremento da súa valoración e á coordinación da oferta e a demanda, con especial fincapé na coordinación cos procesos de comercialización e transformación dos produtos da actividade extractiva.

A estratexia tamén establece os necesarios mecanismos para definir as vías de promoción da acuicultura, ben sexa esta entendida como mellora da visión social da propia actividade ou ben da valoración comercial dos seus produtos.

No contexto da ESGA, a Acuicultura Multitrofica Integrada, AMTI, está chamada a desempeñar un papel fundamental no relanzamento da acuicultura galega e non só no ámbito físico mariño ou litoral senón tamén no interior, combinando a acuicultura litoral coas activida-

des agrícolas e/ou gandeiras, a partir da súa capacidade para achegar un modelo altamente sustentable de xestión.

Neste sentido, a AMTI debe necesariamente contribuír a dar solución a algunhas debilidades e algunhas ameazas da acuicultura galega detectadas pola ESGA e, fundamentalmente, debe contribuír á diversificación dalgúns dos actuais monocultivos característicos da acuicultura galega (cultivo do mexillón en batea), ao mantemento da estrutura social distributiva dalgúns modelos da acuicultura (mitilicultura e, en certo sentido, marisqueo) e a súa compatibilidade cos modelos de explotación industrial, ao mesmo tempo que minimiza os impactos ambientais, a competencia polo espazo e contribúe á mellora da percepción social desta actividade, entre outras.

En Galicia, a AMTI aínda carece do necesario marco regulatorio imprescindible para a súa implantación con plenas garantías. Dentro do contexto da ESGA e, máis concretamente a Lei galega de acuicultura, deberán prestar especial atención ao desenvolvemento do conxunto de regulacións administrativas que acheguen seguridade xurídica, viabilidade económica e sustentabilidade ambiental á AMTI.

juan.carlos.maneiro.cadillo@xunta.es

Apostar pola AMTI

Foto: Jorge García



O doutor en Bioloxía, **Salvador Guerrero Valero**, comezou a traballar en cultivos mariños en Galicia a principios dos anos 70. Inicialmente dedicouse á cría de ostra plana e de ameixas fina e babosa. En 1975 pasou a formar parte do equipo de científicos do Plan marisqueiro, un organismo pioneiro en investigación en Galicia. Entre as súas liñas de traballo figura a creación de criadeiros de moluscos. O conxunto de traballos sobre ostra plana son o asunto central da súa tese doutoral. Traballou con triploides de ameixa en Conwy, Reino Unido, con ostra americana na Universidade Rutgers, en Nova Jersey, e con mexillón en Taylor's Hatchery, tamén en Estados Unidos. Por encarga da FAO, seleccionou a localización, deseñou e puxo en marcha o primeiro criadeiro de ostra do mangle en Cuba. Actualmente segue traballando para o Centro de Investigacións Mariñas (CIMA), da Xunta de Galicia.

Algúns dos datos elaborados ata o momento das experiencias da acuicultura multitrófica integrada (AMTI), realizadas ata a data en Galicia apuntan a que os residuos particulados procedentes do penso e das feces de peixes melloran os índices de crecemento de bivalvos filtradores. Tamén hai resultados positivos co crecemento, capacidade filtradora e de asimilación do nitróxeno da macroalga “kombu de azucre”, en cultivo en *long-line* nas Rías de Muros, Ares e Betanzos. Por outro lado, as probas realizadas con poliquetos e anémonas, alimentados con lodos procedentes do efluente dunha piscifactoría de peixes planos, demostraron un bo nivel de supervivencia e contribúen a realizar cultivos paralelos aproveitando o devandito efluente, o que tamén produciría unha redución da eutrofización.

Todo parece indicar que nos próximos anos o conxunto de prácticas e sistemas da AMTI serán adoptados pola industria piscícola mundial. No caso de Galicia, onde existen miles de postos de traballo asociados aos cultivos de moluscos e peixes, débense considerar determinadas particularidades, como é a existencia de grandes espazos das rías ocupados por monocultivos, o que constitúe unha circunstancia que se debe ter en conta.

Aínda que o futuro para os cultivos mariños integrados que aquí se describe é en boa medida optimista, non se pode negar que existen grandes dificultades que superar e complexos problemas que resolver. A AMTI, en liñas

xerais, optimiza o rendemento das instalacións en terra e no propio medio mariño das granxas e propicia a diversificación dos cultivos. A presenza de eficientes biofiltradores, algas e moluscos, nas diferentes combinacións, garante unha importante redución do impacto ambiental destas actividades. A transferencia do coñecemento experimental á industria piscícola ten un bo nivel de desenvolvemento nos países onde se investigou en AMTI con método e constancia.

Na miña opinión, será necesario prolongar os traballos que en AMTI realizamos en Ga-

*É previsible que sexa necesario
revisar as regulacións
para o uso do medio mariño,
no sentido de favorecer
a diversificación da produción
e reducir o impacto ambiental*

licia. A maioría dos datos elaborados sinalan que é viable industrialmente facer acuicultura multitrofica integrada no sistema de cultivos mariños de Galicia. Con novas experiencias, engadirase consistencia ao coñecemento adquirido.

Por outra parte, para iniciar un proceso de AMTI nos cultivos mariños das costas peninsulares resultou moi positiva a colaboración formulada entre organismos de investigación da administración autonómica galega, a Uni-

versidade da Coruña, dalgunhas das empresas do sector e do Instituto Español de Oceanografía, o cal permitiu un bo desenvolvemento dos traballos.

Entre as suxestións que se poden facer sobre os próximos pasos que será necesario dar figura proporcionar continuidade aos traballos experimentais e traballar na difusión da AMTI, para dala a coñecer como unha sólida alternativa para facer unha acuicultura sustentable e, polo tanto, comprendida e aceptada polo conxunto da sociedade.

Para levar adiante ese proceso, os tres interlocutores principais son a administración pesqueira, os investigadores e o sector, que inclúe tanto a confrarías como a empresarios. Tamén é previsible que sexa necesario revisar as regulacións para o uso do medio mariño, no sentido de favorecer a diversificación da produción e reducir o impacto ambiental.

Por último, para que a industria acuícola asuma as achegas de racionalidade económica e de boa xestión do medio mariño que supón a AMTI, unha das condicións imprescindibles é que as administracións autonómicas, centrais e comunitarias sigan apostando por analizar a súa viabilidade e valorar con prácticas, cada vez máis estendidas, as vantaxes obxectivas de adoptar os seus protocolos, prácticas e sistemas.

Galicia, un bo lugar para facer AMTI

Foto: Jorge García



Javier Cremades Ugarte (Vitoria, 1959) é doutor en Farmacia e profesor titular da Universidade da Coruña na área de Botánica, así como promotor e coordinador pola devandita universidade do Máster e Doutoramento Interuniversitario Galego en Acuicultura. Dende 1992 dirixe o equipo que investiga algas bentónicas mariñas. En colaboración coa empresa Porto-Muíños desenvolveu proxectos de investigación encamiñados a sacar do anonimato as principais especies de algas comestibles do litoral de Galicia. Traballa tamén no desenvolvemento dos cultivos mariños dalgunhas destas especies. Foi director de catro teses doutorais e é autor de varios libros e monografías científicas, así como de máis dun centenar de traballos publicados en revistas científicas, tanto nacionais como internacionais, maiormente centrados en diversos aspectos das algas mariñas de Galicia.

Como acontece coa maioría dos descubrimentos científico-técnicos –tamén coa evolución do pensamento humano– temos tendencia a atribuírlos a un único personaxe, o descubridor, pero en realidade ese achado non é máis que a consecuencia do suficiente grao de madurez da sociedade no seu conxunto e ten moitos pais que contribuíron dunha ou outro xeito ao seu final establecemento; se non fose así, se fose a obra dun único home, sería comprendido e caería no esquecemento, como tantas veces aconteceu coas ideas ou descubrimentos dos adiantados á súa época.

Na miña opinión a Acuicultura Multitrófica Integrada (AMTI) non é unha utopía, está nese momento histórico, no momento en que xorden por todas as partes e de forma autónoma iniciativas e experiencias inspiradas nela. É un novo clamor en prol de conseguir unha acuicultura diversa, produtiva, sustentable e respectuosa co ambiente. É unha actividade que, como case sempre, os pobos orientais practican dende antigo, aínda que sexa de forma empírica e non totalmente plena, e coa que os pobos occidentais ultimamente nos obsesionamos, enredado en tecnificar, depurar e analizar en profundidade dende o plano científico-técnico e empresarial.

Xa está case todo inventado e a calquera se lle pode ocorrer que na acuicultura podemos facer o mesmo que na agricultura e gandaría, que podemos achegarnos ao concepto de devesa, unha explotación sustentable do

ecosistema que crea ocupación e riqueza, diversidade biolóxica e cultural e, mesmo, belas paisaxes. É case unha verdade de pé de banco. Pero, por que non o fixemos ata agora? Creo que a causa é dobre: unha, porque apenas somos conscientes dos “residuos” da acuicultura, que se dilúen no inmenso mar ou quedan ocultos baixo a súa superficie e, outra, porque nos falta interese e experiencia no cultivo e aproveitamento das macroalgas mariñas, os produtores primarios de necesaria existencia nun verdadeiro sistema multitrófico, os principais organismos capa-

A Acuicultura Multitrófica Integrada non é unha utopía, está nese momento histórico en que xorden por todas as partes e de forma autónoma iniciativas e experiencias inspiradas nela

ces de consumir, no seu desenvolvemento, eses mal chamados “residuos” e rexenerar o ambiente. Pero todo isto xa está a cambiar: estamos día a día máis preocupados pola xestión dos residuos e podemos encontrar en calquera supermercado algas galegas para o noso consumo, se é que sabemos preparalas, claro.

A acuicultura multitrófica debe polo tanto ir ligada ao desenvolvemento dos cultivos de algas mariñas e a súa posterior revalorización

económica, polo menos en sectores como os da alimentación humana e animal; ao igual que as vacas comen a herba dos prados, os porcos as landras da devesa e nós as verduras e hortalizas das nosas hortas. O cultivo de macroalgas non gasta terra, nin auga doce, só necesita da luz solar e deses “residuos” disoltos na auga que os animais e o home verten ao medio.

Como calquera nova iniciativa empresarial ao principio xera gastos, ten complicacións, falsas expectativas, erros de formulación, fallos de

A acuicultura multitrófica debe ir ligada ao desenvolvemento dos cultivos de algas mariñas e a súa posterior revalorización económica, polo menos en sectores como os da alimentación humana e animal

deseño, atrasos...; sempre haberá agoreiros, desconfiados e envexosos ao seu redor preparados a poñer a cambadela; pero se a idea é boa, como é o caso, por simple evolución, como consecuencia de saber aprender dos erros e non desfalecer, chegará o momento en que o camiño sexa xa costa abaixo e todos o queiran tomar. Así que teremos que seguir adiante, sexa como sexa.

As condicións oceanográficas, xeomorfolóxicas, climatolóxicas, biolóxicas e socioeco-

nómicas de Galicia son, sen lugar a dúbidas, as mellores do país para a expresión plena da acuicultura multitrófica integrada.

Por outra parte, temos unha grande experiencia en múltiples técnicas acuícolas e, ademais, somos pioneiros no desenvolvemento das técnicas de cultivo e explotación comercial de macroalgas alimentarias mariñas. Galicia é o mellor escenario para unha “tormenta de ideas” en acuicultura multitrófica, aínda que, non sen dificultades, se dan as condicións e hai os necesarios recursos biolóxicos, huma-

As condicións oceanográficas, xeomorfolóxicas, climatolóxicas, biolóxicas e socioeconómicas de Galicia son as mellores do país para a expresión plena da Acuicultura Multitrófica Integrada

nos e técnicos para montar case calquera tipo de ensaio. Para comprobalo, non hai máis que ollar con atención este libro.

Por todo iso, podemos ser os líderes no desenvolvemento e establecemento de sistemas de acuicultura multitrófica que, xa é un segredo a voces, son o futuro da acuicultura como unha actividade rendible, diversa e respectuosa co medio.

Agricultura e acuicultura

Foto: Jorge García



Juan Manuel Salinas Morrondo obtivo a súa licenciatura en Ciencias Biológicas na Universidade de Navarra e traballa dende 1975 no Instituto Español de Oceanografía (IEO). Ademais, é experto en I+D e especialista en cultivo de algas. Inicialmente traballou na avaliación e control da explotación industrial de campos naturais de algas e no desenvolvemento de técnicas de cultivo de agarófitos. Dende 1994 é o responsable da Planta de Algas do IEO en El Bocal, Santander. Participou en proxectos de I+D tanto nacionais como internacionais e conta con patentes de invención e publicacións sobre cultivo e aplicacións das algas. O seu traballo estivo centrado nas macroalgas mariñas de interese económico, mediante o desenvolvemento de proxectos de índole industrial e institucional. Actualmente traballa en técnicas de cultivo, tanto *outdoor* como *indoor*, de algas utilizadas na alimentación.

Malia as definicións que os dicionarios técnicos fan da agricultura e a acuicultura, son sorprendentemente similares, e o seu desenvolvemento non puido ser máis dispar. O da agricultura permitiu ao home superar o Paleolítico e iniciar unha transformación paisaxística, ecolóxica, económica, tecnolóxica e sociopolítica que non cesou ata os nosos días. Pola contra, a acuicultura non terá, por múltiples razóns, a transcendencia social da agricultura.

Non obstante, de forma paralela á agricultura e dun modo marxinal, fóronse desenvolvendo técnicas dunha proto-acuicultura, fundamentada na captura e engorde, principalmente de peixes e en ambientes confinados, que permitiron unha diversificación das axudas alimenticias e o desenvolvemento dun incipiente nicho económico, pero sen abordar os fundamentos dun cultivo, tales como o coñecemento do ciclo vital, a selección de especies e outros.

Os estanques de cultivo de peixes desenvóléronse tanto en Extremo Oriente como en Europa Central, e alcanzaron un grande auxe a partir da Idade Media, pero non foi ata mediados do século XIX cando se iniciaron os

O asincronismo entre agricultura e acuicultura supuxo para esta última un atraso tecnolóxico de máis de 10.000 anos

primeiros traballos científicos encamiñados a controlar o ciclo vital e reprodutivo dalgúns peixes (principalmente salmónidos). Tamén de forma empírica se foron desenvolvendo técnicas sinxelas do que hoxe coñecemos como policultivos con especies compatibles, complementarias e aproveitables economicamente. Esta última circunstancia aproximounos de forma inconsciente aos cultivos AMTI (Acuicultura Multitrófica Integrada) aos que faremos referencia máis tarde.

Este asincronismo entre agricultura e acuicultura supuxo para esta última un atraso tecnolóxico de máis de 10.000 anos, tempo durante o cal o home aprendeu a seleccionar e cultivar unha gran cantidade de especies e a desenvolver as técnicas de produción e transformación máis diversas. Non obstante, neste período, o desenvolvemento dos fundamentos técnicos da acuicultura produciuse moi lentamente ao estar á marxe de calquera presión socioeconómica que o potenciase.

Pero o aumento no consumo de peixe e o paulatino esgotamento dos recursos pesqueiros provocaron unha demanda urxente de solucións, e neste contexto nacería a acuicultura co deber de solucionar, no menor tempo posible (apenas 50 anos), o que o home tardara varios milenios en resolver para a agricultura.

Quizás esta presión forzounos aos técnicos, ocasionalmente, a emprender unhas accións que non contaron coa suficiente reflexión previa. A simple transposición de conceptos da

agricultura á acuicultura puido provocar disfuncións no seu desenvolvemento, xa que é difícil asumir en toda a súa complexidade conceptos tales como o cultivo en volume fronte ao de superficie, a presenza de gradientes continuos, o medio como simple soporte ou como elemento vital, ou algo que é impensable na agricultura tradicional: que o medio de cultivo circule.

Mentalmente somos agricultores e gandeiros nun intento por reconverternos a acuicultores. Proba diso, e en contraste coa agricultura, é que gran parte do desenvolvemento da acuicultura dependerá da solución dos problemas que ela mesma xera. Así, durante os próximos anos teremos que ensaiar técnicas e protocolos que resolvan problemas tales como as verteduras das plantas de acuicultura, a calidade da auga en recirculación, o aforro enerxético, a optimización dos sistemas de produción, etcétera.

Neste contexto, os cultivos AMTI serán probablemente a achega máis orixinal da acuicultura ás tecnoloxías de produción de alimento. A utilización, nun ambiente confinado, de varios niveis tróficos para aproveitar

Non é difícil imaxinar nun futuro non afastado complexos de acuicultura deseñados e operando baixo o concepto multitrófico, nos que mesmo parte do alimento se producirá dentro do propio sistema

unha enerxía en forma de subprodutos da acuicultura intensiva de peixes, cun beneficio industrial e ambiental, é unha formulación orixinal, exclusiva e revolucionaria na produción terrestre; e, aínda que o seu concepto estivo sempre presente, non fomos capaces de abordar a súa aplicación científicamente ata finais do século XX.

Para os futuros técnicos en acuicultura será un deber asumir que os refugallos son unha fonte de enerxía que estamos obrigados a aproveitar, que nos permitirá obter beneficios adicionais e preservar o medio de cultivo e o natural. Unha vez asumido o concepto de cultivos AMTI haberá que investigar nos distintos modelos posibles, seleccionar as especies máis idóneas, estudar os balances de biomasa e produción entre os diferentes niveis tróficos, coñecer as sinerxías entre os distintos sistemas produtivos, etcétera.

Non é difícil imaxinar nun futuro non afastado complexos de acuicultura deseñados e operando baixo o concepto multitrófico, nos que mesmo parte do alimento se producirá dentro do propio sistema, e nos que non haberá impacto ambiental porque non se verterá nada estraño ao medio natural.

Non cabe dúbida de que a sociedade que máis avance neste orixinal concepto se situará nunha posición tecnolóxica dominante para o desenvolvemento da acuicultura do século XXI.

AMTI, un modelo sustentable de xestión



Sergio Devesa (1953) é doutor en Ciencias Biolóxicas pola Universidade de Santiago de Compostela e actualmente ocupa o cargo de director xeral da empresa Aquacría, unha piscifactoría situada en Cambados (Pontevedra), dedicada á cría de rodaballo e linguado. Dende comezos da década de 1980 tamén desenvolveu actividade docente universitaria e de nivel medio, relacionada coa investigación e a produción industrial de peixes planos, o que constitúe a súa principal liña de traballo. Participa regularmente como relator en seminarios e outras convocatorias relacionadas cos cultivos mariños e, en particular, coa piscicultura. A súa actividade profesional na industria acuícola desenvolveuse, dende 1980 ata na actualidade, como asesor externo, director técnico e, tamén, como director xeral dalgunhas das máis importantes empresas do sector presentes en Galicia.

Nos últimos 30 anos, que son aproximadamente os que ten en Galicia a cría industrial de peixes planos, a miña actividade profesional estivo orientada principalmente cara á innovación. A ese criterio e tamén á circunstancia de que as instalacións de Aquacría foron as primeiras nesta comunidade en traballar cun circuíto pechado de circulación de auga mariña para a produción de rodaballo e linguado, atribúo o interese do Centro de Investigacións Mariñas (CIMA) e da Universidade da Coruña (UDC), no sentido de que colabore co Plan nacional de cultivos mariños JACUMAR “Acuicultura integrada: experiencia piloto para o desenvolvemento de sistemas de cultivo multitróficos, 2008-2011”.

Noutras ocasións realicei traballos experimentais no CIMA e o primeiro deles estivo relacionado co cultivo industrial de rodaballo, unha actividade que constitúe dende a década de 1980 a miña principal liña de traballo.

A experiencia de AMTI que se realiza en Aquacría está dirixida a comprobar a viabilidade de diversificar a produción nunha planta piscícola de circuíto pechado e mellorar deste modo a calidade da auga.

Os primeiros contactos para formular este traballo foron con Salvador Guerrero, biólogo do CIMA, a quen coñezo dende hai máis de 20 anos, e tamén co profesor Javier Cremades, da UDC. Na etapa inicial deste traballo tamén participou Eladio Santaella, do Instituto Español de Oceanografía de Madrid.

Un dos principais atractivos para que Aquacría teña esta experiencia é a idea de utilizar macroalgas como biofiltro nas instalacións de circuíto pechado desta granxa. E como do que se trata é de mellorar a calidade da auga, á vez que obter un rendemento económico, a decisión conxunta foi que a especie máis idónea para ese fin era a *Saccharina latissima*, unha alga con valor alimenticio que se comercializa en Galicia.

A subministración desta especie realizouse dende a planta de macroalgas que dirixe o biólogo Juan Manuel Salinas no Instituto Español de Oceanografía de Santander.

Tamén se integraron a esta experiencia varias especies de moluscos filtradores. O espazo e a subministración de auga procedente do efluente da piscifactoría achegounos Aquacría. O cultivo de laminaria no efluente da piscifactoría, segundo os datos obtidos ata a data, demostrou ser viable.

REGULACIÓNS E FUTURO

Os sistemas de cultivos integrados, malia estenderse na industria da acuicultura de varios países, aínda carecen en Galicia do necesario conxunto de regulacións administrativas que demanda a súa aplicación. Nese aspecto hai un complexo traballo que facer, no que é conveniente que participen científicos, empresas e administracións, para que os seus contidos resulten asumibles por todos.

Con respecto a cal será a receptividade indus-

trial da AMTI, o meu comentario é que nas instalacións de Aquacría, con recirculación de auga, o potencial é grande, porque dispoñemos de espazo abondo para crear outros circuitos xa que, como se dixo, os que existen actualmente son experimentais.

Tamén quero sinalar que a combinación dos distintos niveis tróficos das especies ten, para os científicos que traballamos na industria, un gran poder de suxestión.

Finalmente, os datos dispoñibles indican que se produciron resultados positivos con algas, moluscos, anémonas e poliquetos, todas elas especies comerciais, nunha granxa de rodaballo en terra. O traballo que presentaron Guerrero, Cremades e Salinas, entre outros, na convocatoria MARCUBA, na edición 2009 e que tivo por sede A Habana, achega unha ampla información sobre esa experiencia.

O apoio que supón a participación do Ministerio de Medio Ambiente, Rural e Mariño, a través da Xunta Nacional Asesora de Cultivos Mariños (JACUMAR), da Xunta de Galicia, por medio do CIMA, da Universidade da Coruña e do Instituto Español de Oceanografía, ademais do das administracións e empresas que en todo o Estado español colaboran con este plan, garante resultados sólidos e seguramente aproveitables a medio e longo prazo pola piscicultura e os cultivos intensivos de moluscos bivalvos.

sergio.devesa@gmail.com

O Mar, fonte de inspiración e riqueza



Antonio Muíños (1962, Santa María de Vigo, Cambre, A Coruña), estudou na Facultade de Dereito de Santiago de Compostela e en 1982 fundou Fungi-cultura Muíños, dedicada ao cultivo, procesado e comercialización de cogomelos. Esa industria desenvolveu investigacións con universidades e centros tecnolóxicos.

En 1998 crea con Rosa María Mirás Antel, a súa esposa, Porto-Muíños, pioneira no cultivo de algas mariñas para a alimentación humana. Esa industria realiza un constante esforzo en I+D+i e a súa presenza é habitual en foros e feiras. En 2009 crea a Aula de Cociña Porto-Muíños.

Muíños recibiu o premio Fundación Biodiversidade de 2011, categoría de emprendedores. A empresa participa activamente na realización de estudos dirixidos a facer unha explotación sustentable dos recursos e á conservación da biodiversidade mariña.

Para a empresa Porto-Muíños o mar de Galicia é fonte de riqueza e inspiración e, por eses motivos, todos os que traballamos nesta industria lle temos respecto e afecto. Unha das principais premisas que orienta o noso desenvolvemento é ser respectuosos co medio que nos proporciona os produtos que elaboramos e distribuimos.

Como é coñecido, a nosa empresa fixo unha aposta decidida por desenvolver cultivos de macroalgas mariñas de interese alimentario. Nós non somos biólogos e pouco entendemos de niveis tróficos e outros conceptos aos que lles dan moita relevancia os científicos; pero si entendemos, se se utilizan palabras chas e exemplos cotiáns, que os cultivos de algas son como os de herba: viven do sol e do esterco con que fertilizamos e, dese xeito, faise un círculo de vida e non sobra nada. Todo se utiliza para xerar diversidade e riqueza.

A actividade empresarial de Porto-Muíños sempre estivo orientada a seguir a estratexia, xa clásica, das tres erres: reducir, reutilizar e reciclar. Nos nosos días non nos podemos permitir o luxo de tirar nada e menos contaminar o noso ámbito. Por iso desenvolvemos enxe-

A actividade empresarial de Porto-Muíños sempre estivo orientada a seguir a estratexia, xa clásica, das tres erres: reducir, reutilizar e reciclar

ñosos métodos de reutilización de cunchas de ourizo e tamén investigamos para poñer en valor e aproveitar recursos, ata o momento infrautilizados. Entre eles figuran algúns descartes da pesca, o control de pragas mariñas mediante a súa explotación comercial co desenvolvemento de novos produtos, a eficiencia enerxética dos sistemas produtivos e outros.

Por todos estes motivos, cando o noso amigo e asesor científico Javier Cremades, do laboratorio de algas mariñas da Universidade da Coruña, nos propuxo participar no desenvolvemento de sistemas de acuicultura multitrófica, unha parte dun proxecto JACUMAR, non dubidamos nin un segundo en prestar as nosas concesións administrativas para a realización dalgúnhas das experiencias. Ofrecemos todo o noso apoio, sobre todo cando Cremades nos transmitiu con claridade que nestes sistemas as macroalgas teñen unha función decisiva, para pechar o círculo do reciclado dos nutrientes.

A acuicultura multitrófica integrada parecéunos un concepto moi interesante e creativo que, sen dúbida, axudará á diversificación e sustentabilidade da acuicultura en Galicia e, polo tanto, a diminuír o impacto sobre o medio e os recursos, beneficios que redundarán en todos os que vivimos do mar e para o mar, unha fonte de riqueza que non debemos agredir, do mesmo xeito que nunca hai que matar a galiña dos ovos de ouro.

info@portomuinos.com

Experiencias con algas, ameixas e ourizos



Dorotea Martínez Patiño é investigadora e responsable da Planta de Cultivos Marinos do Centro de Investigacións Mariñas en Ribadeo (Lugo), da Consellería do Medio Rural e do Mar da Xunta de Galicia. Dende o ano 1979 está dedicada á acuicultura de moluscos. As liñas de traballo que se desenvolven no CIMA de Ribadeo están orientadas á produción de semente dun conxunto de especies mariñas de interese marisqueiro. Tamén se investiga en reprodución no medio natural, acondicionamento en criadeiro, indución á posta, cultivos larvarios e postlarvarios, cultivo de semente e alimentación nas diferentes fases do cultivo. As principais especies obxecto destes estudos son as ameixas fina, babosa, rubia e xaponesa, ademais de navallas e longueiróns (longueirón, longueirón vello e navalla), cadelucha, e, dende hai uns anos, o cultivo do ourizo (*Paracentrotus lividus*).

A miña experiencia no cultivo en criadeiro de moluscos bivalvos e de ourizo de mar fíxome coñecer directamente os aproveitamentos dos cultivos multitróficos e opinar sobre eles como un sistema interesante para o desenvolvemento da acuicultura.

Unha das maiores dificultades que se presentan nun criadeiro é a alimentación da semente a partir de que adquire un determinado tamaño, xa que o consumo en cantidade de microalgas se multiplica, o que implica un considerable aumento nas necesidades de espazo. A dispoñibilidade de tempo e da man de obra necesarias para realizar o mantemento da semente son outros dos factores que inciden nestes procesos. Isto limita a capacidade de produción dos criadeiros, polo que é de grande interese trasladar a semente, cun tamaño o máis pequeno posible, ao medio natural ou a outras instalacións de preengorde. Todo iso reduciría os custos de produción de semente para o cultivo.

Con esta finalidade e no marco das experiencias en Galicia do Plan Jacumar sobre cultivos multitrofos, realizáronse experiencias de preengorde de semente criada nas nosas instalacións, no efluente dunha granxa de rodaballo de circuito aberto, situada en Punta Moreiras. Algunhas das primeiras vantaxes que puiden observar deste sistema son dispoñer de grandes volumes de auga sen custo adicional por bombeo e, ademais, que é un caudal rico en materia orgánica que procede da propia actividade dos peixes e dos restos de pensos.

Comprobáronse os bos resultados obtidos con algunhas das especies de ameixas, concretamente con ameixa babosa e xaponesa.

Tamén dende hai uns anos estamos a cultivar ourizo de mar (*Paracentrotus lividus*). A alimentación dos xuvenís de ourizo é a base das macroalgas e durante os primeiros meses de vida empréganse macroalgas de textura tenra, o que presenta problemas de abastecemento, xa que as obtemos de arribazón e só estacionalmente.

Nos últimos anos, e grazas aos sistemas multitrofos, recorreremos a algas alimentadas con nutrientes que proceden do penso de peixes e criadas en sistema *long-line*, con especies subministradas por Javier Cremades (UDC). Concretamente, empregamos a especie *Saccharina latissima*, conservada en salgada e logo trasladada ás instalacións onde se manteñan os xuvenís de ourizo e que a consumían a medida que o necesitaban. O aproveitamento por parte dos ourizos foi alto, non desbotaron ningunha parte da alga e o crecemento foi notoriamente máis elevado que con outro tipo de alimentación.

Unha primeira impresión sería no sentido de que as prácticas e sistemas da acuicultura multitrofica integrada supoñen un aforro enerxético, económico e, consecuentemente, constitúen unha mellora na xestión ambiental dos cultivos mariños.

mptea@cimacoron.org

Foto: Javier Cremades



Sede do INTECMAR en Vilaxoán de Arousa (Pontevedra).



Dende o ano 2004 o **INTECMAR** é o organismo oficial da administración autonómica de Galicia que controla a calidade do medio mariño e a aplicación das regulacións técnicas e sanitarias dos produtos do mar. Para cumprir con tales labores, o INTECMAR está acreditado segundo a norma UNE-EN ISO/IEC 17025, "Requisitos xerais para a competencia dos laboratorios de ensaio e acreditación". Este organismo depende da Consellería do Medio Rural e do Mar e asumiu no momento da súa creación as competencias e funcións do Centro de Control de Calidade do Medio Mariño (CCMM), inaugurado en 1992.

A achega de INTECMAR

Uⁿha das principais competencias deste instituto tecnolóxico de ámbito autonómico é satisfacer as regulacións administrativas en materia de calidade de produción de moluscos e outros organismos mariños. Tamén ten atribuído contribuír a protexer e mellorar a calidade do medio mariño, para o que existe un protocolo no que figuran o seguimento, control e investigación da calidade ambiental das augas costeiras de Galicia, especialmente no que se refire ás condicións oceanográficas, fitoplancto, biotoxinas mariñas, contaminación química, microbioloxía e patoloxía.

A rede para o control das condicións oceanográficas conta con 42 estacións oceánicas distribuídas nas principais rías galegas e 16 estacións costeiras repartidas ao longo do litoral galego, nas que a frecuencia da mostraxe é semanal.

Esta rede permite coñecer as variables físico-químicas da auga (salinidade, temperatura, pH, osíxeno disolto, fluorescencia, trasmittancia, irradiancia, hidrocarburos aromáticos disoltos, nutrientes inorgánicos, nutrientes

orgánicos), ademais do fitoplancto e os pigmentos fotosintéticos.

De acordo cos resultados obtidos nas estacións oceánicas da rede de control de nutrientes inorgánicos do INTECMAR "as rías galegas pódense considerar como áreas non problemáticas respecto ao seu estado de eutrofización" (M.D. Doval). Esta clasificación coincide coa realizada para a ría de Pontevedra no último 'Informe nacional sobre o estado da eutrofización na área marítima Opar' en xuño 2007.

A achega de INTECMAR ao proxecto de JACUMAR sobre cultivos multitróficos foi proporcionar datos oceanográficos das rías de Arousa, Muros-Noia e Ares-Betanzos. Tamén realizou as análises de nutrientes inorgánicos, clorofila e fitoplancto das mostras de auga, procedentes das experiencias no mar e terra, deseñadas polo grupo de investigadores que en Galicia realizaron experiencias de cultivos mariños multitróficos. As investigadoras do INTECMAR responsables desta colaboración son María Dolores Doval González e Yolanda Pazos González.

mdoval@intecmar.org

Satisfacer a demanda de alimentos con estratexias sustentables de produción



Ignacio Arnal Atarés está vinculado co Instituto Español de Oceanografía (IEO), onde desempeña o posto de xefe da Área de Acuicultura, dende os anos setenta. A súa actividade desenvolveuse na investigación, no asesoramento a organismos privados e públicos, a xestión de programas internacionais e a docencia especializada. É licenciado en Ciencias Biolóxicas pola Universidade de Navarra (1970). Fixo investigación na dourada, robaliza e muxe, ademais de lagostino e camarón. En 1974 obtivo por oposición o título de oceanógrafo do IEO e en 1976 trasladouse á sede de Santander, onde investigou a produción e a explotación de bancos de ameixa fina na baía de Santander. Por último, foi membro do Comité Organizador ou do Comité Científico dos congresos nacionais de acuicultura celebrados en España.

O recente desenvolvemento da nosa especie na Terra leva consigo o incremento proporcional das necesidades de alimentos e, paralelamente, o desenvolvemento de maiores (e mellores) medios económicos e tecnolóxicos para asegurar a súa permanencia no planeta. Neste contexto non é de estrañar que a humanidade dirixa a súa mirada, cada vez con máis intensidade, cara aos mares e océanos, que supoñen case as tres cuartas partes da superficie do planeta. E ao dirixir a mirada aos recursos mariños, o primeiro que se observa é que a explotación pesqueira está a alcanzar xa os seus máximos sustentables. Mentres, a acuicultura medra vigorosamente en todo o planeta, se ben con diferenzas xeográficas notables.

No que se refire á acuicultura, os dominios oceánicos e mariños foron ata agora hostís para a especie humana, pero novos desenvolvementos tecnolóxicos van posibilitando o seu aproveitamento impulsados polas dúas forzas expansivas do desenvolvemento humano: a domesticación de especies para a súa produción e a colonización de novos medios (ou territorios) para levar a cabo estas producións.

Estes dous impulsos (domesticación e colonización) son tan antigos como a humanidade, pero a gran diferenza respecto á antigüidade é que hoxe ambos os dous se poden exercer cunha potencia descoñecida ata agora, e

a escala global, grazas ao desenvolvemento tecnolóxico. Esta potencia é o que debe esixir un aumento na responsabilidade do seu exercicio para garantir a súa sustentabilidade.

Aínda que as técnicas da acuicultura multitrófica integrada non son novas, e existen explotacións tradicionais e moi estendidas especialmente en Asia (como podería ser a piscicultura en arrozais), o desenvolvemento dos conceptos de sustentabilidade e a implantación do enfoque “ecosistémico” para as actividades acuícolas potencia a aplicación destes métodos integrados para novas explotacións acuícolas, co obxectivo de mellorar o uso de alimentos e nutrientes, reducir o impacto ambiental e posibilitar a obtención de maiores e socialmente mellor distribuídos beneficios.

É, pois, innegable que o aumento das áreas utilizadas para a produción acuícola, xunto co desenvolvemento de novas técnicas de produción, posibilitarían a ampliación da gama dos produtos acuícolas; non obstante, a globalización, ou mellor dito, a aparición dos mercados globais, orienta a produción cara a cultivos monoespecíficos dun reducido número de especies, e con sistemas de produción cada vez máis intensivos; iso leva consigo un aumento do custo ambiental (intrínseco a estes sistemas de produción), aínda cando hai que recoñecer que se realizan investimentos para reducir e mitigar o impacto ambiental.

É neste contexto ecolóxico onde máis se poñen en valor os méritos da acuicultura multitrófica integrada, pois aumenta a capacidade de carga das zonas de cultivo, tanto por unha diminución da emisión de efluentes por unidade de biomasa producida como polo feito de que unha boa parte destes efluentes son metabolizados por algunha das especies cultivadas (como por exemplo moluscos filtradores ou algas).

Ademais destas vantaxes ambientais, a acuicultura multitrófica integrada presenta tamén beneficios dende o punto de vista social, pois diversifica os riscos ao estar a producir varias especies nos distintos niveis tróficos, á vez que amplía os grupos sociais que se poden beneficiar da actividade. Non obstante, os maiores interrogantes que aínda presenta son de dous tipos: o acoplamento entre as distintas producións e a mellora dos seus beneficios económicos para atraer os investidores.

Sobre o acoplamento das distintas producións resulta imprescindible aumentar o co-

A acuicultura multitrófica integrada presenta tamén beneficios dende o punto de vista social, pois diversifica os riscos ao estar a producir varias especies en distintos niveis tróficos

ñecemento sobre os mecanismos das distintas poboacións cultivadas (internos e de interrelación), de forma que se dispoña dunha base sólida para a xestión do sistema, baseada nas interaccións entre as poboacións e na influencia das condicións ambientais sobre as dinámicas poboacionais (sen esquecer aspectos máis prácticos como a definición de métodos de seguimento e indicadores de situación).

Respecto aos beneficios económicos, estes deben ser calculados non exclusivamente en termos ‘contables’, senón dende unha óptica máis ampla na que a valoración económica dos aspectos sociais e económicos poidan ser valorados. Esta valoración podería especialmente ser considerada polos consumidores (preferencias de compra) e polos organismos reguladores, establecendo axudas económicas aos sistemas de acuicultura multitrófica integrada, para compensar os seus menores ‘custos’ ambientais e sociais que, non por non se apuntar nas contabilidades das empresas, deixan de existir.

Hoxe en día xa ninguén discute que a boa saúde do ecosistema no que se está integrado é a mellor base para o benestar e a calidade de vida. E isto, que o consideramos evidente para a nosa especie, éo tamén para calquera outra especie que forme parte do sistema.

Experiencia de cría de peixes/moluscos



Alejandro Guerra Díaz é doutor en Bioloxía pola Universidade de Santiago de Compostela. A súa actividade ao longo dos anos, tanto na empresa privada como na Administración pesqueira de Galicia, sempre estivo ligada á investigación e ao desenvolvemento dos cultivos de moluscos, en criadeiro e medio natural, de diversas especies, entre elas ostra plana, zamburiña, orella de mar, ameixa e outras. É autor de numerosas publicacións e participa na edición de literatura científica relacionada coa investigación en cultivos mariños. Dende o ano 2001 é director do Centro de Investigacións Mariñas (CIMA), da Consellería do Medio Rural e do Mar da Xunta de Galicia.

A Comunidade Autónoma de Galicia é a primeira produtora mundial de rodaballo cunhas 7.000 toneladas ao ano, o que supón un stock estable de 5.000 toneladas de biomasa de peixes en cultivo. As plantas de engorde de circuíto aberto situadas en terra demandan para o seu funcionamento de enormes volumes de auga de mar que, posteriormente, se devolven ao exterior. Estes efluentes conteñen, en suspensión ou disoltas, grandes cantidades de materia orgánica procedentes de restos de pensos. Unha parte desta materia orgánica particulada pode utilizarse como alimento de moluscos bivalvos.

Nestes últimos anos as administracións pesqueiras de Galicia e do Estado español, este último a través de JACUMAR, impulsaron proxectos e liñas de investigación dirixidas a obter un aproveitamento da materia orgánica procedente dos efluentes destas granxas, utilizando semente de moluscos bivalvos, principalmente ameixas e ostras procedentes de criadeiros. Estas especies actúan como filtros de “extracción orgánica” das partículas finas que arrastra o efluente. Tamén se buscaron outros usos para os residuos grosos que,

Para o desenvolvemento destes proxectos contouse coa colaboración imprescindible dalgunhas das empresas do sector piscícola

en forma de lodos, se depositan nos tanques de decantación das granxas, entre eles algúns de carácter forestal e agrícola.

O litoral galego sustenta unha forte actividade marisqueira baseada na colecta de moluscos bivalvos nas áreas intermareais e submareais. Os colectivos implicados nestas tarefas íntegro principalmente mulleres, que suman actualmente máis de 3.500, mentres que no marisqueo a flote traballan principalmente homes e fano dende unhas 3.000 pequenas embarcacións. A todo isto débese engadir os máis de 1.100 parques de cultivo de Carril, localizados no interior da Ría de Arousa, na provincia de Pontevedra.

Esta importante e tradicional actividade social e económica depende do cultivo de sementes de moluscos comerciais, principalmente de ameixa. A semente procede de recrutamentos das poboacións naturais ou ben se achega, en forma de sementeiras, con xuvenís procedentes de criadeiros e sementeiros. Unha das respostas posibles á elevada e crecente demanda de semente para o engorde e o cultivo que formula a actividade marisqueira. Son os traballos e ensaios realizados orientados a utilizar

O éxito destes cultivos integrados está en boa medida vinculado a que as prácticas operativas das piscifactorías se desenvolvan en sintonía co manexo e cultivo dos moluscos

os efluentes das granxas mariñas para establecer sistemas de preengorde de semente, sinxelos, eficientes e rendibles.

Para o desenvolvemento destes proxectos contouse coa colaboración imprescindible dalgunhas das empresas do sector piscícola, en particular de Insuiña, unha granxa pioneira no engorde de rodaballo, en cuxo efluente, adaptado para o efecto, se desenvolveron probas de preengorde de semente de diferentes especies de bivalvos comerciais, achegados pola empresa Remagro, que dispón dun criadeiro industrial de moluscos. A empresa de compostaxe Ecocelta desenvolveu as probas de uso do residuo orgánico groso, unha vez compactado e tratado axeitadamente.

O éxito destes cultivos integrados de peixes-moluscos, en canto ao engorde de moluscos, está en boa medida vinculado a que as prácticas operativas das piscifactorías se desenvolvan en sintonía co manexo e cultivo dos moluscos. En definitiva, a través destes procesos de xeración de coñecemento a escala semiindustrial, pódense crear sistemas para integrar dúas plantas de produción acuícola: peixes e moluscos. Con esta sinerxía promóvese a produción de biomasa de moluscos, ao tempo que se impulsan sistemas naturais de biorremediación ao reducir o contido en materia orgánica do efluente da granxa, o que mellora a calidade da auga.

Novas perspectivas de desenvolvemento en acuicultura



Fátima Linares Cuerpo, investigadora adscrita ao Centro de Investigacións Mariñas (CIMA), desenvolve o seu labor no campo da acuicultura dende o ano 1980, fundamentalmente no ámbito do cultivo de novas especies de peixes mariños. Dende hai varios anos o seu traballo centrouse basicamente no campo da nutrición nas diferentes fases do desenvolvemento de peixes en cultivo intensivo e tamén de polbo. Na actualidade é a responsable no CIMA de programas relacionados coa obtención de pensos específicos e sustentables para linguado e ollomol e do desenvolvemento de dietas para larvas de polbo. Foi directora xeral de Innovación e Desenvolvemento Pesqueiro da Consellería de Pesca e Asuntos Marítimos (agora Consellería do Medio Rural e do Mar), durante o período 2005-2009 e, como tal, participou no desenvolvemento inicial do proxecto de cultivos multitrofos.

O Plan nacional de cultivos multitrofos, promovido e financiado pola Xunta Asesora de Cultivos Mariños (Jacumar), xurdiu por iniciativa de Andalucía, que tamén é a encargada da súa coordinación. Nel participan centros de investigación e empresas desa comunidade autónoma e de Baleares, Murcia, Canarias, Cataluña e Galicia. Ten por finalidade principal avaliar a aplicación de sistemas de cultivos integrados multitrofos na acuicultura que se fai en España, co obxectivo de demostrar a súa viabilidade e eficiencia ambiental e económica.

A consideración de que este proxecto abre novas posibilidades para a acuicultura de Galicia orixinou que no ano 2007 se considerase de grande interese apoialo por medio da Consellería de Pesca e Asuntos Marítimos. Na actualidade, ese apoio ten continuidade a través da Consellería Medio do Rural e do Mar.

A posibilidade de facer compatibles especies filtradoras, asimiladores e produtores que actuarían como biofiltros non é unha idea nova. Recentemente no Congreso Europeo

Nas rías galegas coexisten máis de 600 especies de macroalgas e na actualidade unhas vinte comercialízanse, principalmente como produtos de alimentación humana

de Acuicultura celebrado en Porto en 2010, coñecéronse relatorios relacionados co desenvolvemento de modelos reais con diferentes especies e aplicables a distintos ecosistemas. Despois dun período extenso de investigación presentáronse resultados a escala piloto e espérase que no ano 2012 se adopten nalgúns países modelos de cultivos multitrofos a escala industrial.

Galicia presenta unhas excelentes condicións para o desenvolvemento da acuicultura polas súas características xeográficas, a das súas augas e tamén por posuír unha axeitada infraestrutura tecnolóxica para a investigación acuícola e para a formación da man de obra cualificada.

Aínda que nestes momentos a comunidade galega é unha das líderes mundiais en produción de mexillón e rodaballo, ten á súa vez grande importancia dende o punto de vista social e económico o cultivo de bivalvos na zona intermareal. Poden e deben desenvolverse cultivos de novas especies, así como potenciar as xa existentes. Dentro deste contexto, podemos considerar o cultivo de macroalgas como un cultivo emerxente que comeza a ter importancia en Galicia. Nas rías galegas coexisten máis de 600 especies de macroalgas e na actualidade unhas vinte comercialízanse, principalmente como produtos de alimentación humana. Trátase, polo tanto, dun desenvolvemento progresivo que pode xerar un incremento no

número de especies con valor comercial. Ademais, existe a posibilidade de engadir outros cultivos, entre eles anémonas ou poliquetos. Un dos obxectivos principais deste proxecto é estudar as posibilidades de cultivar novas especies de distintos niveis da cadea trófica.

UNHA ESTRATEXIA EUROPEA

A Comisión Europea define como obxectivos na “Comunicación sobre a estratexia para o desenvolvemento sustentable da acuicultura” os seguintes:

- Crear empregos seguros a longo prazo, especialmente nas zonas dependentes da pesca.
- Aumentar a taxa de crecemento da produción acuícola da UE.
- Resolver os conflitos derivados do espazo que actualmente entorpecen o desenvolvemento da acuicultura.
- Asegurar o cumprimento das normas ambientais.

Os criterios de sustentabilidade na acuicultura pasan inevitablemente por apoiar as liñas de investigación que xeren a diversificación dos cultivos e o uso de sistemas e prácticas respectuosos co medio, tales como a recirculación de auga que supoñen un aforro de enerxía. En suma, a adopción de sistemas máis eficaces dende o punto de vista enerxético, ambiental e económico.

A acuicultura integrada ten como obxectivo o aproveitamento integral dos recursos naturais e achega un novo enfoque dende o punto de vista ambiental, ao tratar de mitigar os posibles efectos dos procesos produtivos acuícolas e tamén no que se refire á capacidade de produción dos sistemas.

No ámbito da Comunidade Europea créronse distintas directivas referentes aos cultivos mariños e tamén aos residuos procedentes da acuicultura. Como exemplo desta lexislación, que se foi sucesivamente traspasando á do Estado español e tamén á da comunidade autónoma galega, hai unha na que se definen os conceptos de sustentabilidade e tratamento de residuos. É a Orde do 11 de maio de 2001 da Consellería de Medio Ambiente, pola que se regula o contido básico dos estudos de minimización da produción de residuos perigosos que deben presentar os produtores autorizados de residuos (DOG n.º 97, do 22 de maio de 2001).

Da presentación do proxecto, cunha clara colaboración entre investigadores, empresas e administracións e na que o labor de difusión de resultados ten un importante papel, resulta un modelo axeitado para conseguir unha correcta transferencia dos resultados ao sector produtivo e contribuír ao desenvolvemento da acuicultura en Galicia. Ademais, a colaboración de centros e empresas de diferentes comunidades autónomas contribúe a xuntar esforzos no desenvolvemento destes sistemas de acuicultura no Estado español.

flinares@cimacoron.org

Unha opción de futuro para a acuicultura



José Carlos Macías é asesor técnico en asuntos de pesca e acuicultura con máis de 15 anos de experiencia no sector. Comezou na empresa privada e posteriormente estivo a traballar máis dunha década para a Administración pesqueira en Andalucía, como técnico e xefe de departamento. Durante ese período desenvolveu importantes liñas de traballo en aspectos estratéxicos para a consolidación do sector acuícola, como a localización de zonas idóneas para a acuicultura integrada. Actualmente traballa como asesor-consultor para organismos nacionais e internacionais.

Os antecedentes deste proxecto remóntanse ao ano 2003, cando en España e en Europa se dan unha serie de circunstancias importantes para o desenvolvemento da acuicultura. Entre elas, o impresionante crecemento do sector en países como Grecia e Turquía, e ademais comézase a falar e con máis insistencia dos efectos ambientais asociados. Por outro lado, o acceso ao mercado de grandes cantidades de produtos comeza a representar un risco para o equilibrio económico das industrias de países con menos niveis de produción, como España, Francia e Italia.

Neste contexto ten lugar na cidade norueguesa de Trondheim a conferencia Aquaculture Europa 2003, “Máis alá do monocultivo” (“Beyond Monoculture”), na que expertos de todo o mundo presentan experiencias de cultivos multitróficos que se desenvolven en varios países.

Adequando o concepto á nosa posición e situación, a acuicultura integrada podería definirse, en termos xerais, como a combinación de diferentes cultivos mariños, empregando especies de varios grupos taxonómicos nun mesmo sistema físico ou instalación produtiva, co fin de mellorar o aproveitamento dos recursos do sistema e mellorar a calidade ambiental do medio.

Hai que ter en conta que os cultivos multitróficos xa existían, en certo modo, no medio natural nas instalacións dos esteiros no Sur de España, e que hai certo nivel de coñecemento

sobre este tipo de acuicultura. No ámbito institucional, comézase a xerar o proxecto que aproba JACUMAR no ano 2007.

Algunhas das consideracións previas ao deseño do proxecto foron:

- Tipo de acuicultura, sistemas e especies que se desenvolven nas comunidades autónomas do Estado español que participarían no proxecto.
- Dobre finalidade e obxectivos: mellorar a xestión ambiental das granxas onde se implantasen e, por outro lado, propiciar o reforzamento económico das empresas coa diversificación da súa produción.
- Horizonte espazo-temporal diverso: seis rexións con condicións de cultivo, especies e sistemas moi distintos, o que orixinaba que o proxecto tivese unha diversidade de experiencias moi importante. O período do programa fixouse en 3/4 anos para desenvolver máis dunha experiencia completa por grupo de traballo.
- De xeito preferente e onde fose posible,

Os cultivos de moluscos asociados a peixes, en instalacións en terra e no mar, son unha combinación viable industrialmente e con interese económico

realizaríanse experiencias cos tres niveis tróficos que supoñen os tres grupos taxonómicos de peixes, moluscos-crustáceos e macroalgas.

O obxectivo xeral era “avaliar a aplicación de sistemas de cultivos integrados multitróficos en acuicultura en España”.

Dende o punto de vista metodolóxico, o proxecto tivo unha primeira etapa onde se definiron as distintas experiencias que cómpre desenvolver en cada rexión. No caso de Andalucía, que ademais actuaba como Grupo Coordinador do plan, formulouse a realización de dous cultivos integrados nas instalacións en terra e outros dous en mar aberto.

Entre 2009 e 2010 desenvolvéronse as experiencias previstas, con ostión e lagostino asociados a cultivos de peixes en instalacións en terra. Tamén se traballou con ostión e mexillón, asociados a peixes en gaiolas e realizouse algunha pequena proba con macroalgas.

Aínda que os resultados finais se presentarán cando finalice o plan, en decembro de 2011, os resultados preliminares obtidos foron moi

A presenza de cultivos complementarios nunha instalación leva consigo unha liña de traballo adicional e específica, que debe ser analizada para facela viable empresarialmente

positivos e puxeron de manifesto a existencia de opcións reais á hora de diversificar e/ou complementar os cultivos principais nas instalacións de acuicultura.

OUTRAS REFLEXIÓNS

Os cultivos de moluscos asociados a peixes, tanto en instalacións en terra como en instalacións en mar, son unha combinación viable industrialmente e con interese económico.

As macroalgas asociadas a cultivos de peixes presentan un importante reto dende o punto de vista do aproveitamento de determinadas especies.

Indubidablemente, a presenza de cultivos complementarios nunha instalación leva consigo unha liña de traballo adicional e específica que debe ser analizada con detalle para facer viable empresarialmente a devandita opción. O desenvolvemento deste tipo de cultivos debe estar acompañado por un proceso participativo para elaborar regulacións relativas á modificación e ampliación de autorizacións de cultivos, controis sanitarios, uso das augas e outras.

Finalmente, os sistemas de cultivos mariños multitróficos constitúen unha grande oportunidade para alcanzar a sustentabilidade da acuicultura, porque diminúen a súa incidencia ambiental e posibilitan ás empresas dispoñer doutros produtos mediante a diversificación.

Un modelo de producción alimentaria



Mariña Fernández Lora é licenciada en Ciencias do Mar pola Universidade de Cádiz, onde posteriormente perfeccionou os seus estudos cun máster en Pesca e Acuicultura. Nos últimos oito anos traballa en materia acuícola nos sectores privado e público. Actualmente desenvolve a súa actividade na Axencia de Xestión Agraria e Pesqueira de Andalucía (AXAPA), da Consejería de Agricultura e Pesca da Xunta de Andalucía, entidade participante e coordinadora do Plan Nacional Jacumar de Acuicultura Multitrófica Integrada. De xeito complementario, participa en proxectos de cooperación en cultivos mariños, co apoio da súa formación na que figura ter cursado un máster en Cooperación ao Desenvolvemento e Xestión de Proxectos de Cooperación.

A acuicultura integrada ten múltiples definicións e entre elas ten particular interese o concepto que propón a FAO: un sistema acuícola que comparte recursos, auga, alimento, xestión e usos de infraestruturas comúns dentro da mesma actividade ou asociada a outras actividades como a agricultura, a agroindustria, a gandaría e outras. Esta definición enmarcaría a acuicultura integrada como unha modalidade de produción alimentaria que, analizando as súas características, foi e é utilizada en numerosas rexións do mundo por pequenos produtores e a pequena escala. A idoneidade desta práctica baséase na diversificación resultante de integrar cereais, vexetais, peixes, árbores, animais de granxa e outros, provéndoos dunha estabilidade na produción, eficiencia nos recursos usados e de conservación do medio.

É interesante reflexionar sobre estes modelos de produción alimentaria e como, paradoxalmente, se empregan en rexións con maiores limitacións de recursos (auga, solo, electricidade e outros) e medios (tecnolóxicos e económicos), e, non obstante, cun concepto comunitario responsable para a utilización dos recursos dispoñibles.

Aínda que as escalas son distintas neste sentido, e extrapolándoo á nosa realidade, o desenvolvemento e a sustentabilidade da acuicultura mariña pasan, entre outras cuestións, por revisar as prácticas anteriormente comentadas de eficiencia na utilización de recursos. É innegable que estamos a vivir un proceso de im-

portantes cambios políticos, sociais, económicos e que, de xeito consecuente, se producirán numerosas reformas; entre elas, seguramente, a modificación dos sistemas de produción de alimentos. Agora mesmo a acuicultura a mediana e grande escala, como sistema de produción de alimentos, ten unha oportunidade para adoptar as pautas que configurarán a tendencia dominante, en canto á calidade dos alimentos, eficiencia na utilización dos recursos, respecto ao medio e responsabilidade social.

A trazos xerais, esta tendencia coincide coas características principais dos cultivos multitróficos ou integrados que propoñen un crecemento sustentable da acuicultura mediante a utilización eficiente dos recursos naturais e a mellora da calidade das augas, coa incorporación de especies de diferentes niveis tróficos (peixes-moluscos-algas), que retiran compostos orgánicos e inorgánicos procedentes do cultivo principal. Tamén hai que lembrar que a AMTI fomenta a competitividade da produción acuícola, mediante a diversificación de especies, e mellora a imaxe do sector e da ac-

O desenvolvemento e a sustentabilidade da acuicultura mariña pasan, entre outras cuestións, por revisar as prácticas de eficiencia na utilización de recursos

tividade acuícola, polas connotacións de sustentabilidade ambiental que engloban o concepto de acuicultura integrada.

Por iso é o momento de traballar en catro aspectos para a dinamización e consolidación dos cultivos multitróficos:

1. O apoio normativo e legal da administración para que o desenvolvemento destas prácticas de produción acuícola sexan prácticas comúns.

2. A iniciativa por parte do sector empresarial motivado por experiencias de éxito xa existentes.
3. Un compromiso dos investigadores para orientar os seus estudos a investigacións aplicadas e transferibles á empresa acuícola.
4. O interese da sociedade en que se promovan sistemas de produción alimentarios responsables, dende o punto de vista social, económico e ambiental.

marina.fernandez.lora@juntadeandalucia.es

A innovación aplicada na produción: acuicultura integrada



María del Mar Agraso Martínez (Cádiz, 1980), é licenciada en Ciencias do Mar pola Universidade de Cádiz, onde complementou os seus estudos co máster Internacional de Pesca e Acuicultura. Traballou durante máis de oito anos nos sectores privado e público, en planificación e ordenación da acuicultura, en impulsar novas iniciativas privadas e en optimizar a xestión da produción en aspectos técnicos, económicos e ambientais. Actualmente traballa na Fundación Centro Tecnolóxico de Acuicultura de Andalucía, CTAQUA, (www.ctaqua.es), unha entidade entre cuxos labores figuran fomentar a innovación competitiva das empresas acuícolas e proporcionar respostas ás súas necesidades empresariais mediante o desenvolvemento da investigación aplicada aos distintos procesos produtivos.

Coa finalidade de sentar as bases para o futuro na acuicultura no ámbito da UE, a Comisión Europea publicou en 2009 o documento “Construír un futuro sustentable para a acuicultura: novo impulso á estratexia para o desenvolvemento sustentable da acuicultura europea” [COM(2009)]. Esta proposta comunitaria baséase nos eixes principais que deben orientar o desenvolvemento da acuicultura nos próximos anos: fomentar a competitividade, sentar as bases para un crecemento sustentable e mellorar a imaxe e goberno.

O desenvolvemento destes sistemas acuícolas dependerá dun proceso de planificación estratéxica, tanto produtiva como económica, que posibilite a consecución dos obxectivos empresariais

No referente a fomentar a competitividade e a diversificación, a Comisión propón o desenvolvemento do sector mediante a innovación. Para o crecemento sustentable e respectuoso co medio hai diferentes propostas, entre as que destaca elaborar novas estratexias para mellorar a compatibilidade entre a acuicultura e o medio e ofrecer aos cultivos mariños un ámbito limpo e con auga da mellor calidade, destinado a garantir a sanidade dos animais

acuáticos e tamén a seguridade e calidade dos produtos, especialmente no caso dos moluscos.

Neste sentido hai que lembrar que os intereses produtivos e os resultados económicos das empresas acuícolas dependen, en maior ou menor medida, da calidade dos ecosistemas en que se desenvolve a súa actividade. Por outra parte, as regulacións e normativas ambientais son cada vez máis esixentes, do mesmo xeito que o é a concienciación social por estes asuntos. A industria dos cultivos mariños incrementou, e de xeito notable nos últimos anos, a aplicación de medidas correctoras e protectoras dirixidas a minimizar, entre outros aspectos, o impacto que xera a actividade.

Estas circunstancias orixinaron a necesidade de traballar aínda máis para optimizar os procesos produtivos e en innovación aplicada. Neste sentido avanzaouse en tecnificar a subministración de alimento e mellorar a xestión do cultivo, como tamén na competitividade das empresas, centrada en aspectos produtivos e no desenvolvemento de novas actividades que resulten sustentables, que é precisamente onde encontra o seu marco a acuicultura multitrófica integrada. A AMTI defínese como unha tipoloxía acuícola na que se complementa o cultivo principal piscícola, con outras especies que usan as augas da instalación enriquecidas en nutrientes para a súa proliferación e crecemento.

O uso de sistemas de cultivos integrados mostra unha serie de vantaxes que son intrínsecas do propio proceso e do lugar no que se desenvolve, xa que permite, entre outros aspectos, rendibilizar e aproveitar ao máximo os espazos naturais para os cultivos que, como se sabe, están cada vez máis limitados e restrinxidos. Neste sentido hai que sinalar que as costas de España contan cunha destacada riqueza de biótopos acuáticos: marismas e salinas marítimas no Sur de España, rías en Galicia, zonas confinadas e zonas mariñas. Todos eses ámbitos resultan idóneos para o seu aproveitamento biotecnolóxico e para a produción de especies de interese comercial, entre eles moluscos, crustáceos, equinodermos e algas. Ademais, a AMTI presenta outras vantaxes: o desenvolvemento sustentable de actividades produtivas complementarias, integradas no sistema de cultivo principal e a redución da posible afección ambiental do medio, ademais de incrementar a rendibilidade da produción.

A xeito de conclusión, hai que mencionar que o desenvolvemento desta actividade innovadora permitirá ás empresas posicionar os seus produtos de xeito competitivo nas preferencias de segmentos de consumidores, entre os que se valoran aspectos como a calidade e diversidade, e tamén se considera positivo que fosen cultivados de xeito sustentable.

Finalmente, estas iniciativas no campo da AMTI, permitirán potenciar unha mellora da imaxe e aceptabilidade social da acuicultura atendendo a aspectos ambientais, culturais e económicos.

En calquera caso, o desenvolvemento destes sistemas acuícolas dependerá dun proceso de planificación estratéxica, tanto produtiva como económica, que posibilite a consecución dos obxectivos empresariais e, polo tanto, potencie as expectativas de futuro destas empresas.

mm.agraso@ctaqua.es

Algúns exemplos da acuicultura insustentable



John Bayes é director de Seasalter Shellfish dende 1970 e membro da Shellfish Association of United Kingdom. Está considerado como unha autoridade mundial en cultivos de bivalvos.

A súa empresa desenvolveu sistemas para criadeiras e sementeiros de bivalvos en Europa, América e Asia. A súa estratexia produtiva inclúe o sistema de tres dimensións (up-flow -system), que permite densidades moi elevadas de semente en espazos reducido

No criadeiro de ostra e ameixa que a empresa ten en Reculver (Reino Unido) todas as unidades de nais, algas e semente funcionan en circuíto aberto, e utilizan intercambiadores de calor entre a auga de saída e a de entrada, o que supón un aproveitamento de enerxía, reduce o espazo e simplifica as instalacións.

Gran parte da acuicultura de peixes que se fai no mundo occidental utiliza fariñas de peixe, procedentes de peixes pequenos, para elaborar pensos para outros peixes. Hai algún caso distinto: a cría de parrulos en Exipto, na que se utilizan as feces para favorecer o crecemento de fitoplancto. Dende o punto de vista enerxético, alimentar dentro do mesmo elo da cadea trófica peixes con peixes, supón unha perda da eficiencia biolóxica do 80%, derivada dos procesos metabólicos.

É evidente que a demanda de proteínas para a alimentación humana ten un ritmo crecente e que unha das principais fontes de subministración é a piscicultura. Na miña opinión, as únicas axudas aceptables para peixes de piscifactorías son as que proceden dos descartes de pesca, tamén denominadas “peixe lixo”, que en gran parte se desaproveitan, malia ser unha parte importante das capturas.

Os efectos da sobrepesca nos ecosistemas mariños son cada vez máis evidentes e inquietantes. No mar do norte, tras autorizar os pescadores daneses a capturar anguías e pequenos peixes da familia dos arenques, produciuse a práctica desaparición dos alimentos que consumían habitualmente as aves mariñas, coa conseguinte diminución das súas poboacións.

Outro exemplo: a sobrepesca é a orixe da proliferación de medusas e a súa concentración en diferentes localizacións dos mares do mundo. A devandita proliferación ten como consecuencia a colmatación das redes de pesca e

provocou en Xapón o naufraxio de pequenos barcos de pesca ou ben a perda das redes, para evitar o afundimento do barco (1). Outra negativa consecuencia é que as toxinas dos tentáculos das medusas envelenan o peixe, e fano inviable para o seu consumo humano. Tamén se comprobaron efectos negativos nas granxas de cultivos de peixes: recentemente a única piscifactoría de salmón de Irlanda do Norte perdeu toda a súa produción debido á proliferación de medusas, o que supuxo unha mortalidade de máis de 100.000 salmóns e con iso perdas de millóns de euros (2).

Á parte destes exemplos, que poden non ser importantes para quen non sexa consciente da importancia dos ecosistemas e a biodiversidade, existen tamén outros que supoñen enormes perdas económicas, en euros, para pescadores e acuicultores. É evidente que cando se elimina unha especie dun ecosistema, o seu lugar é ocupado por outras que poden orixinar novos problemas. En realidade, non é cuestión de estar de acordo ou non, hai evidencias demostradas en diversas publicacións científicas.

(1) **Un barco de 10 toneladas afundido polas medusas.** The Telegraph. 02 Nov 2009. By Julian Ryall in Tokyo. <http://www.telegraph.co.uk/earth/6483758/Japanese-fishing-trawler-sunk-by-giant-jellyfish.html>

(2) **A única granxa de salmón de Irlanda do Norte foi destruída por unha invasión de medusas.** 100.000 salmóns, valorados nun millón de libras, morreron. The Independent Nature. 22 November 2007. By Deric Henderson. <http://www.independent.co.uk/environment/nature/jellyfish-invasion-wipes-out-fish-farm-759008.html>

seasalter@globalnet.co.uk

O reto dunha acuicultura sustentable



Juan Luis Barja Pérez, é licenciado en Bioloxía pola Universidade de Santiago de Compostela (USC), e catedrático de Microbioloxía do Departamento de Microbioloxía e Parasitoloxía, CIBUS, da Facultade de Bioloxía e Instituto de Acuicultura da USC. Tamén ten un Máster en Bioloxía e Doutor en Microbioloxía por esa mesma Facultade. Investigou para o Department of Microbiology, University of Maryland, College Park, MD (USA), entre 1979 e 1980 e tamén no Department of Microbiology & Immunology, Medical School, Oregon University (USA), en 1981.

Acuicultura é unha actividade de crecente relevancia a nivel mundial, entre outras razóns, polo seu impacto favorable sobre o emprego e a xeración de riqueza nas comunidades litorais. Por outra parte, as pesqueiras comerciais están a sufrir un importante retroceso debido en parte á sobreexplotación. Mentres tanto a produción acuícola creceu espectacularmente ata acadar case o 50% da pesca mundial, segundo calcula a FAO.

Agora mesmo, o reto é a sustentabilidade desta acuicultura na que se inclúen peixes, molus-

A mestura (integración) de organismos de diferentes niveis tróficos remeda o funcionamento do ecosistema natural

cos, outros invertebrados e algas. A mellora de distintos aspectos (crecemento, reprodución, saúde, alimentación, xestión dos residuos e outros) da produción das especies cultivadas é un prerequisite para mellorar a eficiencia e asegurar esa sustentabilidade.

Nestes momentos, fronte ao clásico monocultivo (o mexillón nas rías galegas ou o salmón en Chile), que carrega o risco inherente de ser susceptible de problemas comerciais e de padecer patoloxías, comeza a abrirse paso o concepto de Acuicultura Multitrófica Integrada (en inglés, IMTA), que implica organizar nun-

ha zona determinada un policultivo no que se usan especies de moi distintas características:

1. Unhas necesitan ser alimentadas (peixes).
2. Outras medran utilizando a materia orgánica en suspensión, principalmente o plancto (é o caso dos moluscos bivalvos filtradores)
3. Outros utilizan materia inorgánica (é o caso das algas). Mesmo hai un cuarto nivel, os detritívoros (é o caso de moitos crustáceos), que utilizan os restos de todos os anteriores.

A mestura (integración) de organismos de diferentes niveis tróficos remeda o funcionamento do ecosistema natural, asume que todos cumpren a súa función na reciclaxe da materia orgánica e contribúe a un aspecto importante da acuicultura futura, que sería o de incrementar a diversificación de cultivos.

Outros aspectos a ter en conta a favor do IMTA son os sanitarios. A experiencia pasada, indícanos que os patóxenos de peixes non adoitan ser patóxenos de moluscos ou outros invertebrados e viceversa.

Coa mellora das características dos pensos, a xeneralización do uso de vacinas que permitiu a drástica redución do uso de antibióticos e antiparasitarios e o establecemento de controis sanitarios rigorosos, produciuse un salto cualitativo cara a esas necesarias fórmulas de sustentabilidade e rendibilidade da industria da acuicultura.

juanluis.barja@usc.es



Ingrid Lupatsch é diplomada en Bioloxía Pesqueira polo Instituto de Ciencias Mariñas Christian Albrechts University, de Kiel, Alemaña, e doutora polo Instituto de Nutrición Animal, Universidade de Bonn, Alemaña. Durante máis de vinte anos traballou no Centro Nacional de Cultivos Mariños de Eliat, Israel, e participa, dende 2007, no grupo de investigación do Centro de Investigación para a Acuicultura Sustentable, Swansea University, Reino Unido. As súas liñas de investigación son sobre aspectos básicos e aplicados da nutrición de animais acuáticos, dunha variedade de especies, como peixes teleósteos, crustáceos e invertebrados, con énfase en bioenerxética, dixestibilidade, cuantificación de enerxía e necesidades proteicas, formulación alimentaria e avaliación de ingredientes; todo iso para a mellorar os sistemas alimentarios e para xestionar con éxito os residuos xerados por piscifactorías en gaiolas e en terra firme.

Avaliación do potencial de biorremediadores para utilizar residuos procedentes de cultivos intensivos de acuicultura utilizando un modelo de balance de masas

Nestes momentos hai un grande interese en aplicar os principios da AMTI aos cultivos intensivos de peixes e moluscos existentes, capturando nutrientes residuais con organismos de niveis baixos na cadea trófica. Con iso redúcese o impacto ambiental e, ademais, prodúcense especies de valor adicionais. Son varios os estudos que suxiren o uso de invertebrados ou peixes demersais para axudar na rehabilitación de sedimentos.

O concepto principal dos sistemas integrados é converter os residuos sólidos e solubles da especie de cultivo principal (peixes ou crustáceos) en produtos con valor adicional, o que, consecuentemente, reduce o impacto ambiental e mellora a sustentabilidade do cultivo. Nestes sistemas as especies son cultivadas de forma separada e permite a intensificación e optimización da produción, ademais dun mellor control do fluxo e absorción dos nutrientes.

Non obstante, para incrementar a rendibilidade da produción é necesario predicir as cantidades de nutrientes transferidos entre os diversos organismos. É dicir, a absorción, eficiencia de retención e deposición da nova biomasa. Isto pódese facer cun enfoque nutricional, porque nos permite cuantificar a ener-

xía e nutrientes necesarios para cada especie e tamén predicir as eficiencias de retención e a saída de nutrientes sólidos e disoltos. Utilizando alimentos coñecidos, como o carbón, o nitróxeno e o fósforo, a cantidade total de nutrientes necesaria pode ser establecida utilizando o seguinte balance de masas:

$$\begin{aligned} & \text{alimento total de entrada} \\ & = \text{retención (crecemento)} \\ & + \text{feces (residuo sólido)} \\ & + \text{excreción (residuos disoltos)} \end{aligned}$$

Cada parte desta ecuación é medida cuantitativamente, coa excepción dos residuos disoltos, que son calculados no modelo como a diferenza.

Este método púxose a proba nun experimento con muxes, *Mugil cephalus*, como biorremediador para reducir o impacto bentónico das gaiolas de dourada no Mar Vermello. O estudo mostrou que os muxes, mantidos nas instalacións baixo as gaiolas de douradas, eliminaron de forma efectiva 4,2 g de carbón orgánico, 0,70 g de nitróxeno e 7.5 mg de fósforo por cada quilo de muxes por m² e día do sedimento organicamente enriquecido. Polo tanto, o desenvolvemento de muxes pode ser un medio eficiente para mellorar a calidade dos sedimentos baixo as gaiolas de

cultivo intensivo doutros peixes e, dado que o muxes ten un valor comercial en moitos países, pode ser un produto de cultivo adicional (Lupatsch *et al.*, 2003).

Un enfoque similar foi empregado para rexenerar os residuos orgánicos producidos por unha piscifactoría de douradas (*Sparus aurata*) en terra, usando poliquetos mariños. Os vermes poliquetos aliméntanse de detritos e cultívanse comercialmente. Úsanse como cebo en pesca deportiva e, recentemente, como ingrediente en alimentos para peixes e crustáceos. Estes poliquetos, incluído *Alitta virens*, poden consumir detritos e materia orgánica en descomposición e, polo tanto, poden servir como biorremediadores.

Nun estudo realizado para avaliar a eficiencia de produción de *Alitta virens*, comparáronse individuos alimentados soamente con residuos orgánicos, recollidos dun tanque de peixes, con individuos alimentados con pellets de penso.

Os resultados mostraron que para producir un quilo de *Alitta virens* con residuos unicamente son necesarios un total de 22,6 Mj de enerxía bruta (=502 g de carbón), e 387 g de proteína crua (62 g de nitróxeno), en comparación con só 12,4 Mj de enerxía bruta e

286 g de proteína crúa, cando se cultivaron só con penso.

Para poñer isto na perspectiva dun sistema AMTI, o cultivo de robaliza (*Dicentrarchus labrax*) podería ser utilizado como exemplo. Asumindo que 1,4 toneladas de penso son necesarias para producir unha tonelada de robaliza, o residuo sólido producido estímase en 74 quilos de carbón e 8 quilos de nitróxeno. Baseándose nas estimacións anteriores podemos concluír que se poderían producir ata 129 quilos de *Alitta virens*, como un valioso coproduto, alimentándoo con partículas residuais orixinadas da produción dunha tonelada de robaliza.

Resumindo, un proceso de tratamento deste tipo crea un incentivo para o piscicultor que podería obter ingresos adicionais da captura de nutrientes polos coprodutos cultivados e, ao mesmo tempo, reducir a emisión de nutrientes ao medio.

REFERENCIAS

Lupatsch I., T. Katz and D.L. Angel (2003). Assessment of the removal efficiency of fish farm effluents by grey mullets: A nutritional approach. *Aquacult. Res.*, 34: 1367–1377.

A acuicultura, unha resposta ao desequilibrio dietético nas sociedades occidentais



Clive Askew cultivou os primeiros lotes de *Crassostrea gigas* en Gran Bretaña, nos anos 70 e tamén analizou a viabilidade económica do cultivo de ostra con semente producida en criadeiras. Traballou neste campo no Reino Unido e España e, posteriormente, creou a consultoría, Marine Culture Technology. Dende 1991 e ata 2008 foi subdirector da Shellfish Association of Great Britain (SAGB), e tamén membro fundador da European Mollusc Producers Association (AEPM-EMPA). Outra das súas liñas de traballo desenvolveuna no campo dos omega-3. Na actualidade continúa asesorando en acuicultura e tamén traballa, como consultor de pesca, para a Fishmongers' Company de Londres.

Nos países onde se consume unha alta proporción de alimentos mariños, como é o caso de Xapón, as súas poboacións son menos vulnerables que en Occidente ás enfermidades cardiovasculares. Este feito asóciase, en particular, coa presenza na dieta de ácidos graxos poliinsaturados de cadea longa omega-3 (LC-PUFA -Ω3 ou, máis habitualmente, PUFA), principalmente EPA (ácido icosapentaenoico) e DHA (ácido docosahexaenoico). Para a obtención destes elementos, a única fonte posible son alimentos mariños.

Un desequilibrio na dieta occidental moderna é a presenza de niveis altos de ácidos graxos omega-6 de cadea curta. Os devanditos ácidos diminúen a capacidade para sintetizar os omega-3, considerados, como se dixo, protectores cardiovasculares. Esta ausencia de ácidos graxos de cadea longa, fundamentalmente EPA e DHA, é un déficit da dieta dun amplo sector da poboación mundial, na que os alimentos mariños representan só un pequeno compoñente e, en moitos casos, está completamente ausente. Neste sentido, hai que lembrar que William Lands (1) demostrou unha clara asociación entre o risco de enfermidades cardiovasculares e o exceso de omega-6 na dieta.

Eric Brunner *et al.* en 2008 (2) sinalaron que a crecente necesidade de alimentos mariños para manter os requirimentos da saúde humana non é compatible coa preservación do

ecosistema mariño, debido á presión da pesca. Do mesmo modo, afirman que a publicidade sobre o consumo de alimentos mariños continúa sendo deficitaria. Recentemente a Autoridade Europea de Seguridade Alimentaria e Nutrición, EFSA, recoñeceu que a presenza de EPA/DHA é esencial para manter as funcións cardíacas, os niveis de triglicéridos e a tensión arterial en rangos normais.

Dado o estado actual das pesqueiras a nivel global, a única solución práctica a este déficit de ácidos graxos poliinsaturados mariños é incrementar a escala da acuicultura de forma masiva. Os ditos omega-3 mariños proveñen das algas, tanto do fitoplancto como das bentónicas. Filtradores e gasterópodos que se alimentan con elas son, polo tanto, un sistema moi directo e sustentable para facer que os devanditos ácidos estean dispoñibles na alimentación humana. Para que a piscicultura continúe a súa expansión é necesaria unha maior confianza no cultivo de micro e macroalgas, como futura fonte de omega-3, para incorporar aos pensos de peixe. Isto foi posto de manifesto por Arnould Muller-Feuga en *Microalgal Culture* (Blackwell Publishing 2004), onde se admitiu unha demanda mundial de 10-15 millóns de toneladas de PUFA para 2020. Gran parte destes poderían ser producidos utilizando algas en fermentación heterotrófica, ademais de cultivo fotosintético. A acuicultura xoga un papel significativo na provisión dunha dieta saudable.

O desenvolvemento de políticas responsables de pesca (por exemplo, Marine Stewardship Council- MSC), de acuicultura (Aquaculture Stewardship Council-ASC) e da elaboración de fariñas de peixe (International Fishmeal and Fish Oil Association- IFFO Improvers Programme), teñen unha grande influencia no proceso de asegurar que tanto a pesca como a acuicultura se desenvolvan dun modo sustentable.

Malia as críticas científicas ao cultivo de especies de peixes carnívoros, a realidade é que a conversión é moi eficiente en comparación coa cría de, por exemplo, animais de sangue quente e que, nalgunha proporción, tamén son alimentados por peixe. Polo tanto, a acuicultura pon a disposición, non só proteínas, senón tamén grandes cantidades de omega-3, que doutro xeito serían inaccesibles para a alimentación humana.

Coa AMTI ábrese unha vía para poñer a disposición dos consumidores máis proteínas e

ácidos graxos omega-3. Neste sentido e recentemente Chopin *et al.*, 2010 (3) sinalaron que o mexillón, cuxo cultivo multitrófico estea garantido por unha certificación, ten unha maior aceptación e valor entre os consumidores de mercado de Estados Unidos e, ademais, presenta un compoñente maior de ácidos graxos de cadea longa, principalmente EPA e DHA.

REFERENCIAS

- (1) Lands, W 2008 A critique of paradoxes in current advice on dietary lipids. *Progress in Lipid Research* 47, 77-106.
- (2) Brunner E., Jones P., Friel S. and Bartley M., 2008 Fish, human health and marine ecosystem health: policies in collision. *International Journal of Epidemiology* 2009, 38;93-100.
- (3) Chopin T., Troell M., Reid G.K., Knowler D., Robinson S.M.C., Neori A., Buschmann A.H., Pang S.J. and Fang J. 2010 Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) – a responsible practice providing diversified seafood products while rendering biomitigative services through its extractive components. Abstracts. *Aquaculture Europe* 2010. Porto, Portugal.

clive@bellhammer.myzen.co.uk

A acuicultura multitrófica en encoros de rega



Mario Pedini graduouse na Facultade de Ciencias Biolóxicas da Universidade de Barcelona e traballou na FAO dende o ano 1973 ata a súa xubilación, en 2005. Foi asesor principal para o Desenvolvemento da Acuicultura na FAO e oficial de Pesca e Acuicultura no Programa cooperativo do banco mundial. Durante a súa etapa profesional na FAO traballou en proxectos de campo e na sede central de Roma. Encargouse da formulación e seguimento de proxectos de campo en todos os continentes e desempeñou cargos de secretario técnico en varias comisións de pesca e acuicultura, en especial as do Mediterráneo (CGPM) e América Latina (COPESCAL). Foi cofundador do newsletter de acuicultura da FAO e autor/editor de varias publicacións. Tras retirarse en 2005 colaborou como consultor nos proxectos do Banco Mundial na India e Madagascar.

O concepto de acuicultura multitrófica na que se mesturan especies que poidan aproveitar varios elos da cadea alimenticia non é nada novo e ten as súas orixes nos policultivos de carpas en China. Hoxe en día na maricultura investigase combinar cultivos intensivos de peixes con moluscos filtradores e algas que poidan reducir polo menos en parte o impacto ambiental dos cultivos intensivos de peixes e ao mesmo tempo obter un beneficio económico do uso dos residuos orgánicos e inorgánicos xerados. Nos policultivos extensivos ou semiintensivos tradicionais téndese a buscar combinacións de especies con hábitos alimenticios diferentes que optimicen a transformación en proteínas da enerxía natural e nutrientes dos estanques de cultivo.

Aínda que estas formas de policultivos de carpas en estanques eran tradicionais en China, e están ben descritas na literatura e en manuais e filminas da FAO da década 1970-80, a modernización do país levou a unha transformación cara a cultivos intensivos con uso adicional de alimentación artificial, auga e enerxía para a aireación de estanques que obteñen maior produción por unidade de superficie pero que tamén teñen un impacto ambiental maior e uns custos operativos de produción máis altos.

Dende inicios dos anos 80 en Bangladesh e os 90 na India houbo proxectos de policultivos extensivos para aumentar a produción nos corpos de auga das chairas de inundación

de ríos ou de encoros utilizados para rega na agricultura. Estes proxectos foron financiados principalmente polo Banco Mundial, con participación do Centro de Investimentos da FAO na maioría deles para o seu deseño e supervisión.

Estes proxectos puxéronse en práctica nos estados indios de Orissa, Assam, Madhya Pradesh, Karnataka, Andhra Pradesh e Támil Nadu e os deseños fóronse perfeccionando a medida que se gañaba experiencia e se dispoñía de mellor material para sementar os encoros. India ten decenas de miles de pequenos encoros con superficies máximas inundadas comprendidas entre 10 e 1.000 ha. Algúns destes encoros foron construídos hai catro ou cinco séculos para embalsar auga durante o período do monzón e poder utilizala logo para regadío. Hai poucos encoros que reteñan auga ao longo do ano enteiro, empezan a encherse coas chuvias do monzón a partir de xuño-xullo e polo xeral secan completamente entre decembro e marzo.

A produción nestes encoros antes destes novos proxectos era inexistente ou moi baixa, da orde de dez-trinta quilogramos/hectárea. Nalgúns os pescadores sementaban crías moi pequenas (máis baratos) que sufrían unha alta taxa de mortalidade inicial e non tiñan tempo para alcanzar tamaños comercialmente interesantes. As novas estratexias de sementeira consistiron en utilizar crías de maior tamaño de varias especies de carpas indias e en densidades de sementeira que teñan en consideración a variación de tamaño do encoro, tanto ao en-

cherse como ao secar as curvas de crecemento das especies e a dispoñibilidade de alimento natural no encoro. En Andhra Pradesh onde se dispón de crías "stunted", peixes de dez meses de idade cuxo crecemento foi atrasado a propósito ao mantelos en pre-cría a moi altas densidades e con alimentación moi baixa en proteínas, obtivéronse crecementos espectaculares en cinco meses de cultivo. Estas crías ao ser reintroducidas nun ambiente extensivo teñen unha velocidade de crecemento moito maior que as crías que non son sometidas a este proceso de atraso de crecemento. Con combinacións de tres ou catro especies de carpas indias e algunha chinesa obtivéronse nos ensaios iniciais producións de máis de catrocentos quilos por hectárea en ciclos de sete-oito meses contra os menos de trinta quilogramos de peixes de escaso valor que se obtiñan antes do inicio destes proxectos.

O problema destes programas é o adestramento das comunidades xa que só se ten unha experiencia por ciclo/ano e os axustes de densidade de sementeira varían dun encoro a outro e segundo sexa o monzón. Ademais hai poucos técnicos formados nestes novos conceptos. Para iso propuxéronse programas de investigación e capacitación sobre a hidroloxía e variacións de capacidade de carga dos encoros que o goberno indio e os dos estados deberían poñer en práctica. Son técnicas con moito potencial social se un considera a pobreza das comunidades rurais no centro e sur da India, e dos pescadores en particular, e o positivo impacto que teñen sobre os ingresos das familias.

pedini3@hotmail.com

Experiencia de cultivo integrado de corvina, zamburiña, mexillón e holoturias



José María Valencia Cruz é licenciado en Bioloxía pola Universidade Complutense de Madrid. En 1991 incorporouse ao equipo de investigación en acuicultura da Comunidade Autónoma das Illas Baleares, na actualidade LIMIA. Participou nas investigacións de cría larvaria do dentón, morruda, corvina e escupiña. Tamén colaborou nos estudos sobre a pesca do polbo e a lagosta con técnicas tradicionais e na elaboración do mapa de zonas potencialmente aptas para a acuicultura nas Illas Baleares. Na actualidade dirixe os subproxectos de acuicultura integrada e de cultivo do polbo de rocha, ademais dos plans de hixiene na pesca extractiva e acuicultura e o seguimento das zonas de produción de moluscos bivalvos nas Illas Baleares.

Unha das vantaxes dos sistemas de cultivos integrados consiste nunha mellora ambiental das instalacións ao consumir outros organismos os residuos producidos polo cultivo principal.

A experiencia realizada no polígono das gaiolas do Laboratorio de Investigacións Mariñas e Acuicultura (Porto de Andratx, Illas Baleares) persegue esta meta, á parte de avaliar o potencial económico da produción obtida grazas ao sistema de cultivo integrado.

Para a experiencia dispúxose nas gaiolas situadas a barlovento da corrente principal do porto de Andratx, un sistema colector de bivalvos, formado por sacos de rede de malla plástica de 9 mm recheos de malla plástica de 5 mm e unha rede de engorde con mexillóns fixados a esta. Tamén, xusto debaixo das gaiolas do cultivo de peixes, dispúxose un cercado de 3 m² con holoturias, para que se alimentasen coa materia particulada (penso non consumido e feces), que cae das gaiolas.

Co obxectivo de comprobar que os organismos filtradores (zamburiñas e mexillóns), e detritívoros (holoturias) se alimentan dos residuos da actividade principal, realizáronse análises do fluxo isotópico do carbono e do nitróxeno. Á parte, estudouse se se produciu unha mellora do sedimento sobre o que vivían as holoturias mediante a análise do carbono, nitróxeno e fósforo das mostras de sedimento.

Os resultados obtidos son os seguintes:

- Os sistemas de captación recollen semente de zamburiña (*Chlamys varia*), ostra plana (*Ostrea edulis*) e outros moluscos bivalvos sen interese comercial. Ademais, estes colectores son usados como refuxio dunha pequena gamba (*Lysmata seticaudata*), que ten certo interese económico ao poder usarse como cebo na pesca deportiva. Non se realizou engorde da ostra plana porque ten unha elevada mortalidade debida á marteillose, que é endémica nas Illas Baleares.
- As zamburiñas están en fase de posta dende outubro a xuño. Comprobase que nos meses de xullo e agosto non se alimentan.
- Detectouse a presenza de *Perkinsus mediterraneus* na zamburiña e na ostra.
- Debido a que o sistema de colectores é eficiente na captura do bivalvo protexido *Pinna nobilis*, utilízase o seu deseño nun proxecto sobre esta especie.
- A captación da zamburiña é máxima entre outubro e abril.
- Os mesmos colectores poden usarse como dispositivos de engorde. Conséguese o tamaño comercial a partir dos 19 meses de inmersión, e o momento óptimo para a recollida é aos 22 meses. A partir deste momento diminúe o

número de individuos de tamaño comercial pola captación de nova recruta.

- As zamburiñas de tamaño inferior á comercial poden engordarse. Non obstante, o manexo debe ser exquisito debido á súa etoloxía. Unha vez despegadas, se se manteñen fóra da auga, intentan desprazarse mediante aperturas e peches de valvas, que as seca. Polo tanto, deben manexarse sempre dentro da auga e mantelas o tempo mínimo posible en seco. As primeiras probas de engorde realizadas deron como resultado unha mortalidade próxima ao 95%. Isto débese a que unha vez introducidas en sacos ou lanternas de engorde, os individuos nadan e acaban introducindo unha das valvas no manto doutra zamburiña. Neste momento non son capaces de se separar e as feridas producidas mátanos. Conseguiuse superar este problema introducindo cada individuo en bolsiñas de malla para obter así unha supervivencia próxima ao 90%.

• O sinal isotópico de C e N provén principalmente de excedentes de pensos utilizados en alimentación de gaiolas e de materia orgánica particulada, que contén á súa vez sinal isotópico destes excedentes, o que demostra que filtradores *M. galloprovincialis* e *C. varia* son un sistema eficiente de redución da carga de materia orgánica asociada a gaiolas de acuicultura. As holoturias son menos eficientes.

• Non se puido establecer que as holoturias reduzan o contido en nitróxeno, fósforo e carbono do sedimento. A causa descoñécese e pode deberse a varios factores: a influencia antrópica que as gaiolas actúen como trampas de sedimento, os movementos do sedimento nos temporais e/ou as achegas terríxenas debido ás chuvias.

jmvalencia@dgpesca.caib.es

Outro xeito de valorizar residuos



José Manuel Cousido Suárez, director de Abonomar dende 1989, é un empresario emprendedor e pioneiro na busca de solucións para a xestión de residuos da industria conserveira. Abonomar centrou a súa actividade na reciclaxe de cunchas mariñas mediante un tratamento de revalorización. Os seus produtos están avalados por investigacións de I+D+i, cuxo labor é idear novos produtos.

En Galicia, o cultivo intensivo do mexillón orixina unha cantidade importante de residuos en forma de material procedente de bateas en desuso. Trátase de cordas e outros elementos que actualmente son reciclados na súa totalidade. En forma paralela, a industria da conserva tamén xera residuos e entre os máis importantes figuran as cunchas procedentes de bivalvos, principalmente do mexillón, berberecho e ameixa, cuxa eliminación constitúe un problema, pero que convenientemente procesados transfórmanse en subprodutos con valor comercial.

No ano 1989 a empresa Abonomar, con sede na Illa de Arousa (Pontevedra), inicia a súa actividade como a primeira industria galega de reciclaxe de cunchas mariñas. Esta iniciativa empresarial xurdiu co obxectivo de achegar solucións ao problema que supón a xeración de residuos procedentes da industria conserveira.

En termos xerais, pódese dicir que a alternativa industrial, viable economicamente, foi aplicar aos residuos xerados un tratamento de revalorización mediante a técnica coñecida como dos tres “R”: redución, reutilización e reciclaxe. Mediante o devandito proceso transfórmanse residuos da acuicultura e da industria conserveira en produtos ecolóxicos e respectuosos co medio.

Abonomar é unha empresa pioneira na reciclaxe de cunchas mariñas e mantén un

compromiso empresarial coas industrias que operan con responsabilidade cos residuos que xeran, ofrecéndolles unha cobertura legal na xestión, e como consecuencia de todo iso prodúcese unha redución nas verteduras incontroladas.

Ata a data levamos a cabo varias investigacións de I+D+i sobre as posibles aplicacións das cunchas de mexillón. Neste campo obtivemos varias patentes, entre elas unha cama para gando en estabulación, substrato para xardíns, campos de golf e fútbol e substrato para praias e parques de cultivo.

Actualmente colaboramos con equipos de investigación de varias universidades para a realización de proxectos innovadores e tamén con empresas privadas que desenvolven produtos nos que interveñen as cunchas de mexillón.

Respecto ás cunchas de ostra e outros bivalvos, elaboramos complementos minerais para a avicultura en xeral.

Finalmente hai que sinalar que os residuos procedentes da labra nas bateas son transformados, en colaboración con varias cooperativas gandeiras galegas, para destinalos como materia orgánica en nutrientes para pradeiras, con moi bos resultados.

central@abonomar.com



Fernando Nieto Cortijo desempeñou o cargo de director técnico das catro piscifactorías de salmónidos de auga doce de Maricultura dende 1977 ata 1996. Nelas producíanse anualmente 200.000 crías de salmón (smolt o esguines), para engordar en auga salgada e en gaiolas flotantes da ría de Ortigueira (A Coruña) e tamén, aínda que ocasionalmente, na de Muros (A Coruña). Tamén se criaban 2.000 toneladas ao ano de troita arco da vella e 2.000.000 de ovas de troita e salmón, para autoabastecemento das producións propias e subministracións a terceiros. Na actualidade, e dende 1996, é inspector pesqueiro da Consellería do Medio Rural e do Mar da Xunta de Galicia

Maricultura empezou a desenvolver o cultivo do salmón en auga salgada en 1976, de maneira que ao incorporarme, en 1977, participei no deseño da gaiola flotante, operativa na actualidade nesas instalacións. O modelo construíuse en aceiro galvanizado, con flotadores plásticos que se amarraron ao fondo da ría de Ortigueira. Con eses artefactos realizouse a primeira experiencia española de cultivo de salmón.

A especie coa que se traballou inicialmente foi o salmón do Atlántico (*Salmo salar*), pero as características da ría ortegana –gran velocidade do caudal, pouco calado e pouca lámina de auga en baixamar nas canles de fondeo– xeraban un rango de temperaturas da auga que fixo impracticable o cultivo do salmón.

Debido ao estrés, as poboacións mostrábanse vulnerables e os índices de mortalidade eran altos nos exemplares de talle comercial. A decisión foi traballar co salmón Coho (*Oncorhynchus kisutch*), variedade do Pacífico.

OUTRAS ESPECIES

O cultivo deste salmón iniciábase coa incubación de ovos embrionados e, tras nove meses de engorde en auga doce, as crías eran trasladadas a Sismundi, Cariño. Tras unha aclimatación en tanques con auga salgada, e incorporando sal á alimentación, depositábanse en gaiolas somerxidas na ría para o seu engorde ata o seu talle comercial, que se estableceu nuns 1.250 g. Producíronse unhas 500 toneladas ao ano deste salmón. Tamén se cultivou

Peixes e algas

troita arco da vella, variedade “Steel head”, en auga salgada e con excelentes resultados. Producíronse 300 toneladas ao ano de troita asalmonada mariña de 1.500 g.

Con rodaballo realizouse a primeira experiencia de cultivo en gaiolas de fondo, cuxo deseño era similar ás da flote, pero sen flotadores e con rede nas súas seis caras. Foi outra experiencia innovadora en España e que resultou exitosa. Os rodaballos engordaban en contacto cun fondo areento e, ao alcanzar o talle comercial, colocábanse en gaiolas a flote. Obtivéronse 200 toneladas ao ano de rodaballo.

En canto aos moluscos, cultiváronse nun parque intermareal da ría de Ortigueira e en bateas da ría de Muros. Tráballose con ostra plana e xaponesa e ameixa xaponesa e fina.

Tal é o perfil técnico e as especies que se cultivaron en Maricultura, en cuxas gaiolas se realizou unha experiencia de cultivos multitróficos con rodaballo e a macroalga *Saccharina latissima*. En realidade, nas gaiolas mergulladas prodúcese o que poderíamos denominar un efecto arrecife, no que paulatinamente e dunha forma natural aparecen colonias de algas, invertebrados e peixes que viven a expensas dos restos de penso. Todo iso suxire a posibilidade de que sexan compatibles diferentes elos da cadea trófica dentro dun mesmo ecosistema debido ás interrelacións que se establecen entre as especies.

fernico@telefonica.net



INSTITUTO ESPAÑOL
DE OCEANOGRAFÍA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

galicia



CIMA
CENTRO DE
INVESTIGACIÓN
MARÍNEAS



JACUMAR
JUNTA NACIONAL
ASEORA DE CULTIVOS MARINOS



XUNTA
DE GALICIA